

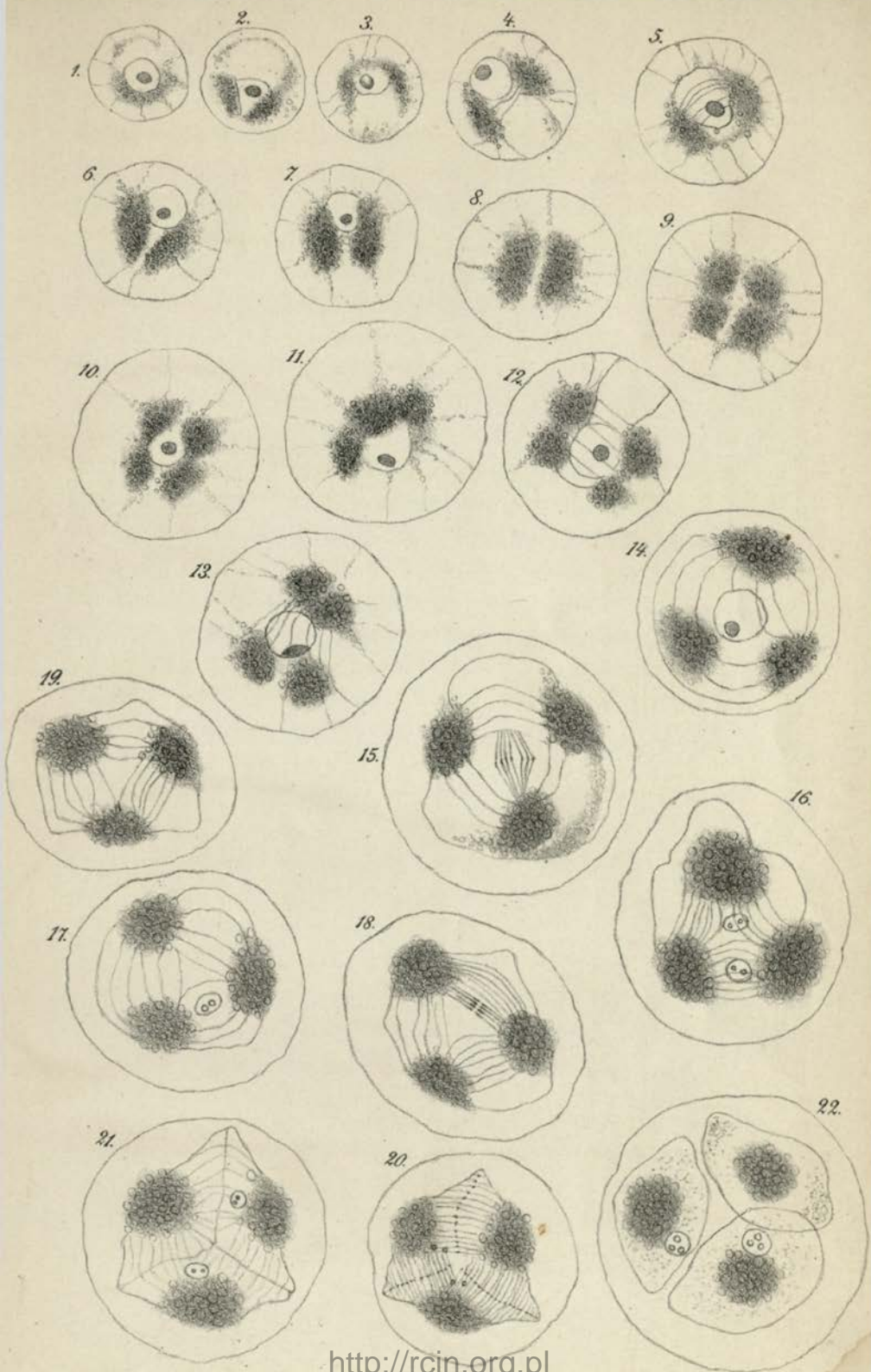
III.

