

JĘDRYCHOWSKA A. i SROCZYŃSKA A.

Zakład Botaniki Ogólnej Uniw. Warszawskiego.

W SPRAWIE CYTOLOGJI i EMBRJOLOGJI *CERATOPHYLLUM SUBMERSUM*.

(On the cytology and embryology of *Ceratophyllum submersum*).

W s t ę p.

Pierwszą wzmiankę o rozwoju embrjonalnym przedstawiciel rodziny *Ceratophyllaceae* znajdujemy u W. Hofmeistera, który w pracy (1858) nad tworzeniem zarodka u *Phanerogamae* uwzględnił i tę rodzinę. Z prac późniejszych należy wymienić pracę de Klerkera (1855) nad *Ceratophyllum demersum* i pracę E. Strasburgera nad *Ceratophyllum submersum* (1902). Praca Klerkera jest głównie anatomiczną; embriologia jest w niej naszkicowana ogólnie i fragmentarycznie. Strasburger natomiast podaje stosunkowo dokładny opis rozwoju embrjonalnego kwiatu, a następnie krok za krokiem śledzi przebieg zjawisk na terenie pylnika i zalążka. W rozwoju pyłku podkreśla: 1) kolejny typ podziału; 2) bardzo wczesne oddzielanie komórki generatywnej, t. j. wtedy, gdy ziarna pyłku są połączone jeszcze w tetradę; 3) późną resorbcję warstwy tapetowej; 4) dwujądrowość ziarna pyłku i 5) pojedynczą błonę pyłku, odpowiadającą egzynie. Rozwój wreczka zarówno przez Strasburgera, jak i Klerkera jest potraktowany bardziej szczegółowo. Różnice poglądów

tych dwóch autorów dotyczą: 1) sposobu powstawania zalążni (Strasburger bowiem jest zdania, że zalążnia powstaje z jednego owocolistka, Klerker zaś uważa, że z dwóch, które zrastają się brzegami i tworzą kanał w formie krateru, u którego podstawy wyrasta zalązek), 2) sposobu rozwoju makrospor—Klerker podaje trzy makrospory i przypuszcza, że centralna jest przeznaczona do wytworzenia woreczka, Strasburger zaś cztery ułożone szeregowo i uważa, że najniższa rozwija się dalej. Mniej więcej jednakowo zapatrują się zato obaj autorowie na budowę gotowego woreczka zalążkowego u *Ceratophyllum*, podkreślając w nim te cechy, które charakteryzują woreczki zaliczane obecnie do typu normalnego. Co do liczby chromozomów, to jako haploidalną podaje Strasburger 12.

Rozwój woreczka zalążkowego¹⁾.

Zalążnia *Ceratophyllum submersum* powstaje ze zrośnięcia się brzegami jednego owocolistka, o czym świadczy występowanie u jej nasady pojedynczej koncentrycznej wiązki. Szyjka słupka jest półtora do dwóch razy dłuższa od zalążni i składa się jakgdyby z dwóch części: wewnętrznej, dłuższej położonej od strony osi pędu i zewnętrznej krótszej: (ryc. 110).

Zalązek powstaje w dolnej części szwu brzuszego i wkrótce wypełnia szczelnie komorę zalążni.

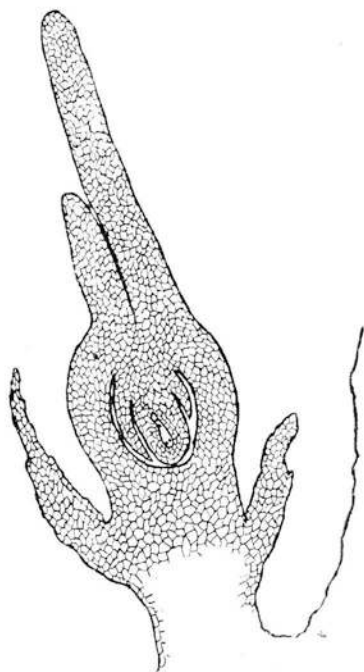
Pojedyncza u *Ceratophyllum submersum* osłonka w miarę wzrostu wykazuje taką samą asymetrię, jaką wyżej zaznaczyliśmy dla szyjki słupka. Zalązek, rosnąc staje się—zgodnie z badaniami Strasburgera—typowo ortotropowym. Należy go zaliczyć do typu krassinucellarnych.

Komórka pramacierzysta leży na głębokości mniej więcej czwartej warstwy ośrodka i dzięki dużym wymiarom wyraźnie wyróżnia się od otoczenia. Opisywanej przez Strasburgera komórki przykrywkowej w żadnym wypadku nie znalazłyśmy.

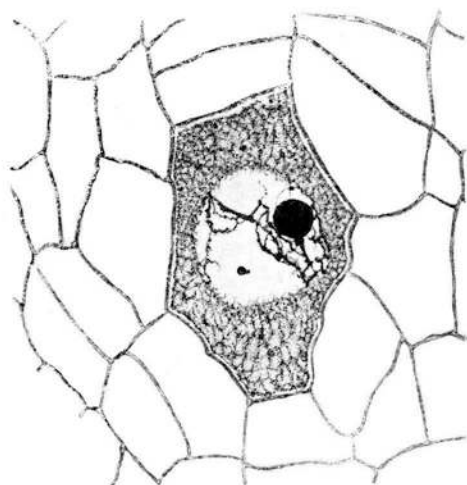
¹⁾ Materiał był utrwalany na miejscu zbioru w płynach Bouina i Nawaschina. Skrawki były barwione hematoksyliną żelazową Heidenhaina. Do podbarwiania błon komórkowych stosowano zieleń jasną w olejku goździkowym.

