Acta Societatis Botanicorum Poloniae
Vol. X. №. 3. 1933.

Obserwacje za życia nad tworzeniem się pirenoidów u skrętnicy.

(Observations vitales sur la formation des pyrenoïdes chez Spirogyra).

(Z tabl. — planche XVIII.)

napisał

ALEKSANDER SZEJNMAN

(Wpłynęło 24. II. 1933).

WSTĘP.

Najstarsze dane, dotyczące mnożenia się pirenoidów u skrętnicy, znajdujemy u de Bary'ego (1858). Autor przypuszcza, że liczba pirenoidów u tego glonu zwiększa się wyłącznie przez ich tworzenie się [1]).

Pringsheim w r. 1879, omawiając „Amylumherd" u *Spirogyra*, zwraca uwagę na jego związek z jądrem za pośrednictwem nici plazmatycznych, które według autora, przechodzą między ziarnami powłoki skrobiowej pirenoidu i przenikają do jego ciała środkowego. W dalszym ciągu Pringsheim opisuje podział „Amylumherd'u" u skrętnicy, stwierdzając, że podziałowi temu towarzyszy rozszczepienie nici. Obok tego zaznacza, że o ile nić plazmatyczna, idąca od jądra, trafi na miejsce plastydu, w

[1]) Używam terminu „mnożenie się pirenoidów", jako odpowiednika niemieckiego „Vermehrung", oraz — „tworzenie się", jako odpowiadającego „Neubildung".

którem dotychczas pirenoidu niema, to należy przypuszczać, że się on w tem miejscu wytworzy. Z tego wynika, że Pringsheim przynajmniej a priori przyjmował możliwość tworzenia się pirenoidów.

Strasburger (1880) również był tego zdania, że miejsce, w którem nić plazmatyczna trafia na plastyd, jest przeznaczone do wytworzenia się pirenoidu.

Schmitz (1882) krytykuje twierdzenie Pringsheima i Strasburgera o związku pirenoidów z jądrem zapomocą nici plazmatycznych, wykazując, że po pierwsze, nici te nie dochodzą bezpośrednio do pirenoidów, ani nawet do plastydu, lecz tylko do warstwy cytoplazmy, która ten plastyd otacza, powtóre, że te przyczepy nici nie są ani stałe, ani powszechne. Co do mnożenia się pirenoidów u skrętnicy, to autor stwierdza na podstawie własnych obserwacyj występowanie podziału pirenoidów na dwie równe lub nierówne części. Nie zaznacza jednak, czy obserwował za życia przebieg całego procesu na jednym i tym samym pirenoidzie, czy też wnosi o nim z zestawienia figur podziałowych. Występowanie małych nagich pirenoidów skłoniło Schmitza do przypuszczenia, iż prawdopodobnie obok podziału zachodzi również i tworzenie się pirenoidów.

Pomijając prace Meyera (1883) i Schimpera (1885), dotyczące przedewszystkiem struktury pirenoidów, przechodzę do badań Kolkwitza (1899). Autor zajmuje się sprawą wzrostu chloroplastu, który bezpośrednio obserwuje w tej samej komórce glonu w ciągu 2 tygodni. Jako punkty orjentacyjne przy badaniu wzrostu, służą mu pirenoidy, co do których udowadnia, że pozostają stale w tem samem miejscu plastydu i samodzielnego ruchu nie ujawniają. W wyniku Kolkwitz dochodzi do przekonania, że chloroplast u skrętnicy rośnie interkalarnie, z większem jednakże natężeniem wzrostu w częściach końcowych (pag. 282). Co do pirenoidów, to autor sam powiada, że nie poczynił żadnych spostrzeżeń ani co do ich podziału, ani co do ich ewentualnego tworzenia się.

Boubier (1899) poświęca dwie prace pirenoidom u skrętnicy. Autor przypisuje wielkie znaczenie żeberku, przebiegającemu wzdłuż plastydu pewnych skrętnic; żeberko to uważa za utwór specyficzny, stojący w związku z pirenoidami i nazywa je „pirenodesmą“ („Pyrenodesme“). Boubier potwierdza rozmna-

żanie się pirenoidów przez podział, obok tego przyjmuje tworzenie się ich wewnątrz pirenodesmy. Z uwagi jednak na częste występowanie młodych pirenoidów w bezpośredniem sąsiedztwie dorosłych, autor wyraża przypuszczenie, że być może i w wypadku tworzenia się, ciało środkowe pirenoidu pochodzi z odszczepienia od sąsiedniego dorosłego.

Obszerne prace, dotyczące pirenoidów, zawdzięczamy Chmielewskiemu. W pracy z roku 1899 opisał on u skrętnicy rozmnażanie się tych organoidów przez podział, stwierdził mianowicie masowe występowanie podziałów o zmierzchu. Do przypuszczenia o tworzeniu się pirenoidów autor nie znalazł żadnych podstaw [1]). Autor obserwował również zjawisko podziału nici plazmatycznych, idących od jądra w kierunku pirenoidu, uważa je jednak nie za przyczynę podziału pirenoidu, ale za jego skutek. Przypuszczenie o powstaniu pirenoidów w miejscu, gdzie nić trafia na plastyd, wydaje mu się tak, jak i Schmitzowi (1882), nieuzasadnionem. Praca z roku 1904 potwierdza wyniki poprzednie co do rozmnażania się pirenoidów u skrętnicy (pag. 44, 45).