HISTORJA ROZWOJU ZARODNIKÓW U GLEWIKA.

STUDJUM NAD DZIELENIEM SIĘ KOMÓREK.

Zarodniki Glewika (*Anthoceros*) zajmowały mnie już oddawna, ponieważ stanowiły wyjątek z pod ogólnego prawidła dzielenia się jąder komórkowych. Mianowicie od czasu ogłoszenia moich ostatnich poszukiwań (w Bot. Zeitung 1879 str. 265), które wykazały niemożność istnienia wszystkich dotychczas przyjętych wypadków samodzielnego powstawania jąder przy sprawie tworzenia się komórek, musiało mi się wydawać rzeczą zupełnie nieprawdopodobną, aby objaw ten miał się ograniczać na zarodnikach Glewika, niektórych innych mchów i na zarodnikach większych (*Macrosporae*) Poryblina (*Isoëtes*). Dla tego też korzystałem z pierwszej nadarzącej się sposobności, ażeby podjąć na nowo poszukiwania nad Glewikiem, do których dostarczyły mi bogatego materiału pola położone w okolicach Warszawy, gdzie ta roślina, obficie owocująca, we Wrześniu przeszłego roku łatwą była do znalezienia.

Wiadomo, że *Anthoceros laevis* był jedną z tych ro-



ślin, w których przejawy tworzenia się komórek najpierw ściśle były rozpatrywane. Już Hugo Mohl w 1839 roku przedstawił główne zarysy ich rozwoju ¹⁾.

Mianowicie wykazał on, że naprzód się dzieli zielono-żółtawy ziarnisty krążek leżący obok jądra i że następnie połowy jego dzielenie to powtarzają.

Powstałe takim sposobem cztery masy ziarniste oddalają się od siebie wzajemnie i ustawiają w komórce macierzystej w czworokąt. Pozostają one połączone ze sobą za pomocą cienkich nitek.

Mohl widział jądro komórki macierzystej i w tym stanie rozwoju, niezmienioném jeszcze i zawieszoném w środku komórki pomiędzy wspomnianymi wyżej nitkami; mniemał on, że to jądro w następstwie się rozpuszcza. Między każdymi dwiema massami ziarnistymi, miały się tworzyć delikatne przedziałki, które rosnąc, prawdopodobnie od zewnątrz ku wewnątrz, miały się łączyć ze sobą w środku komórki, rozdzielając takim sposobem pierwotną przestrzeń na cztery części

Naegeli ²⁾ opisuje zgodnie z Mohlem dzielenie się masy zielonej śluzowatej przylegającej do jądra pierwotnego. Mniema on iż być może, że w nierozdzielonej jeszcze massie śluzowatej ukryte jest jądro, które jednocześnie z nią samą rozpada się na dwie części. Każda z dwóch bryłek śluzowych, po podziale otacza się delikatną błonką, tak że się teraz ma przed sobą niby jądro w postaci pęcherzyka, którego zawartością jest zieleń i śluz.

Obie te masy nieco podłużne dzielą się każda znowu na dwie okrągłe bryłki. Ścianka poprzeczna dopełnia ich podziału, poczem obie połówki rozchodzą się wzajemnie i zaokrąglają.

¹⁾ W *Linæa* 1839, odbite powtórnie w *vermischte Schriften* 1845 p. 54 tabl. IV fig. 1 29.

²⁾ *Zeitschrift f. wissen. Botanik* 1844, zeszyt 1 p. 51.

Następnie oddalają się one od siebie i ustawiają w czworokąt, poczem jądro pierwotne ginie. Ostatecznie ma miejsce podział komórki na cztery części.

Schach ¹⁾ twierdził, że jądro komórki macierzystej dzieli się na dwa jądra, z których każde otacza się ziarnkami skrobi i potem powtórnie się dzieli; ostatecznie zaś powstałe cztery bryłki ustawiają się w czworokąt. Zawartość komórki macierzystej przewęża się od zewnątrz ku wewnątrz na cztery części. Przewężanie zaznacza się naprzód zgrubieniami ścianki, do których dotyczą następnie delikatne błonki rosnące ku środkowi.