Teren jądra komórki pramacierzystej w okresie leptotenu jest zasłany splotem nici o nierównomiernej grubości, tworzących rodzaj sieci, na której tle widać miejsca silniej się barwiące. Naokoło jąderka widać, jak zwykle, jasną aureolę wywołaną prawdopodobnie przez utrwalacz. Błona komórki pramacierzystej nie różni się od cienkich błon komórek ośrodka, ani specjalnym charakterem, ani grubością.

W dalszym rozwoju k. pram. w. rośnie bardzo intensywnie. Nici leptotenowe wkrótce zaczynają się układać równoległe. Układanie to wszakże nie jest jednoczesne, ale obejmuje początkowo część nici, a następnie rozszerza się na inne. W okresie zygotenu widać zaplatanie się tych równoległych odcinków (ryc. 111).



Ryc. 110.
Schemat przekroju podłużnego
przez kwiat żeński.



Ryc. 111.

Komórka pramacierzysta woreczka z. w stadium zygotenu. $\times \pm 1700$.

W okresie tym pojawiają się w plazmie komórki pramacierzystej silnie barwiące się hematoksyliną różnej wielkości kuliste ciała, które wypada chyba zaliczyć do typu pozajądrowych jąderek w sensie Strasburgera. Pozostają one w plazmie komórki pramacierzystej w ciągu całej profazy, spotyka się je w diadach, tetradach, woreczku jedno i dwujądrowym.

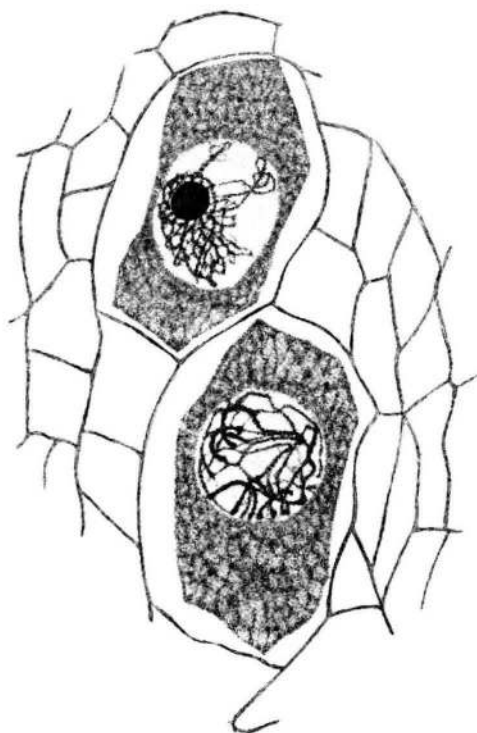
W późniejszych stadjach, kiedy plazma tworzy tylko ścienny płaszcz w woreczku, są one już niewidoczne.

Po stadjum zygotenu k. pram. w. z. wchodzi następnie w okres skurczu synaptycznego. Na terenie jej jądra można często spotkać wówczas dwa jąderka; zwykle jedno większe (średnica $\pm 3,4 \mu$), drugie b. małe (średnicy $\pm 0,7 \mu$). Cała treść jądrowa zbija się przy błonie jądra. Jąderko lub jąderka leżą w obrębie tego kłęбка. Całość b. silnie pochłania barwiki i tylko na brzegach widać wystające swobodne nici. Skurcz ten trwa widocznie b. długo, gdyż niewspółmiernie często spotyka się go na preparatach. Błona jądra jest w tym stadjum b. niewyraźna.

Zbite nici zaczynają się następnie rozluźniać. Barwią się one obecnie jeszcze dość silnie i w dalszym ciągu wykazują niejednorodną strukturę. Czasem widać na ich terenie większe, silniej barwiące się ziarenka. Po pewnym czasie nici te oswabadzają jąderko, w dalszym ciągu rozwoju k. pram. w. rozsuwają się coraz silniej po całym terenie jądra, grubieją i wreszcie przyjmują charakter typowych, silnie barwiących się, nici pachytenowych, które następnie zaczynają tworzyć dość grube, nieregularne pętle (ryc. 112). W okresie rzeczonym spotykałyśmy k. pram. w. z. na głębokości pięciu warstw komórek.

Dalszych stadjów profazy na terenie k. pram. w. nie udało nam się niestety spotkać w ciągu naszej dwuletniej pracy nad *Ceratophyllum submersum*. Podziały bowiem spotykało się b. rzadko. Tak samo nigdy nie widziałyśmy metafazy. Anafazę spotkałyśmy na terenie diad i będzie ona opisana poniżej. Obecnie zajmujemy się omówieniem ostatniego stadjum k. pram. w. a mianowicie telofazy (ryc. 113). W okresie tym widać na terenie k. pram. w. dwie grupy małych kulistych chromozomów, z których jedna leży na środku, druga zaś w końcu mikropylarnym komórki. Takie ułożenie płyt wskazuje wyraźnie, jak dalece nierówne będą powstałe po tym podziale diady.

Niektóre chromozomy leżą w tych płytach oddzielnie, inne zaś b. blisko przy sobie, gdyż są prawdopodobnie pozlepiane



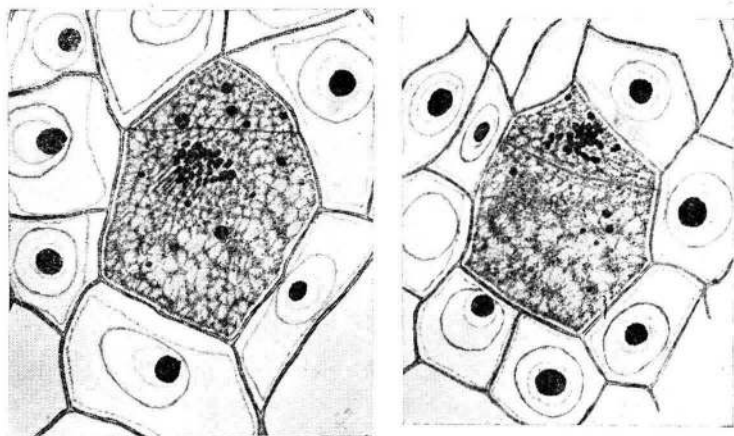
Ryc. 112.