W nowszych czasach wzmianki o mnożeniu się pirenoidów u skrętnicy podają Scherrer (1914) i Geitler (1926); przyjmują oni, że liczba pirenoidów u tego glonu zwiększa się wyłącznie przez podział poprzednio istniejących.

Ostatnio, sprawę mnożenia się pirenoidów u skrętnicy poruszył w swoich pracach Czurda (1928/29). Autor na podstawie obserwacyj za życia, które uważa w danym wypadku za jedynie miarodajne, dochodzi do wniosku, że liczba pirenoidów u glonu *Spirogyra* zwiększa się zarówno przez podział poprzednio istniejących, jak i przez tworzenie się nowych. Czurda stwierdził zgodnie z Kolkwitzem (1899), że plastyd rośnie interkalarnie; w miarę tego wzrostu pirenoidy odsuwają się od siebie, między niemi — przeważnie w godzinach przedpołudniowych — zakładają się nowe, zaledwie widoczne (pag. 167). Obok tego procesu zachodzą i podziały pirenoidów w liczbie 1—3 na komórkę. Można wywołać występowanie podziałów pirenoidów liczniejsze przez umieszczenie materjału początkowo w gorszych warunkach, a potem przeniesienie go do świeżej pożywki (Czurda 1928, pag. 167, 168). Autor opisuje młody pirenoid, jako „utwór, oto-

---

[1]) „Die Untersuchungen sprechen für die ausschliessliche Vermehrung der Pyrenoide durch Teilung. Anhaltspunkte für die Möglichkeit der Neubildung von Pyrenoiden hat Verf. nicht gefunden" (L. c. p. 278).

czony pierścieniem innych punktów" (pag. 167); te ostatnie są to ziarna skrobi, zjawiać się one mają w niedługim czasie po powstaniu pirenoidu i liczba ich w trakcie dalszego wzrostu utworu nie zwiększa się (pag. 176).

Zestawienie powyższe wykazuje, że sprawa mnożenia się pirenoidów u skrętnicy znajduje odpowiedzi dość różne i że pozostaje nadal otwarta.

MATERJAŁ I METODA BADAŃ.

Badania moje prowadziłem na gatunkach skrętnicy, charakteryzujących się występowaniem w komórkach jednego tylko chloroplastu, błonami poprzecznemi bez kołnierzyków, szerokością nici od 20 μ do 30 μ i liczbą obiegów plastydu 2—10. Djagnozy gatunkowej, dotyczącej materjału wszystkich obserwacyj, nie podaję dlatego, że za każdym razem używałem materjału świeżego, przywożonego z różnych stanowisk naturalnych w okolicach Warszawy. Na jesieni r. 1931 np. była to *Spirogyra polymorpha* Kirch. (Lindau, 1914, pag. 77). Grubość nici wynosiła 22 μ — 26 μ, długość komórek była 3,5 — 6,5 razy większa od ich szerokości, błony poprzeczne proste [1]).

Badania moje miały charakter obserwacyj za życia i były tak prowadzone, aby pozwalały przez dłuższy czas (kilka do kilkunastu dni) śledzić pod mikroskopem pewną określoną komórkę, znajdującą się w warunkach, umożliwiających jej wzrost aż do podziału. Podobne wymagania co do metody badań nad mnożeniem się pirenoidów stawiał sobie i Czurda (1928).

---

[1]) Mówiąc o materjale badań, chciałbym jeszcze zwrócić uwagę na występowanie na plastydzie pewnych skrętnic żeberka, czy też listewki, które przebiega na jego powierzchni, zwróconej do światła komórki. O utworze tym wspominali już Schmitz (1882 pag. 17), Naegeli (1893), Kolkwitz 1899), Boubier (1899) i Chmielewski (1904). O ile mogłem zaobserwować, występowanie żeberka pozostaje w związku z wklęsłością plastydu, jest ono mianowicie silnie wyrażone w plastydach głęboko wklęsłych. W obrębie tej samej komórki części środkowe chromatoforu są silniej wklęsłe i posiadają żeberko wyraźniej wykształcone, podczas gdy części, bliższe końcom, są bardziej płaskie i na nich go często niema. Żeberko obchodziło mnie w niniejszej pracy o tyle, że występowanie jego utrudnia zaobserwowanie wszystkich pirenoidów komórki, dlatego też wybierałem takie gatunki, u których żeberko było słabo rozwinięte.