Hofmeister ²⁾ podawał przeciwnie, że nowe jądra powstają z masy śluzowatej obok starego.

Massa śluzowata leżąca przy pierwotnym jądrze ma się dzielić na dwie połowy, w każdej zaś z połów mi powstawać nowe jądro, prawdopodobnie przez zaokrąglenie się i odzianie błonką obu bryłek. Młode jądra mają być często zakryte licznymi ziarnkami skrobi. Oba jądra rozpuszczają się powtórnie, pierwsze na nowo się dzieli i wyosobnia nowe jądra, które ustawiają się wkrótce w czworokąt pozostając w połączeniu ze sobą za pomocą nitek śluzowych. Pierwotne jądro utrzymuje się dotąd, lecz powoli staje się coraz przezroczystsze, nie ukazuje nic prócz jąderka, i w końcu się rozplywa. Komórka macierzysta zostaje potem podzieloną na cztery komórki za pomocą sześciu ścianek poprzecznych, powstających jednocześnie i znajdujących się między jądrami.

Czystiakow ³⁾ nie uważa tych skupień skrobi w zarodnikach *Anthoceros punctatus* i w wielkozarodnikach *Isoetes*

¹⁾ Bot. Zeitung 1850. Nr. 24—26. Ostatecznie: Lehrbuch Tom. 1 p. 85, Tabl I fig. 1—7.

²⁾ Vergleichende Untersuchungen 1851. p. 1. Ostatecznie: Pflanzenzelle 1867. p. 83.

³⁾ Bot. Zeitung 1875 str. 22.

Durieu za jądra, i podaje, że znajdował w środku komórki cztery jądra pochodne, z których każde leżało po przed bryłką skrobi w sąsiedztwie płaszczyzny podziału. Jądra te, podobnie jak kule skrobi, były uporządkowane w czworokąt i miały powstać wewnątrz jądra pierwotnego, które następnie się rozplynęło. Fig. XXIII tabl. I l. c. która ma przebieg ten uwydatnić, pokazuje zresztą, że Czysziakow wziął ziarnistą zawartość jądra pierwotnego za jądra pochodne.

Wszyscy badacze zgadzają się ze sobą co do tego, że jądro, które widzimy ostatecznie zawieszonem pomiędzy ustawionemi w czworokąt zielonemi bryłkami pierwoszcza, rozplywa się. W rzeczy samej wszystko przemawia na korzyść takiego przypuszczenia i ja sam ¹⁾ sądziłem, iż przyjąć należy, że nowe jądra wytwarzają się z dzielącej się zielonej masy pierwoszcza. Podobne pojmowanie przedmiotu nie było rażącym dopóty, dopóki przyjąć można było swobodne powstawanie jąder w wielu innych przypadkach. Lecz od czasu, jak mi się udało wykazać, że samodzielne powstawanie jąder w owych razach wcale niema miejsca, musiało mi się podobne powstawanie jąder u Glewika wydać bardzo wątpliwem.

Założenie i wytwarzanie się zarodników u Glewika postępuje od wierzchołka ku podstawie torebki owocowej,

Zdarza się często widzieć torebki w górnej swej części już oddawna otwarte i z zarodników opróżnione, gdy tymczasem dolna ich część nieraz napelnioną bywa macierzystemi komórkami zarodników. *Leitgeb* ²⁾ jest zdania, że rozwój zarodników w ogóle dopiero wtedy się wstrzymuje, gdy z powodu obumarcia otaczającej tkanki podstawowej ustaje odżywianie torebek owocowych.

¹⁾ Zellbildung und Zelltheilung II wydanie p. 153.

²⁾ Porównaj *Leitgeb*, Untersuchungen über die Lebermoose, V zeszyt 1879, p. 25.

Torebki, któreby aż do samej swój podstawy zawierały dojrzałe zarodniki, nie istnieją wcale.