Dwie pramacierzyste komórki woreczka z. w stadium pachytenu. $\times \pm 1700$.

przy utrwalaniu. Policzyć je zatem było b. trudno. Na podstawie otrzymanych preparatów możemy liczbę tę określić tylko w przybliżeniu: jest ich z pewnością więcej, niż 27.

Plazma komórki, szczególnie w końcu chalazalnym wykazuje silną wakuolizację. Jąderka pozajądrowe są w tym okresie wyjątkowo liczne i duże. K. pram. w. leży obecnie na głębokości siedmiu warstw komórek ośrodka. W ciągu całej profazy nie widać indywidualnej błony k. pram. w., gdyż przylega ona ściśle do błon komórek sąsiednich. Wspólna ta błona jest grubsza od innych i silniej od nich chłonie barwki.

Wynikiem pierwszego podziału gonotokontu są dwie komórki, z których chalazalna jest około dwa i pół razy więk-



Ryc. 113.

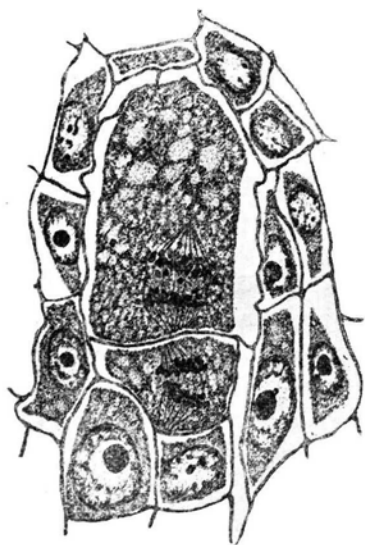
Dwa następujące po sobie skrawki pram. k. woreczka z. w stadium telofazy
 $\times \pm 1700$.

sza, niż druga (ryc. 114). Wielkość ich jąder nie jest jednak proporcjonalna do wielkości komórek. Strukturalnie jądra te nie różnią się między sobą. Teren ich jest zasłany cieniutkimi, poplątanymi nićmi, na których tle widać silniej barwiące się miejsca. Do podziału przystępują obydwie jądra diad jednocześnie. Jednocześnie też na terenie obydwu komórek zostają założone dwubiegunowe, o ostrych wierzchołkach wrzeciona. Wierzchołki obydwu wrzecion wykazują strukturę włóknistą, podczas gdy strefa równikowa jest bardziej jednorodną. W czasie anafazy drobne, kuliste lub trochę wydłużone chromozomy rozchodzą się do biegunów, przyczem w górnej diadzie odbywa się to dość nierównomiernie.

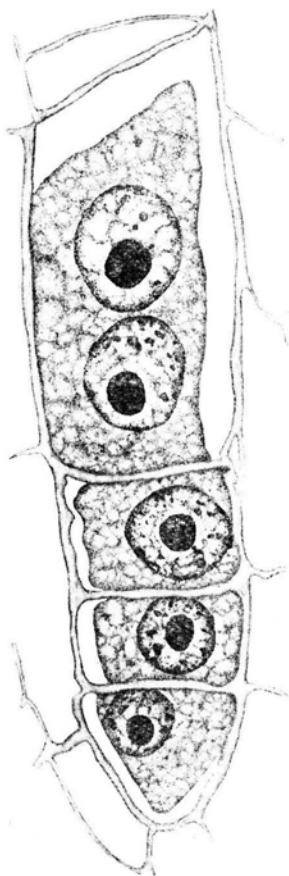
Kiedy już wszystkie chromozomy zgromadziły się na biegunach, jądra rekonstruują się, a pomiędzy nimi zawiązują się błony. Otrzymujemy dzięki temu cztery gony, ułożone szeregowo, które w miarę posuwania się od chalazy ku mikropyle, są coraz mniejsze (ryc. 115). Wraz ze zmniejszaniem się komórek maleją odpowiednio i ich jądra. Różnic strukturalnych pomiędzy temi czterema jądrami nie spostrzeżliśmy. Teren ich jest zasłany spletem delikatnych nici, na

których tle widać silnie barwiące się, leżące pod błoną jądra, bryłki chromatynowe.

Komórka chalazalna wyróżnia się swoją wielkością i ona to w przyszłości rozwinie się w woreczek. Další jej rozwój przebiega w ten sposób, iż rośnie ona silnie wzdłuż, a następnie jądro jej dzieli się i daje dwa jądra woreczka (ryc. 116).



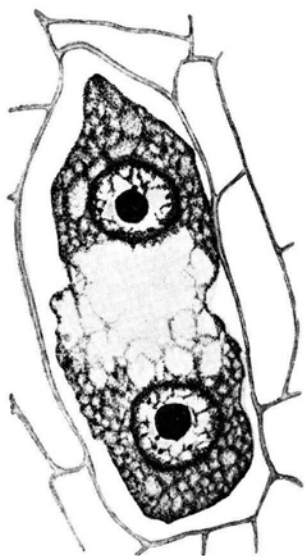
Ryc. 114.
Diada. $\times \pm 2000$.



Ryc. 115.
Tetrad. $\times \pm 2000$.