Badania Schmitza (1882) nad pirenoidami u skrętnicy były prowadzone za życia, ale nie miały charakteru obserwacyj ciągłych, to znaczy prowadzonych przez dłuższy okres czasu nad tą samą komórką glonu; to samo dotyczy badań Chmielewskiego (1897, 1904). Dopiero u Kolkwitza (1899) znajdujemy opis obserwacji dłuższej. Autor umieszczał nitkę skrętnicy długości 1—2 mm. w kropli wody pod szkiełkiem przykrywkowem; preparat w czasie wolnym od obserwacyj, spoczywał w szalce Petriego pod kloszem. Kolkwitz opisuje, że nitka glonu żyła w tych warunkach około 2 tygodni. Komórkę badaną autor rozpoznawał po tem, że obie sąsiadujące z nią komórki obumarły. O wzroście chromatoforu wnosił Kolkwitz z przesuwania się pirenoidów, przyczem trudność stanowił obrót nici, dzięki któremu pirenoidy obserwowane przechodziły na stronę spodnią, a wynurzały się nowe, przez autora nienotowane.

Czurda w swej pracy z r. 1928 zaznacza tylko, że prowadził badania za życia na materjale, hodowanym w pożywce płynnej; nie wyjaśnia jednak, jak te kultury były prowadzone i czy autor przez dłuższy czas śledził tę samą komórkę. Obserwacja komórki glonu, rosnącego na agarze, dawała złe wyniki ze względu na gromadzenie się zbyt wielkich ilości skrobi w plastydzie, służyła ona zatem autorowi tylko do potwierdzenia wyników, uzyskanych na podstawie obserwacyj materjału, hodowanego w wodzie.

W badaniach moich zastosowałem metodę, zbliżoną do metody Kolkwitza, która po wprowadzeniu pewnych uzupełnień czyniła zadość stawianym wymaganiom.

Do obserwacyj używałem materjału, świeżo przywiezionego z naturalnego stanowiska, względnie przechowywanego przez jeden, a najwyżej kilka dni w płaskiem naczyniu [1]).

---

[1]) Wprawdzie udawało mi się przechowywać i dłużej skrętnicę, hodując ją w niewielkiem płaskiem naczyniu z wodą i w nieobecności gazu świetlnego, który jak wykazał Wóycicki (1907) bardzo szkodliwie wpływa na glony, ale po pewnym czasie zawsze występowały pewne objawy patologiczne (nadmiar skrobi, lub jej brak zupełny, słabe zabarwienie chromatoforu, jego spłaszczenie i t. d.). Ponieważ zaś tworzenie się pirenoidów występuje w większej liczbie tylko na materjale intensywnie rosnącym, przeto do badań tego rodzaju, najodpowiedniejszy jest materjał, świeżo przywieziony ze zbiornika, w którym glon w naturze występuje. Zresztą, i w obrębie takiego materjału należy prowadzić selekcję i wybierać tylko taki, który po mikroskopowej kontroli okazuje cechy zdrowia i dobrej wegetacji.

Fig. 4. Bloki piaskowcowe na jednym ze szczytów w pobliżu wsi Łącznej. Dokoła rumowiska las jodłowy *(Abietetum)* i młode świerki z roślinnością zielną.
Blocs de grès sur un des sommets entourés par la sapinière.

Fig. 5. *Alnetum*, zalewane przez wodę w ciągu pewnej części roku. Wzniesiony system korzeniowy formuje kopce z humusem, podatnym dla rozwoju roślin lasu liściastego.
Alnetum inondé par l'eau.

Nić długości około 1 cm. umieszczana była w kropli wiszącej, zawierającej wodę z naturalnego środowiska, lub studzienną. Preparat, zaklejony wazeliną, przechowywany był jeszcze dla zmniejszenia parowania w szalce Petriego. Wodę, w której znajdowała się badana nitka, co kilka dni ostrożnie zmieniałem, poczem znowu preparat był zaklejany. Temperatura w czasie badań wynosiła wiosną i na jesieni 12—15°, w lecie dochodziła w dzień do 20° C.

Do obserwacji wybierałem określoną komórkę nici, leżącą w pobliżu jednego z jej końców; komórkę tę odnajdywałem zawsze, wiedząc, które z kolei miejsce zajmuje ona od szczytu. O ile nić rosła intensywnie i zachodziły w niej podziały, komórka badana oddalała się od końca i jej liczba porządkowa zwiększała się; prowadząc jednakże obserwację ciągłą, przy kontroli conajmniej dwukrotnej w ciągu doby, mogłem zawsze obserwowany poprzednio teren odnaleźć.