Okoliczności bardzo na pozór sprzyjają badaniom rozwoju zarodników, gdyż przecięcia podłużne torebek przedstawiają nam równocześnie wszystkie wzajemnie po sobie następujące stopnie rozwoju.

Młode już swobodne komórki macierzyste zarodników, pokazują nam jądro zawieszone w środku na nitkach pierwoszcza z zawartém w niem dużem jąderkiem. Obok jądra leży skupiona masa zielono zabarwionego pierwoszcza z rozproszonemi w niej ziarnkami skrobi (fig. I tabl.

). Masa ta przewęża się wkrótce na dwie połowy, (fig. 2 — 3), które się wzajemnie od siebie oddalają (fig. 4 — 5), pozostając w połączeniu za pomocą nielicznych bezbarwnych nitek pierwoszczowych. Równocześnie komórka rośnie, przyczem i zielone bryłki powiększają się i stają bardziej ziarnistemi. Późem przybierają postać eliptyczną i razem z jądrem zdają się wisieć na delikatnych bezbarwnych nitkach, które rozchodzą się promieniście ku ścianie komórki.

Następnie oba ciała zielono zabarwione zbliżają się napowrót do siebie, dotykając się prawie wzajemnie, przyczem jądro odpychają na bok (fig. 9). Równocześnie można na nich zauważyć przewężenie podobne do tego, jakie ma zwkłe miejsce przy dzieleniu się ziarn zieleni (fig. 6, 7 i 8). Przewężenie to prowadzi do zupełnego rozpadnięcia się bryłek na dwie okrągłe połowy (fig. 9—10). Wszystkie cztery kulki leżą na jednej płaszczyźnie dotykając się prawie wzajemnie (fig. 10); jądro zaś obok nich, niżej lub wyżej. Stósownie do przypadkowego położenia komórki macierzystej i obraz przedstawiać się musi rozmaicie; mianowicie zielono zabarwione kule leżą już to poziomo (fig. 10); już to pionowo (fig. 11), w razie poziomego położenia kul, jądro może być, już to zwróconém do badacza (fig. 10), już to odwróconém od niego i zakrytém wtedy zieleni-

nemi kulami (fig. 9). Następnie kule te zaczynają się powoli oddalać od siebie (fig. 12). Położenie ich na jednej płaszczyźnie jest krótkotrwałem, albowiem jedna para zaczyna się zaraz od drugiej wykręcać (fig. 13) i wszystkie cztery razem układają się odnośnie do siebie tak, że tworzą jakby czworobok. Dosiegają one wreszcie prawie błonki komórkowej (fig. 14). Oddalające się wzajemnie zielone kule połączone są ze sobą niezbyt licznymi niemi z bezbarwnego pierwoszcza (fig. 14). Każda z nich również otoczona jest bezbarwnem pierwoszczem i nie jest dokładnie od niego odgraniczoną.

Pierwotne jądro komórki macierzystej pomimo tylu przemian, jakim komórka ta uległa, pozostało niezmiennem. Tylko podczas wzajemnego oddalania się kul zieloni przyjęło ono znów swoje poprzednie centralne położenie w komórce, tak, że teraz znajduje się zawieszonem w pośrodku nitek łączących te kule.

Wszystko co tu dotychczas opisanem było, można zobaczyć na żywych, w wodzie badanych okazach. Bezpośrednio obok takich komórek macierzystych jak je fig. 14 pokazuje, znajdują się w przecięciach podłużnych przez torebki owocowe i takie komórki, w których istnieją już pierwsze ślady ścianek pomiędzy ciałkami zieloni. W takich komórkach jądra już dopatrzeć nie można. Przeciwnie w każdej z ostatecznie odgródzonych młodych komórek pochodnych, można łatwo dostrzedz małe jądro leżące w bezbarwnem pierwoszczu obok ciała zieloni.