Struktura tych jąder jest taka sama jak i jądra, z którego powstały. Początkowo leżą one blisko siebie, a następnie zostają odsunięte na dwa przeciwległe bieguny komórki przez wielką centralną wakuolę. Woreczek w tym stadium leży na głębokości 8 — 10 warstw komórek. Ponad jego mikropylarnym biegunem widać resztki zdegenerowanych makrospor siostrzanych, które wyrodniają raptownie. Woreczek dwujądrowy wydłuża się następnie dwukrotnie, a jądra jego jednocześnie przystępują do podziału.

Otrzymujemy woreczek z. czterojądrowy (ryc. 117). Pary jąder są otoczone wspólną warstwą plazmy, pośrodku zaś woreczka rozciąga się olbrzymia wakuola centralna. Strukturalnie jądra nie różnią się między sobą. Woreczek leży nadal na głębokości ośmiu warstw komórek ośrodka.



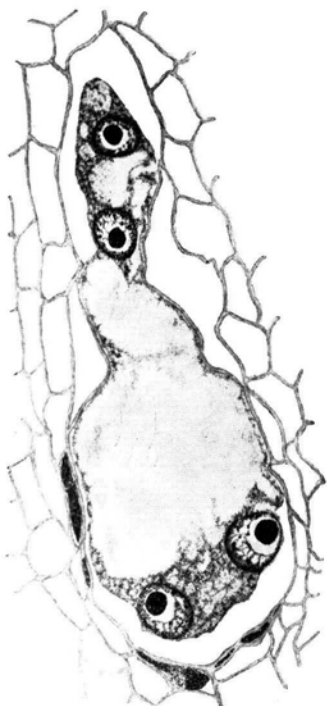
Ryc. 116.
Woreczek z. dwujądrowy.
 $\times \pm 1700$.

Wszystkie cztery jądra przystępują wreszcie jednocześnie do ostatniego podziału, w wyniku którego otrzymujemy już woreczek ośmiojądrowy.

Po skończonym podziale znajdują się na biegunach woreczka dwie grupy czterojądrowe, otoczone wspólną plazmą. Wkrótce potem na terenie tych grup zaczynają się formować oddzielne komórki, które początkowo mają charakter nieobłonionych protoplastów. Dwie synergidy zajmują mikropylarny wierzchołek woreczka, komórka jajowa umieszcza się koło nich, ale troszkę niżej. Dwie antypody układają się obok siebie i wypełniają chalazalny koniec woreczka, trzecia zaś leży nad nimi. Spotkanie w obu jąder biegunowych odbywa się w mikropylarnej połowie woreczka, niedaleko komórki jajowej.

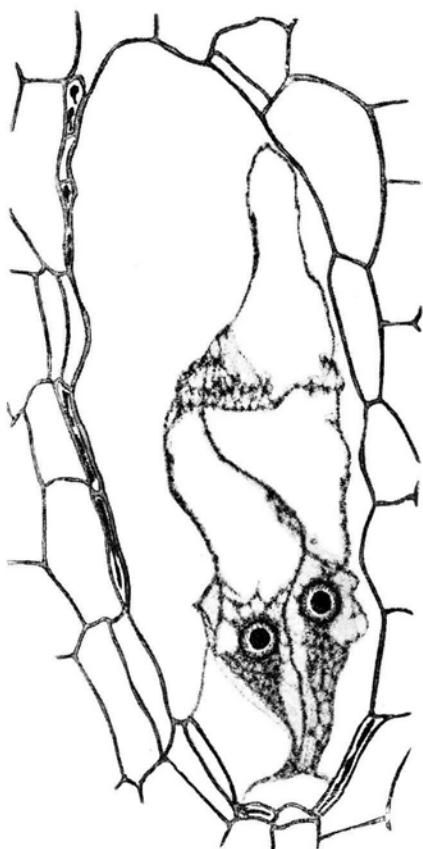
Teren jąder biegunowych jest zajęty głównie przez splecione nici. Wyraźnych chromocentrow nie widać. Czasem tylko zdarzają się gdzieś większe, silniej się barwiące ciała. Podobną, choć nieco wyraźniejszą strukturę, ma w tym czasie i jądro komórki jajowej. Oprócz nici widać wprawdzie i chromocentry, ale nieduże i niewyraźne. Antypody natomiast i synergidy wykazują b. wyraźne i regularnie pod błoną ułożone chromocentry. Regularność tego ułożenia uderza szczególnie u antypod, których chromocentry leżą pod błoną jądra nawet w jednakowych od siebie odległościach. Plazma antypod prawie od najmłodszych stadiów jest silnie zwakuulizowana. W momencie zlewania się jąder biegunowych, dolne piętro antypod jest oddzielone od górnego błoną. Błony,

któraby od strony wakuoli centralnej ograniczała najwyższą antypodę nie udało nam się zaobserwować. Woreczek i w tem



Ryc. 117.

Woreczek z. czterojądrowy. $\times \pm 800$.



Ryc. 118.

Synergidy z dojrzałego woreczka za-
łążkowego (8-jądrowego). $\times \pm 800$.

stadium leży na głębokości ośmiu warstw komórek. W porównaniu z okresem poprzednim urósł on o $\pm \frac{3}{4}$ swojej długości. Rośnie jeszcze i ostatecznie leży na głębokości ± 12 warstw komórek ośrodka. Synergidy, zajmujące dawniej wierzchołek woreczka, mają obecnie charakter wydłużonych utworów, które wisząc u szczytu, dosięgają nieomal połowy woreczka (ryc. 118). Dolną część każdej z nich zajmuje wielka wakuola gruszkowatego kształtu. Aparatu nitkowego w plazmie synergid wy-

różnić nie mogliśmy. Komórka jajowa spoczywa trochę niżej i dlatego sięga bardziej wglęb niż synergidy. Zarówno komórka jajowa, jak i synergidy do momentu zapłodnienia, mają charakter nieobłonionych protoplastów.