Zarówno Czurda (1928), jak i Kolkwitz (1899), uskarżali się, na obrót nici, utrudniający dłuższą obserwację tego samego pirenoidu. W kropli wiszącej zjawisko to występuje jeszcze w większym stopniu. Jeżeli uwzględnimy nadto interkalarny wzrost plastydu, powodujący przesuwanie się pirenoidów, to będzie oczywistem, że w badaniach tego rodzaju nie można ograniczyć się do pirenoidów, leżących na odcinkach spirali, zwróconych do oka obserwatora, lecz należy uwzględniać wszystkie pirenoidy. U skrętnic o chloroplaście nieznacznie wklęsłym zaobserwowanie i zanotowanie wszystkich pirenoidów, znajdujących się w danej komórce, dawało się względnie łatwo przeprowadzić. Pirenoidy te były numerowane w określonym porządku i dzięki temu mogły być śledzone w ciągu całego życia komórki i nawet dalej — w komórkach pochodnych. Młode pirenoidy, świeżo powstałe, były notowane w miarę tego, jak się zjawiały; o ile komórka była przeglądana dostatecznie często, można było je zawsze rozpoznać po ich wielkości. Pewne trudności nastręczały pirenoidy, położone na „zakręcie", to znaczy w miejscu, gdzie wstęga tworzy największy kąt z płaszczyzną przekroju optycznego; o ile zachodziły wątpliwości co do obecności, względnie liczby pirenoidów w takiem miejscu, to można było przez wstrząśnienie kropli spowodować obrót nici i przesunięcie się obrazu.

Obecność skrobi dokoła pirenoidów zarówno dorosłych, jak i młodych, stwierdzałem zapomocą jodu w jodku potasu, lub jodu z wodanem chloralu. Dobre wyniki dla wykrycia drobnych ziarenek

daje utrwalenie komórki parami kwasu octowego, a następnie zabarwienie jodem.

Ze względu na to, że objekt znajdował się w kropli wiszącej, do obserwacyj używałem objektywów o stosunkowo dużej odległości przedmiotu od soczewki, a mianowicie: „D“ Zeissa i imersję „$^1/_7$“ tejże firmy. Okular zato stosowałem silniejszy: „15 K“ Zeissa. Próbowałem również oglądać nici, zawierające młode pirenoidy, w ciemnem polu, jednakże, jak dotychczas, nie uzyskałem tą drogą możności lepszego wejrzenia w strukturę badanych utworów.

Dla potwierdzenia niektórych wyników badań za życia użyłem materjału utrwalonego: glon bezpośrednio z naturalnego stanowiska utrwalany był 0,5% kwasem osmowym [1]), następnie barwiony hematoksyliną. Preparaty oglądane były przez objektyw „$^1/_{12}$“ Zeissa i okular „15K“.

WYNIKI BADAŃ.

1. OGÓLNE OBSERWACJE NAD WZROSTEM NICI.

Nie ulega wątpliwości, że przy stosowaniu podanej wyżej metody badań nici glonu nie znajdowały się, ogólnie mówiąc, w warunkach, sprzyjających ich rozwojowi na dłuższą metę, czego dowodem jest to, że wszystkie po mniej lub więcej długim okresie życia i wzrostu w kropli wiszącej ulegały degeneracji i zamierały. Wzrost ten jednakże był w zupełności dostateczny do tego, ażeby móc poczynić spostrzeżenia, które stanowiły zadanie niniejszej pracy.

Na ogólną liczbę kultur, przekraczającą 100, conajmniej połowa nie udała się zupełnie, to znaczy, że nici nie ujawniały wcale wzrostu, lub też bardzo niewielki i po upływie jednego lub dwóch dni obumierały. W innych wypadkach nici żyły dłużej do 10 dni i więcej, rosnąc i dzieląc się. Kultura z lipca 1930 r. dała wyniki niespodziewanie dobre: udało się mianowicie w przeciągu 12 dni uzyskać tak intensywny rozwój, że z obserwowanych komórek każda uległa szeregowi podziałów, aż do czwartej lub piątej gene-

---

[1]) Wprawdzie kwas osmowy, jak to zauważa C z u r d a (1928), powoduje pęcznienie skrobi, utrwala on jednak najlepiej plastyd, podczas gdy zalecany przez C z u r d ę alkohol powoduje daleko idącą deformację chromatoforu.

racji. W ten sposób 4 obserwowane komórki dały 32, nie licząc kilku obumarłych, przyczem podziały najczęściej występowały w pierwszym tygodniu obserwacji, powtarzając się co 2 lub 3 dni. Na ten wypadek zwracam uwagę dlatego, że o ile mi wiadomo, możność śledzenia pod mikroskopem rozmnażania się komórek skrętnicy aż do piątej generacji nie była dotychczas notowana. W zestawieniu z wynikami K o l k w i t z a (1899), stwierdzić mogę, że uzyskałem lepszy wzrost skrętnicy, co tłumaczę sobie zarówno użyciem kropli wiszącej, przez co uniknąłem nacisku szkiełka na nić glonu, jak również tem, że obserwowałem zespół komórek zdrowych, podczas gdy wymieniony autor obserwował komórkę, otoczoną dwiema komórkami obumarłemi.