Wszystko to naprowadzało na przypuszczenie, że początkowe jądro komórki macierzystej ginie, a że natomiast tworzą się nowe jądra w pierwoszczu komórek pochodnych.

Doświadczenia zdobyte na innem polu, musiały mi pomimo to nasuwać jako prawdopodobniejsze mniemanie, że początkowe jądro komórki macierzystej się dzieli, że zatem jądra pochodne są jego bezpośredniem potomstwem.

Przypuszczenie to zamienić na pewnik nie było łatwém zadaniem. Trzeba się było uciec do pomocy takich odczynników chemicznych, które uwydatniać zwykły stan dzielenia się jądra; czynniki te jednak pociągały za sobą inne szkodliwe następstwa i utrudniały spostrzeżenia.

Poddane działaniu bezwodnego wysokoku, komórki stają się zupełnie nieprzezroczystymi i kurczą się przytém; jedno-procentowy kwas chromowy, takiż kwas osmowy lub octowy, kwas pikrynowy i inne wywołują silne pęcznienie błonnika, a to mianowicie w tych komórkach, któreby właśnie badać wypadało. Błonnik pęczniąc ciśnienie na pierwoszcze zawarte w komórce, które ostatecznie ulega zgnieceniu, zamienia się w gęstą bryłkę i często następnie bywa wypychaném z otaczającej ją powłoki.

Pomimo to, jednocentowy kwas chromowy doprowadził mnie ostatecznie do pożądaných wyników, mianowicie wtedy, gdy począł badać komórki w trakcie działania tego kwasu. Uwydatnienie wewnętrznej budowy komórki, następuje bowiem prędzej, niż pęcznienie jęj błonki, tak, że przez kwadrans mniej więcej obserwować ją można zanim zamienioną zostanie w niekształtną bryłkę.

Wszystkie części pierwoszcza szybko przyjmują barwę brunatną. Jądro występuje bardzo wyraźnie, szczególnie na takich stopniach rozwoju, jakie uwydatnia fig. 14. Bezpośrednio obok tych komórek znajdują się inne (fig. 15), które pokazują nam jądro w postaci wrzeciona. Wrzeciono to jest bardzo delikatném, gdyż nader małe ziarenka wchodzą w skład blaszki jądrowej, a włókna schodzące się u biegunów, są nadzwyczaj cienkie. Wrzeciono to jest tak ustawioném, iż kieruje swe bieguny w środek między każde dwa ciała zieleni—a więc tak jak w figurze 15-jej.

Jeżeli jeden biegun sięga pomiędzy dwa obok siebie leżące ciała zieleni, to drugi przypada pomiędzy dwa po-

nad sobą leżące. Tuż obok takich komórek widzi się inne, które zawierają dwa mniejsze jądra połączone jeszcze ze sobą za pomocą kilku nitok.

Położenie komórki przedstawionj w figurze 16-jej, tak było sprzyjajacem, że zmieniajac nastawienie mikroskopu widziec bylo mozna oba te jadra.

Przeciwnie w komorce uwydatnionj w figurze 17-jej bylo widocznem tylko jedno jadro lezace w srodku pomiedzy jedna para cialek zieleni.

Te drugorzędne jadra są już bardzo ubogie pod względem zawartości. Wkrótce następuje ich dzielenie się. Figura 18 przedstawia takiż przebieg, a to mianowicie w chwili wzajemnego oddalania się od siebie obu połówek każdego jądra. Zjawisko to jest w rysunku widocznem na jednem tylko jądrze. W figurze 19-jej przejaw dzielenia posunął się znacznie naprzód, a położenie komórki tak znów było dogodnem, że nawet druga para jąder ukośnie ku dołowi zwrócona, ukazywała się nieco.

Stosunkowo mała ilość nitok łącznych pozostaje pomiędzy rozchodzącemi się połówkami jąder macierzystych. Liczba tych nitok i później nie rośnie, nie rozchodzą się też one bocznie, owszem pozostają one zbliżonemi i równoległemi do siebie. Zgodnie z poprzedniem położeniem jąder drugorzędnych, i trzeciorzędne jadra dotykają zwróconych ku sobie stron ciałek zieleni.