Jądra biegunowe po zlaniu się tworzą wielkie jądro centralne o średnicy $\pm 13,9$. Wielkie antypody wypełniają dolny koniec woreczka i są ograniczone silnie barwiącymi się błonami celulozowymi. Antypody naogół wyrodniają b. późno, spotyka się je bowiem jeszcze długi czas po zapłodnieniu. Mimo to dość wcześnie wykazują one początki degeneracji, która najpierw obejmuje plazmę, a następnie rozszerza się i na jądro. Degeneracja plazmy odbywa się przez wakuolizację. Jedne z jąder ulegają karjoreksji, inne karjolizie według terminologii T i s c h l e r a (1934).

Ze zjawisk, przebiegających na terenie ośrodka w czasie rozwoju woreczka, należy podkreślić: 1) Występowanie na terenie ośrodka (od stadjum woreczka czterojądrowego) jąder dwująderekowych i komórek dwujądrowych. 2) Obecność pod woreczkiem ośmiojądrowym dwóch rodzajów komórek: a) bezpośrednio stykających się z woreczkiem, a częściowo i obejmujących go z boku i b) czterech rzędów płaskich, ubogich w treść komórek i leżącej pod nimi grupy komórek izodjаметrycznych bogatych w treść. Gdy ośrodek jest już definitywnie wykształcony, błony komórek płaskich stają się bardzo grube. Teren tych komórek w późniejszych stadjach zostaje objęty przez degenerację, która zaczyna się jednocześnie z degeneracją przylegających do nich antypod. Rozwój k. pram. w. niezawsze jest jednoczesny z rozwojem ośrodka i osłonki. Spotykaliśmy bowiem zalążki, które nie wykazywały jeszcze śladu osłonki i były b. małe, a mimo to miały k. pram. w. o jądrze w stadjum silnego skurczu synaptycznego. W innych wypadkach zalążek, zawierający k. pram. w. w stanie skurczu jądrowego, miał osłonkę tak jednostronnie rozwiniętą, że kiedy od strony osi dosięgała ona już szczytu zupełnie dobrze rozwiniętego ośrodka, od strony przeciwnej nie było na nią jeszcze nawet zawiązka. Czasami znów zalążek w stadjach rozsnuwającej się synizezy miewa osłonkę dosięgającą szczytu, podczas gdy osłonka innego zalążka, którego k. pram. w. znajduje się w stadjum płyty telofazowej, dosięga zaledwie połowy ośrodka. Wreszcie na uwagę zasługuje występowanie komórek, dorównyujących wielkością

k. pram. w. (ryc. 112), z których rozwijają się prawdopodobnie nadliczbowe k. pram. w. Są one czasem dwujądrowe.

Rozwój ziarn pyłku.

Cytokineza w trakcie rozwoju pyłku u *Ceratophyllum*, tak jak zresztą u roślin, należących do rzędu *Ranales*, przebiega według typu podz. kolejnych, charakteryzującego rośliny jednoliścienne. W jednym kwiecie *Ceratophyllum* można spotkać różne stadja rozwoju pyłku, poczynszyszy od komór z komórkami macierzystymi, aż do zupełnie wykształconego pyłku. Poza tem stadja podziałowe w komorach w jednym pylniku bywają różne: w jednej komorze np. mamy diady, w sąsiedniej tetrady.

Ścianę pylnika tworzą cztery warstwy komórek, które w młodszych stadjach nie różnią się niczem między sobą; wyjątek może stanowić epiderma o komórkach większych z mniejszymi stosunkowo jądrami, niż w warstwach sąsiednich. Hipoderma — zgodnie z obserwacjami Strasburgera — nie zamienia się w tkankę mechaniczną.

Trzecia z kolei warstwa — tranzytoryczna — nie wykazuje w młodych pręcikach żadnych różnic z warstwą poprzednią. We wczesnych stadjach rozwojowych również komórki warstwy wyściełającej nie różnią się niczem od komórek warstw wyżej wymienionych. Dopiero w chwili intensywnego wzrostu komórek macierzystych pyłku, komórki tapetum zaczynają się też powiększać, rozgniatając warstwę tranzytoryczną. Pozostają one stale jednojądrowe (o czem wspomina też Strasburger), błony ich są cienkie, a plazma silnie zwakuolizowana.

Komórki macierzyste pyłku o delikatnych błonach, ściśle ze sobą połączone, rzucają się w oczy większymi rozmiarami (w stosunku do komórek warstw sąsiednich) i charakterystyczną zawartością. Plazma gęsta o drobno ziarnistej, jednolitej strukturze nie wykazuje wyraźnej wakuolizacji. Jądra dość duże posiadają jedno jąderko, wybarwiające się wyraźnie, i sieć gęsto splecionych ze sobą niteczek, tworzących miejscami drobne skupienia.

Z chwilą rozpoczęcia intensywnego wzrostu komórki macierzystej pyłku struktura ta ulega zmianie. Skupienia karjotyny zanikają, natomiast wyraźniejszymi stają się nici leptotenowe miejscami podwójnie ułożone i zasnuwające podbłoną część jądra. Nici rzeczzone tworzą następnie ścisły splot,

w którym trudno wyróżnić poszczególne elementy. Ponieważ kłębek synaptyczny spotykaliśmy najczęściej bądź jeszcze niezupełnie zbity, lub już rozplatający się, możnaby sądzić, że największy skurcz treści jądrowej nie trwa długo, natomiast stadja przed i posynaptyczne przebiegają raczej powoli.