Opisując kulturę skrętnicy w kropli wiszącej, jeszcze na jedną, bardzo charakterystyczną okoliczność pragnę zwrócić uwagę, a mianowicie na pewne zjawiska patologiczne, występujące niemal zawsze po dłuższym czasie wzrostu nici w kropli wiszącej. Oto chloroplasty poszczególnych komórek stają się blade, bardziej płaskie niż normalne, a wskutek tego napozór szersze [1]), powłoki skrobiowe pirenoidów nadmiernie grubieją, a na całym terenie chromatoforu występują błyszczące ziarna, dające z jodem charakterystyczną reakcję na skrobię. Równocześnie chloroplast, stanowiący dotychczas prawidłową spiralę, zaczyna się układać nieregularnie, dając odcinki równoległe do osi komórki i do niej prostopadłe. Pomimo tych objawów — rzecz niezmiernie charakterystyczna — plastyd rośnie jeszcze przez pewien czas i tworzy pirenoidy. Wskutek wzrostu plastydu i jego nieprawidłowego układu zdarza się często, że staje się on za długi i wtedy zagina się, dając odcinek przeplatający się z pierwotną spiralą, co stwarza pozór występowania dwóch wstęg w komórce. W niektórych wypadkach, o ile ta degeneracja nie była zbyt daleko posunięta, udawało mi się przez zmianę środowiska spowodować powrót chloroplastu do normalnego układu. W późniejszych stadjach tych stanów patologicznych wzrost wstrzymuje się, ale komórka jeszcze długo pozostaje przy życiu.

Drugi typ degeneracji stanowią zjawiska, występujące w niciach, które od chwili umieszczenia w kropli wiszącej nie ujawnia-

---

[1]) Chloroplast u skrętnicy jest, jak wiemy, rynienką, mającą na przekroju kształt rozwartej litery „V"; kiedy ta rynienka staje się płytsza, plastyd wydaje się szerszy. Na tem przeważnie polegają zmiany szerokości chloroplastu.

ją żadnego wzrostu. Obserwowałem wtedy opisywane już przez Kolkwitza (1899) kurczenie się plastydu, połączone ze zwijaniem się bocznych jego wypustków, często zanik skrobi, a bezpośrednio przed śmiercią — i plazmolizę.

Zjawiska wytwarzania przez komórki glonu bocznych wyrostków, opisanego dla *Spirogyra* przez Wóycickiego (1907) i Küstera (1925), a dla *Mougeotia* przez Paschera (1907) w kulturach moich nie znajdowałem, nie obserwowałem również rozgałęzień chloroplastu, podawanych przez Paschera (1907), i Kasanowsky'ego (1913) i Küstera (1921), jednakże przytoczone w niniejszej pracy zjawiska nieprawidłowego układu plastydu, a następnie powrotu do stanu normalnego potwierdzają wnioski tego ostatniego autora o półpłynnej konsystencji chromatoforu. O zwiększaniu się nadmiernem ilości skrobi w komórkach skrętnicy pisał Czurda (1928), jednakże nie wspomniał wcale o nieprawidłowym układzie plastydu. W niektórych kulturach miałem możność stwierdzić opisane przez Cholnoky'ego (1931) przerywanie się plastydu. Wspomniany badacz obserwował takie zjawiska w niciach, zaciemnianych przez pewną część dnia; w moich obserwacjach występowały one w kulturach, normalnie oświetlanych.

II. WZROST PLASTYDU.

W moich badaniach nad wzrostem plastydu [1]) chodziło mi o rozstrzygnięcie dwóch zagadnień: jak prędko rośnie chromatofor i jak ten wzrost rozmieszczony jest na jego terenie. O ścisłych pomiarach mówić tutaj trudno, gdyż chloroplast jest spiralą, której długość zależy nietylko od ilości obiegów i od przekroju spirali, ale i od odległości obiegów od siebie; uwzględniając nadto niewszędzie jednakowy charakter tej spirali (w środkowej części komórki

---

[1]) Mam na myśli wzrost chloroplastu na długość; na szerokość plastyd normalnie nie rośnie; o zmianach, jakie w tej szerokości zachodzić mogą — por. uwagę na stron. 8. Nie było mojem zadaniem mierzenie wzrostu na długość całej komórki, ograniczę się więc do stwierdzenia, że normalnie wzrostowi plastydu odpowiada wzrost komórki w ten sposób, że gęstość spirali nie ulega zmianie. Odstępstwa spotykamy w komórkach końcowych nici, które, jak to już zauważył Kolkwitz (1899), posiadają spiralę luźną; z drugiej strony po dłuższej kulturze w kropli wiszącej zachodzi dość często znaczny wzrost chromatoforu, przyczem jednak komórka słabo rośnie i nie dzieli się. W tych ostatnich wypadkach obserwowałem komórki o gęsto ułożonej, do 15-u obiegów liczącej spirali.

obiegi są zazwyczaj gęściej ułożone) zrozumiemy, że matematyczne ujęcie tych wielkości byłoby dość skomplikowane. Podane niżej obliczenia mają charakter przybliżony i oparte są tylko na liczeniu obiegów, przyczem przyrost względny podawany jest w procentach [2]). O wzroście poszczególnych części plastydu wnosiłem podobnie, jak Kolkwitz, z przesuwania się pirenoidów i ze zwiększenia się odległości między niemi.