Liczba nici bezbarwnych łączących ze sobą ciała zieleni, wtedy znacznie wzrasta.

Każde z ciałek zieleni jest za pomocą owych licznych nitok połączone z trzema sąsiedniemi. Nitki te są przymocowane, do ciałek w całym obwodzie tychże, i nie zdradzają żadnej zależności od małych jąder.

W równej odległości od ciałek zieleni ukazują się ziarnka tworzące blaszki komórkowe, (fig, 20).

Wszystkie powyżej opisane stany dzielenia się jąder przebiegają tak szybko, że można, jak to już wyżej po-

wiedziano, tuż obok komórek macierzystych zawierających jeszcze pierwotne jądro, znaleźć takowe posiadające gotowe blaszki komórkowe.

Po założeniu blaszki komórkowej następuje szybko wytwarzanie się ścianek poprzecznych z błonnika (fig. 21) oddzielających od siebie ostatecznie cztery młode komórki, czyli zarodniki. Jądro każdego zarodnika zyskało znacznie na objętości i leży w zmienioném nieco położeniu obok ciała zieleni.

W późniejszych stanach rozwoju, staje się jądro jeszcze większém — a wtedy łatwo je już można ujrzeć.

Takim sposobem usuniętą została wątpliwość nawet w tym ostatnim wypadku, w którym początkowe jądro macierzyste komórki miało być rozpuszczoném, jądra zaś komórek pochodnych samodzielnie utworzonymi na nowo. Mówię tu o ostatnim wypadku, albowiem nie ulega wątpliwości, że i te inne mchy (*Gymnostomum*, *Funaria*), u których według Hofmeistera pierwotne jądro ma przetrwać trzeciorzędne, zachowują się jak Glewik. Tak nawet wypada już wnioskować z rysunków Hofmeistera (l. c. tab. XV, fig. 24 i następane). Ale i wielkozarodniki komórek macierzystych Poryblina (*Isoëtes*) zgadza się z zarodnikami Glevika we wszystkich stopniach rozwoju tak dalece, że i tam innego sposobu zachowywania się jądra przypuścić już nie można.

Lecz jeśli się udało rozwój jądra w tych wypadkach sprowadzić do ogólnego prawidła, to jednak sposób w jaki tu powstają nitki łączne, pozostaje nieco odmiennym.

Nici te w których się tworzą blaszki komórkowe pospolicie są rozpiętymi wyłącznie pomiędzy jądrami, tu zaś przeciwnie pomiędzy niezależnie od jądra dzieląciami się massami zielono zabarwionego pierwoszczu. Wprawdzie badania wykazują, że i przy niezależném powstawaniu komórek, nitki łączne wytwarzają się samodzielnie

z pierwszemu otaczającego jądro; tam jednak jądra stanowią niejako ośrodki, około których nitki układają się promienisto. Tu zaś jądra mają położenie boczne w stosunku do nitek, środek zaś zajmują ciążka zieleni. Dzielenie się usamoistnionej masy pierwszucha leżącej obok pierwotnego jądra, mającej się dostać w równych częściach komórkom pochodnym, pociąga za sobą znacznie zmienione warunki i dla reszty dzielenia. Glewik jest pod tym względem właśnie bardzo pouczającym, ponieważ nam pokazuje, że w pewnych okolicznościach nitki łączne, w których powstają blaszki komórkowe, tworzyć się mogą niezależnie od jądra. Że podobna wymiana w funkcjach może mieć miejsce, że zatém należy do ogólnych własności pierwszucha, uczy dalej ta okoliczność, że zjawiska pochodzące w zarodnikach Glewika, powtarzają się u innej rośliny w zupełnie odpowiedni sposób.

Komórki macierzyste wielkozarodników *Poryblina* dzielą się tak samo, jak komórki macierzyste zarodników Glewika.