W chwili rozplatania się kłębka synaptycznego nici pachytenowe są niejednakowo grube na całej swej długości; czasem tworzą pojedyncze pętle, to znów skręcone są między sobą; miejscami można zauważyć podwójną ich strukturę z okresu zygotenu. Nici te w stadjach strepsitenu kurczą się, grubieją i uwydatniają swe końce przez co stają się widoczne poszczególne pary chromozomów. W dalszym ciągu gemini przybierają w diakinezie postać krótkich, bardzo drobnych wałeczków. Są one ułożone wyraźnie po dwa, raczej w podobnej części jądra; gdzieniegdzie połączone są słabo wybarwiającymi się mostkami.

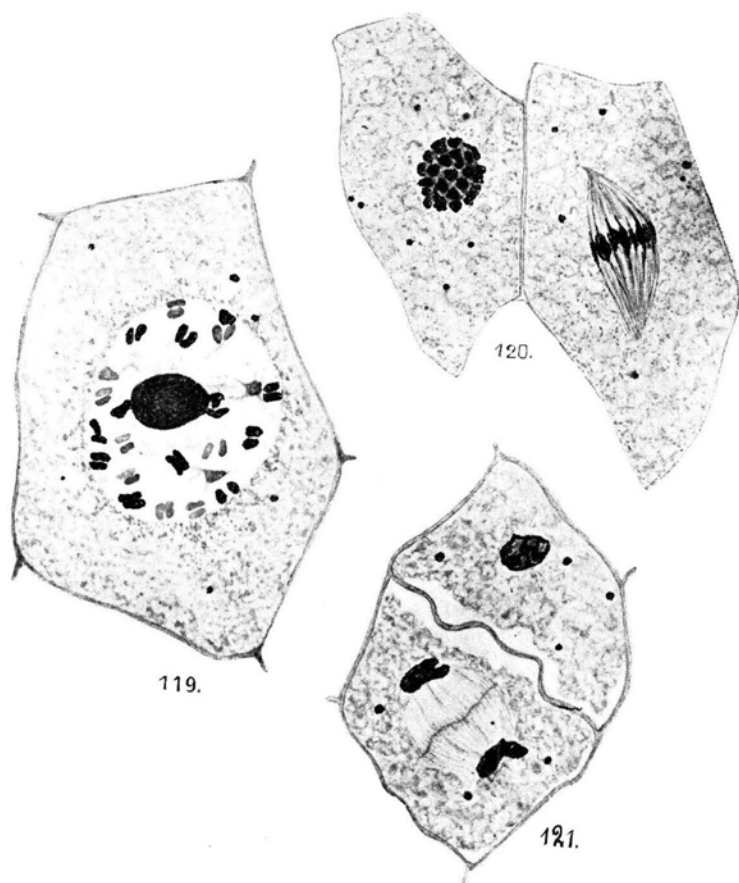
Jąderko jest duże, wyraźne, zwykle okrągłe, niekiedy owalne, zawsze pojedyncze. Plazma komórek w tem stadjum ulega przy utrwalaniu silnemu skurczowi. Na terenie jej występują dosyć licznie bardzo drobne utwory kuliste, barwiące się hematoksyliną. Zachowują się one w cytoplazmie przez cały czas rozwoju pyłku i odpowiadają — jak się zdaje — pozajądrowym jąderkom Strasburgera (ryc. 119, 120 i 121).

W metafazie chromozomy niezwykle drobne, bryłowate tworzą zwartą płytkę. Osie wrzecion przebiegają w różnych kierunkach, najczęściej jednakże w kierunku równoległym do osi pionowej komory pyłkowej (ryc. 120). W anafazie wrzeciono zatracą ostre końce. Dwie zbite grupy chromozomów, rzadko pozostawiając opóźnione chromozomy, rozsuwają się w przeciwnych kierunkach. Gdy grupy rzucone osiągną bieguny, na jasnym tle beczułkowatego fragnoplastu zaczyna się zaznaczać, w kierunku od środka ku zewnątrz, przegroda pierwotna.

Zrekonstruowane jądra w diadach mają kształt spłaszczony w kierunku prostym do osi podziału. Zawierają one po jednym, lub po kilka jąderek.

Podziały na terenie diad zachodzą prawdopodobnie bardzo szybko i przebiegają w najrozmaitszych kierunkach (ryc. 121). Charakterystyczną cechą dla tetrad (o czem wspomina już Strasburger) jest stałe jeszcze połączenie komórek archesporu w tym okresie. Połączenie to jest tak ścisłe, że z chwilą, gdy błony oddzielające komórki w tetra-

dach osiągną grubość błon komórek macierzystych, nie można wyróżnić zarysów poszczególnych tetrad. Całe wnętrze komory



Ryc. 119.

Diakineza w jądrze komórki macierzystej pyłku. $\times \pm 2400$.

Ryc. 120.

Metafaza. $\times \pm 2000$.

Ryc. 121.

Telofaza podziału diad na tetrady. $\times \pm 2000$.

jest wypełnione jednorodną tkanką, która zaczyna silnie rosnać. Jest to więc drugi okres intensywnego wzrostu komórek wewnątrz komór pylnikowych. Oddzielają się od siebie następnie poszczególne gony, lub ich grupy. Komórki

mają formy nieregularne, zachowując przez pewien czas kształty takie, jakie miały, gdy były jeszcze połączone w jednolitą tkankę.

Pyłek jednojądrowy jest otoczony cieniutką błoną. Komórka ma kształt nieregularny, plazmę nieco zwakuolizowaną, duże jądro, wypełnione wielką ilością karjolimfy i siecią nici z drobnymi bryłkami karjotyny.