Już najbardziej powierzchowne obserwacje pozwalają stwierdzić, że wzrost chloroplastu u skrętnicy — zgodnie z danemi Kolkwitza (1899) i Czurdy (1928) — jest interkalarny. Plastyd rośnie na całej swej długości, skutkiem czego po pewnym czasie można stwierdzić zwiększenie się odległości między każdą dowolnie obraną parą pirenoidów. Szybkość tego wzrostu bywa bardzo różna zależnie od stanu glonu w warunkach danej kultury. O ile wzrost jest intensywny, to daje się on już stwierdzić po kilku godzinach. Najszybszy obserwowany wzrost wyniósł 70% w ciągu 14 godzin; tak silny jednakże zachodził tylko w specjalnych okolicznościach i w stosunkowo niedługim przeciągu czasu. Przeciętnie, nawet dobrze wegetujące nici, ujawniające w trakcie kultury podziały komórek, wykazują przyrost plastydu 20—30% na dobę. Czurda (1929) podaje, że w ciągu 24 godzin następuje wzrost plastydu do podwójnej długości; jakkolwiek w moich kulturach podwojenia w ciągu doby nie widziałem, to jednak w krótszych okresach czasu obserwowałem wzrost równie intensywny (patrz wyż.) Kolkwitz, który jak już zaznaczyłem, obserwował komórki, znajdujące się w niekorzystnych warunkach, stwierdził wzrost znacznie słabszy za 5 dób z 4,25 obiegów do 12, co daje w przybliżeniu około 8% na dobę.

Najsilniejszy wzrost daje się obserwować w pierwszych dniach kultury, w dalszym ciągu staje się on słabszy, spadając do kilku procent i do zera w ostatnich, kiedy komórki ujawniają już daleko idące zmiany patologiczne.

Wielki wpływ na wzrost komórki i jej plastydu wywiera podział. W nocy po podziale wzrost chloroplastu w komórkach potomnych jest kilkakrotnie szybszy, niż w dalszym ciągu ich życia; pewne niewielkie wzmożenie wzrostu daje się zazwyczaj zauważyć już w komórce macierzystej przed podziałem.

---

[2]) Procent ten oznacza, jaką część pierwotnej liczby obiegów stanowi przyrost.

Dla ilustracji powyższych twierdzeń przytaczam kilka przykładów historji wzrostu plastydu. Wszędzie widoczne jest znaczne wzmożenie po podziale:

1. (Obserwacja, rozpoczęta dn. 12 lipca 1930 r.). Przyrost względny długości plastydu badanej komórki wynosił kolejno: 25% na dobę, 6% w ciągu 12 godzin dnia, 6% za 12 godzin nocy, 8% za 12 godzin dnia; poczem nastąpił podział i w jednej z potomnych komórek, obserwowanych w dalszym ciągu, przyrost wyniósł w ciągu nocy po podziale 60%, poczem na doby kolejno: 7%, 6%. 0%.

2. (Obserwacja, rozpoczęta dn. 16 lipca 1930 r.). Przyrost chloroplastu wyniósł: 12% na dobę, 15% na dobę, 5% na dobę, 4% w ciągu 12 godzin dnia przed podziałem, poczem po podziale w jednej z komórek potomnych za 12-godzinny okres nocy 18%(!), następnie na dobę — 10%, na dwie doby — 10% i t. d.

3. (Obserwacja, rozpoczęta dn. 15 lipca 1930 r.). W ciągu nocy po podziale przyrost plastydu wynosi 40%(!), następnie na doby kolejno: 25%, 12%, 8%, 1%, 4%, 4%, — poczem komórka podzieliła się.

4. (Obserwacja, rozpoczęta dn. 13 lipca 1930 r.). Przyrost względny chromatoforu wynosi kolejno: 14% w ciągu 12 godzin dnia, 16% w ciągu nocy, 20% na dobę, 25% na dobę, 15% w ciągu 12 godzin dnia przed podziałem, — a w komórkach potomnych po podziale: w jednej 30%(!) w trakcie nocy, następnie 10% na dobę i t. d.; w drugiej w nocy po podziale 40%(!), podczas następnej doby — 10% i t. d.

Żadnych istotnych różnic pomiędzy szybkością wzrostu chloroplastu w dzień i w nocy poza wypadkami podziału komórki, obserwacje moje nie wykazały.

W dalszym ciągu chodziło mi o zbadanie słuszności zdania Kolkwitza (1899) o większej intensywności interkalarnego wzrostu chromatoforu w jego częściach końcowych, aniżeli w środkowych (pag. 282). W tym celu obliczałem w okresie kilkudniowym przyrost względny odcinka plastydu, zawartego między pewnym określonym pirenoidem, np. drugim, czy trzecim z rzędu, a końcem chromatoforu, i porównywałem ten przyrost z przyrostem długości całego plastydu oraz z przyrostem pewnego wybranego odcinka środkowego. W wyniku otrzymywałem dość często pewną przewagę odcinka końcowego; ponieważ jednak różnice te występowały niezawsze i nie były dostatecznie wyraźne, a z drugiej strony ponieważ w obliczeniu przyrostu względnego niewielkiego odcinka plastydu mogą zajść dość znaczne błędy, przeto na podstawie posiadanych liczb trudno było wnosić o większem natężeniu wzrostu plastydu w jego częściach końcowych. Dodam wreszcie, że wogóle w interkalarnym wzroście chloroplastu u skrętnicy za-

chodzą pewne nieregularności: poszczególne jego części rosną nierównomiernie, a nieraz wzrost zlokalizowany jest tylko z jednej strony.