Jak łatwo zresztą przebieg zwyczajny dzielenia przejść może w niezwykły, pokazuje nam ten ciekawy fakt, że małozarodniki (*Microspora*) *Poryblina* nie dzielą się tak, jak wielkozarodniki, lecz zwykłym zupełnie sposobem.

E. Strasburger.

OBJASNIENIE RYSUNKÓW.

Wszystkie figury rysowane są podług natury za pomocą kamery i przy powiększeniu 540 razy. Figury 1 — 14 podług okazów zanurzonych w wodzie, figury 14 — 22 podług okazów traktowanych jednoprocetowym kwasem chromowym.

- Fig. 1. Komórka macierzysta zarodnika po rozpoczęciu dzielenia się.
- Fig. 2—5. Pierwsze dzielenie się masy pierwszcza zawierającej zieleni, a dotykającej do jądra komórkowego.
- Fig. 6 — 8. Zbliżenie się wzajemne i powtórne dzielenie obu mass pierwszcza.
- Fig. 9 — 12. Te cztery masy znów się rozchodzą: w figurze 11 widać je w położeniu boczném.
- Fig. 13. Jedna para mass pierwszcza skręca się w stosunku do drugiej.
- Fig. 14. Masy te podzielone tetraedrycznie.
- Fig. 15. Jądro pierwotne komórki zamieniło się na wrzeciono.
- Fig. 16 — 17. Jądra drugorzędne.
- Fig. 18 — 19. Podział jąder drugorzędnych.
- Fig. 20. Blaszkki komórkowe wystąpiły na widownią.
- Fig. 21. Ściany powstałe z błonnika.
- Fig. 22. Młode zarodniki zawarte jeszcze w błonie komórki macierzystej.
-

R É S U M É.

Depuis bon nombre d'années je m'efforce à éclaircir les phénomènes qui ont rapport à la formation et à la division des cellules. Les résultats auxquels je suis arrivé dans mes recherches, se trouvent exposés d'abord dans un ouvrage plus étendu sur la formation et la division des cellules, dont deux éditions ont paru en Allemagne et une traduction en France: — puis dans plusieurs articles, dont un publié dans le journal botanique, rédigé par de Bary, et enfin en outre dans les comptes - rendus de la Société des naturalistes de Jena.

J'ai essayé de ramener à quelques points de vue généraux les faits si divers de la multiplication cellulaire. Restaient pourtant quelques exceptions qu'il s'agissait d'éliminer au plus vite. On trouvera traitée dans ces lignes une de ces exceptions apparentes et des plus marquées. Elle a rapport à la formation des spores dans l'*Anthoceros laevis*.

Tous les savants qui ont publié des recherches sur ce sujet, affirment à l'unanimité, que le noyau des cellules des spores de l'*Anthoceros* se dissout et que les noyaux des spores sont nouvellement formés. Ceci serait une exception, puisque dans tout autre cas nous voyons les jeunes noyaux se former par la division des anciens. Mes

nouvelles recherches sur l'*Anthoceros laevis* démontrent, que le noyau de la cellule-mère des spores ne se dissout pas, mais qu'il se divise comme dans tout autre cas.

Seulement cette division se fait très vite et ne se laisse observer que difficilement. Elle est précédée de la division de la masse protoplasmatique, qui touche au noyau. Les quatre masses protoplasmatiques formées de la sorte, se disposent tétraédriquement dans la cellule-mère; les jeunes noyaux prennent une position latérale par rapport à ces masses. Les filaments connectifs, qui unissent les masses plasmatiques augmentent en nombre et bientôt des plaques cellulaires sont formées dans leur intérieur. Les plaques se tiennent à égale distance des masses plasmatiques et divisent la cellule-mère en quatre cellules-filles. Les plaques sont changées bientôt en lames de cellulose.

L'exception admise pour l'*Anthoceros* étant éliminée j'ose espérer que la multiplication des noyaux par division restera règle générale pour le monde organique tout entier.

E. Strasburger.