Oddzielanie komórki generatywnej odbywa się bardzo wcześnie; czasem już wtedy, gdy ziarna pyłkowe są jeszcze ze sobą połączone. W profazie tego podziału chromozomy początkowo długie, cienkie, niejednolite, kurczą się coraz bardziej, przybierając postać grubych wałeczków, mniej więcej równomiernie rozłożonych na terenie jądra; jednakże z powodu wielkiej liczby i bardzo małych wymiarów oznaczenie dokładne ich liczby jest niezmiernie trudne. Najprawdopodobniej haploidalna liczba chromosomów w jądrze wynosi 36. Porównyując liczbę tę z podaną przez Strasburgera liczbą 12 możnaby sądzić, że nasz przedstawiciel gatunku *Ceratophyllum submersum* stanowi rasę triploidalną.

Wrzeczono metafazowe o równo ściętych końcach ułożone jest tak, że jeden jego koniec dotyka błony, drugi zaś nie dosięga środka ziarna pyłkowego. Chromozomy tworzą zbitą płytkę i niezawsze rozchodzą się równomiernie ku biegunom. Na terenie fragmoplastu zarysowuje się delikatna błonka odcinająca półkolisto małą komórkę. Wielkość obu jąder pochodnych jest najpierw prawie jednakowa; potem wegetatywne jądro silnie rośnie.

Ziarna pyłku dwujądrowego zaczynają intensywnie rosnąć i wypełniają się skrobią w takiej ilości, że plazma widoczna jest tylko w postaci wąskich pasemek. Komórka generatywna o gęstej plazmie silnie łamiącej światło, ma kształt nieregularny, spowodowany uciskiem ziarn skrobi. Dojrzały pyłek posiada w środku wielką wakuolę; kształt ma zwykle owalny, otoczony jest delikatną błoną. Błona ta jest równomiernie cienka na całej swej przestrzeni, gładka, bez zgrubień i uzębień. Nie rozpuszcza się ona w stężonym kwasie siarkowym, chlorcynkiod prawie jej nie barwi, nie otrzymuje się reakcyj na celulozę, wykazuje więc raczej cechy egzyny; tak również twierdzi Strasburger. Według jego badań błona jest skutynizowana i zawiera pektynowe związki.

Śledząc w ciągu rozwoju pyłku wzrost komórek, jąder

i jąderek można wyróżnić kilka okresów intensywniejszego ich zwiększania się: 1) wzrost komórki macierzystej przed i w bardzo wczesnej profazie, 2) dużo słabszy wzrost tetrad i 3) znaczny wzrost ziarna pyłku po oddzieleniu komórki generatywnej. (Tabela I).

T A B E L A I.

Średnice komórek, jąder i jąderek w różnych okresach rozwoju ziarna pyłku u *Ceratophyllum submersum*.

	Ś r e d n i c e w μ					
	Komórki		Jądra		Jąderka	
1. W spoczynku	16,5		10		3,5	
2. Wczesna profaza	19,5		12,5		3,5	
3. Synizezis	21,5		12		3,5	
4. Diakineza	23		8		2,5	
5. Diady	24		7,5		2	
6. Tetrady	28		7,5		2	
7. Tetrady	14		weg. 7,5	gen.	weg. 2	gen.
8. Pyłek jedno i dwujądrowy.	14		7	3	2,5	1
9. Pyłek gotowy	weg. 43	gen. 7	9	3,5	3,5	1

W ciągu zmian, zachodzących na terenie komory pyłkowej, pewnym zmianom podlegają również komórki warstwy wyścielającej. Rosną one intensywnie od chwili wzrostu komórek macierzystych pyłku, podczas gdy sąsiednia warstwa tranzytoryczna coraz bardziej zostaje ściśnięta. Z chwilą oddzielania komórki generatywnej w ziarnie pyłku, komórki warstwy wyścielającej oddzielają się trochę od siebie, zachowując jednak swe błony. Kształty ich stają się coraz to bardziej nieregularne. Komórki warstwy tranzytorycznej są wtedy całkowicie spłaszczone i nie wszędzie już widoczne. Gdy gotowy pyłek wzrasta, warstwa wyścielająca staje się coraz to bardziej spłaszczona, zarysy jąder i jąderek są coraz to mniej wyraźne aż wszystko stopniowo ulega całkowitej dezorganizacji. Peryplazmodjum nie tworzy się.

Zjawiska degeneracji.

Do zjawisk częstych u *Ceratophyllum submersum* należą degeneracje zarówno na terenie kwiatów żeńskich, jak i męskich.

Kwiaty żeńskie.

Degeneracje mogą dotyczyć, albo całego kwiatu, albo tylko terenu ośrodka wraz z woreczkiem. Degeneracja całego kwiatu może pozatem iść w dwóch kierunkach: 1) może objawiać się tylko na terenie komórek — nie zmieniając ich błon i układu wzajemnego, lub 2) może zmieniać kształt kwiatu. Pierwszy wypadek spotkałyśmy na terenie komórek młodych kwiatów. Plazma takich komórek po uprzedniej wakuolizacji zbija się przy błonie w postaci silnie chłonących barwinki resztek. Jądra ich leżą także przy błonach i są wypełnione klaczkowatymi bryłkami chromatyny, które również barwią się silnie.

Z wypadkiem drugim miałyśmy do czynienia na terenie komórek kwiatów starszych. Komórki takie, ulegając zwyrodnieniu kurczą się, a błony ich w najrozmaitszy sposób zostają powyginane. Skurcz ten nie obejmuje komórek skórki i pochwy podskórnej, złożonej z komórek wypełnionych wydzieliną. Dla tego też warstwy te, układając się na powierzchni silnie skurczonych warstw głębszych, fantastycznie się fałdują. Całość załazni przybiera czasem dzięki temu bardzo nieregularny kształt. Woreczki leżące na terenie takich powyginanych załazków również zmieniają zarysy. Charakterystycznym objawem jest występowanie na ich terenie silnego przewężania, które dzieli całość woreczka na dwie części: chalazalną i mikropylarną. Otrzymujemy obrazy podobne do opisanych u *Haemanthus* przez Wóycickiego (1931). Na terenie tej części woreczka, która jest zbliżona do miejsca przewężania, nie widać wcale jąder tylko bezkształtną masę, silnie chłonącą barwinki. W końcach bardziej oddalonych plazma i jądra również podlegają degeneracji, ale nie tak kompletnej. Takie zwyrodniałe woreczki są zwykle otoczone spłaszczonymi i pozabawionymi treści komórkami o zgrubiałych i pofałdowanych błonach.