III. TWORZENIE SIĘ PIRENOIDÓW.

Zagadnienie tworzenia się pirenoidów u skrętnicy było, jak to zaznaczyłem wyżej, bardzo różnie rozwiązywane przez różnych badaczów, przyjmujących bądź tworzenie się, bądź podział, bądź jedno i drugie. Moje obserwacje wykazały, że w warunkach, w jakich prowadziłem kultury glonów, pirenoidy u skrętnicy mnożą się drogą tworzenia się. Zgodnie z opinją Czurdy (1928) w miarę interkalarnego wzrostu plastydu pirenoidy odsuwają się od siebie, a między niemi zakładają się nowe.

a) Spostrzeżenia, dotyczące pory tworzenia się i liczby wytworzonych pirenoidów.

Zagadnienie pory tworzenia się nowych pirenoidów było pierwszem zagadnieniem, które starałem się w mej pracy rozstrzygnąć. Już przy dwukrotnej w ciągu doby kontroli nici, a mianowicie rano około godziny 10-ej i wieczorem około 8-ej, daje się z łatwością zauważyć, że znacznie więcej młodych pirenoidów występuje rano, aniżeli wieczorem. Według obliczeń dokonanych na 352 pirenoidach, 84% zostały skonstatowane rano, a tylko 16% wieczorem. Jeżeli uwzględnimy przytem, że często pirenoidy, powstałe rano, mogą być niezauważone wskutek ich niewielkich rozmiarów i położenia na „zakręcie“ wstęgi, lub na jej spodniej stronie, to okaże się, że odsetek pirenoidów, rzeczywiście powstałych w dzień, jest znacznie mniejszy. Tylko w kilku wypadkach udało mi się niewątpliwie stwierdzić wytworzenie się pirenoidu między 11-ą a 15-ą, a nawet między 15-ą a 20-ą.

Rozumie się, że stwierdzenie obecności młodych pirenoidów w godzinach rannych nie dowodzi jeszcze, że owe pirenoidy tego samego dnia zostały wytworzone, pozostaje bowiem możliwość powstania ich w nocy. Ażeby tę możliwość wykluczyć kontrolowałem badaną komórkę bardzo wcześnie (pomiędzy 6-ą a 7-ą rano) i przekonałem się, że młodych pirenoidów nie było; zjawiały się one dopiero później. Ponieważ ani w jednej z moich obserwacyj nie stwierdziłem wytworzenia się pirenoidu w nocy, sądzę, że jestem w prawie przypuszczać, iż wymienione wyżej conajmniej 84% ogólnej liczby pirenoidów powstały w godzinach rannych. (pomiędzy godz. 7-ą a 12-ą).

O porze tworzenia się pirenoidów daje pojęcie tabela I-a, zestawiająca wyniki niektórych obserwacyj.

TABELA I.

Rubryka I-a oznacza godzinę pierwszej kontroli, przy której nie stwierdziłem w komórce młodych pirenoidów; II-a — oznacza godzinę, o której młode pirenoidy już były, III-a — ilość zaobserwowanych pirenoidów. Liczby pirenoidów, powstałych w godzinach dziennych, są drukowane kursywą.

I	II	III
Godz. I ej kontr.	Godz. II-ej kontr.	Liczba pirenoidów
5.30	11	3
5.30	10	1
7	9 35	10
11	15	3
12	21	3
0	10	5
7.30	9	12
8	11.30	5
9	11.30	5
8.30	9.30	4
11	21	1
12	15	1
7.40	9	3
7.30	9	2
8	10	2
8	11	6

Tabela I-a daje także pojęcie o liczbie tworzących się pirenoidów. Liczba ta w niektórych wypadkach, dorównywa niemal liczbie poprzednio istniejących (w komórce liczącej poprzednio 15 pirenoidów powstało 12 nowych!). Takie jednakże bardzo liczne tworzenie się pirenoidów występuje rzadko. Naogół w komórce dobrze wegetującej liczba nowowytworzonych pirenoidów w ciągu jednego rana (pomiędzy godziną 7-ą a 12-ą) stanowi od ¼ do ½ liczby poprzednio istniejących.

W komórkach, znajdujących się w gorszym stanie i ujawniających słabszy wzrost, powstaje tylko jeden lub dwa pirenoidy, a nieraz wcale się one nie tworzą.

Uzyskane wyniki potwierdzają wnioski Czurdy (1928 pag. 167) o tem, że pirenoidy tworzą się przeważnie w godzinach przedpołudniowych. Autor ten jednak dalej pisze, że o dowolnej

porze dnia może znaleźć wszystkie przejścia od najmniejszych pirenoidów, zaledwie widocznych, do zupełnie dorosłych. Ta ostatnia opinja autora pozostaje w sprzeczności ze zdaniem wyżej przytoczonem; moje spostrzeżenia również jej nie potwierdzają.