W jednym wypadku na terenie woreczka nieprzewężonego spotkałyśmy jądro już w stanie rozpadania się na nieregularne

ziarnistości, silnie chłone barwki. Po innych jądrach pozostały już tylko nieregularnie rozłożone masy małych ziarnistości. W niektórych miejscach ziarnistości te były skupione, silniej się barwiły i robiły wrażenie, że są ściankami porozrywanych pęcherzyków, przypominających zjawiska „pączkowania” u *Haemanthus* (Wóycicki 1931).

Kwiaty męskie.

Degeneracje na terenie pylników występują zarówno w młodszych, jak i w późniejszych stadiach; częściej jednak w tych ostatnich już po podziałach na tetrady. Ulega jej zwykle część pylników w kwiecie—podczas gdy część rozwija się normalnie. Zdegenerowane mogą być wszystkie cztery komory, lub parę z nich, czasem nawet można spotkać część tylko pojedynczej komory zdegenerowaną; prawdopodobnie proces degeneracji nie zdążył jeszcze objąć wszystkich komórek. Postępuje on zwykle od zewnątrz.

Degeneracja treści komórkowej przebiega podobnie, jak na terenie zalążka. We wczesnym stadium danego procesu można wyróżnić jeszcze błony komórkowe, zarysy jądra, jąderka. Później zaś wewnątrz komory wypełniają resztki komórek archesporowych w postaci całkowicie zdeorganizowanych, pokurczonych, bardzo silnie barwiących się mas.

Streszczenie wyników.

1. Zalążnia *Ceratophyllum submersum*, zgodnie z poglądem Strasburgera, a wbrew Klerkerowi, powstaje ze zrośnięcia się brzegami jednego tylko owocolistka.
2. Żadnej komórki pokrywkowej, opisanej przez Strasburgera, nie stwierdziłyśmy.
3. Zgodnie ze stanowiskiem Strasburgera stwierdziłyśmy istnienie 4 makrospor, z których chalazalna rozwija się w woreczek zalążkowy.
4. Pyłek rozwija się według typu „podziałów kolejnych”; komórki archesporu pozostają przez cały czas trwania mejozy połączone w ścisłą tkanę.
5. Pewna ilość zalążni, zalążków lub woreczków zalążk., jak również pylników i pyłku ulega w miarę rozwoju degeneracji. Kilkakrotnie stwierdzono nadliczbowe k. pram. w. zalążk.

6. Haploidalna l. chromozomów ($n = 36$) pozwala przypuszczać, że miałyśmy do czynienia z triploidalną rasą *Ceratophyllum submersum*.

L i t e r a t u r a.

- Hofmeister, W. 1858. Neuere Beobachtungen über Embryobildung der Phanerogamen. Jahrb. f. wiss. Bot., 1, 82 — 190.
- Klerker, J. E. F. 1855. Sur l'anatomie et le développement de *Ceratophyllum demersum* L. Bihang Svensk. Vetenskaps. Acad. Hand., 9, Nr. 10.
- Küster, E. 1929. Pathologie der Pflanzenzelle I. Pathologie des Protoplasmas. Berlin, 200 p.
- Schnarf, K. 1929. Embryologie der Angiospermen. Handb. der Pflanzenanat., Berlin, 689 p.
- 1931. Vergleichende Embryologie der Angiospermen. Berlin, 354 p.
- Schürhoff, P. N. 1926. Die Zytologie der Blütenpflanzen. Stuttgart.
- Strasburger, E. 1902. Ein Beitrag zur Kenntniss von *Ceratophyllum submersum* und phylogenetische Erörterungen. Jahrb. f. wiss. Bot., 37.
- Tischler, G. 1934. Allgemeine Pflanzenkaryologie. II Aufl., Berlin, 630 p.
- Wóycicki, Z. 1931. O procesie kiełkowania nasion i o charakterze wyrodnienia zalążków u *Haemanthus Katharinae*. Acta Soc. Bot. Poloniae. 8, p. 85.

S u m m a r y.

The ovary arises from the growing together of the margins of the carpel. The ovule is atropic and belongs to the type of crassinucellars. The archesporial cell arises deeply enough under the epiderm and directly changes itself in a mother-cell of the embryosac, without separating the cover-cell.

There are four macrospores arranged in one row. The chalazal megaspore develops itself in an embryo-sac, whose course of development is of the normal type. The three existing antipodal cells degenerate very late and possess very distinct cellulose membranes. The synergids and egg-cell have no membranes. In the tissue under the embryo-sac one can distinguish two kinds of cells. The pollen's development is of the successive type. The chromosomes are very small, their haploidal number is 36. The tetrads are united in one tissue and the separating of the singular gones or their groups take place very late i. e. in the moment when the generative cell separates in the pollen grain. In connec-

tion with it the periplasmodium does not form itself, the cells of the tapetal layer degenerate in the moment of intensive growth of the pollen grains. The tapetum cells contain always one nucleus. The pollen grains have two nuclei, and are surrounded with a single membrane; they contain a great number of starch grains.

Taking into consideration the number of chromosomes ($n=36$) it seems, that in our researches we had to do with a triploidal race of *Ceratophyllum submersum*.

Institut of Generale Botany of the University of Warsaw.