Obserwując proces tworzenia się pirenoidów u skrętnicy, zastanawiałem się nad związkiem tego procesu ze zjawiskami wzrostu plastydu; badałem mianowicie, jak zachowuje się w wypadkach różnej szybkości wzrostu nici, stosunek liczby pirenoidów do długości chromatoforu. Już z poprzednio podanych faktów, dotyczących pory tworzenia się pirenoidów, wynika, że stosunek ten w ciągu doby nie może być stały, chloroplast bowiem rośnie ciągle, a pirenoidy tworzą się tylko w godzinach rannych. Abstrahując wszakże od zmian stosunku, spowodowanych porą obserwacji, i operując całemi dobami, nie możemy również stwierdzić, ażeby zawsze zwiększaniu się długości chromatoforu towarzyszyło odpowiednie zwiększenie się liczby pirenoidów. Przeciwnie, niejednokrotnie obserwowałem silny wzrost plastydu, któremu odpowiadało tylko nieznaczne pomnożenie się liczby pirenoidów, lub też wcale one się nie tworzyły; w innych wypadkach zachodziło liczne tworzenie się pirenoidów na terenie plastydu, rosnącego stosunkowo słabo.

Stosunki powyższe ilustruje tabela II.

TABELA II.

Rubryka I-a oznacza datę obserwacji, II-a — godzinę, III-a — długość plastydu (liczbę obiegów), IV-a — przyrost względny długości plastydu w stosunku do stanu z poprzedniej obserwacji, V-a — liczbę pirenoidów, wytworzonych przez ten okres czasu.

I	II	III	IV	V
Data	Godzina	Liczba obieg.	Przyrost wzgl.	Liczba pir.
12/7.1930	11	2,9		
13/7 „	12	3,6	24 %	3
14/7 „	11	4,3	20 %	3
15/7 „	12	4,7	6 %	7
15/7.30	21	2,25		
16/7 „	11	3,75	12 %	4
17/7 „	13	4,15	67 %	2
18/7 „	12	4,8	17 %	3
19/7 „	10	4,85	1 %	2

Rzecz jednak bardzo charakterystyczna, że wahania w stosunku liczby pirenoidów do długości plastydu z biegiem czasu wzajemnie kompensują się, to znaczy, że o ile np. zachodzi intensywny wzrost plastydu w pewnym okresie czasu, któremu nie towarzyszy

odpowiednie zwiększenie się liczby pirenoidów, to w dalszem życiu tej komórki tworzą się młode pirenoidy w większej ilości, aniżeli ta, której należałoby się spodziewać ze względu na wzrost chromatoforu; i naodwrót, pirenoidów często wytwarza się więcej, niżby to odpowiadało wzrostowi plastydu, ale następnie, wskutek wzrostu chromatoforu i niewielkiego mnożenia się pirenoidów, proporcja zostaje zachowana. Dzięki temu, jeżeli obserwować przez dłuższy czas pewną komórkę i dalsze generacje jej pochodnych, to można stwierdzić, że pomimo wahań gęstość rozłożenia pirenoidów na chloroplaście po dłuższym czasie nie ulega znaczniejszym zmianom (Tabela III). W pierwszych dniach kultury wzrost jest silny i wahania w stosunku liczby pirenoidów do długości plastydu są bardzo wielkie, szczególnie w okresie podziałów komórkowych, później jednakże, kiedy wzrost słabnie, wahania stają się mniejsze i po dłuższym czasie stosunek zbliża się do pierwotnej wartości.

TABELA III

Tabela przedstawia stosunek liczby pirenoidów do liczby obiegów chloroplastu (a więc liczbę pirenoidów, przypadającą średnio na jeden obieg) w 3 szeregach komórek; w każdym szeregu umieszczone są komórki kolejno pochodzące od siebie. I-a rubryka oznacza numer komórki, II-a — datę, III-a — godzinę, IV-a — ilość obiegów chloroplastu, V-a — liczbę pirenoidów, VI-a — badany stosunek.

Szereg I					
I	II	III	IV	V	VI
Nr. Kom.	Data	Godzina	Licz. obieg.	Liczba pirenoidów	Stosunek
2	9/7	21	3.2	14	4.36
3	12/7	11	2.8	7	2.5
3	15/7	10	4.85	28	5.76
3A	15/7	20	2.75	13	4.72
3A	18/7	8	5.0	22	4.4
3A1	19/7	11	2.45	12	4,92
3A1	24/7	20	4.0	20	5

Szereg II					
I	II	III	IV	V	VI
Nr. Kom.	Data	Godzina	Licz. obieg.	Liczba pirenoidów	Stosunek
4	9/7	21	2 85	13	4.56
4	12/7	11	4.4	17	3.88
8	13/7	11	2.85	11	3.86
8	15/7	12	4.1	21	5 08
8A	16/7	11^{30}	3.25	15	4.6
8A	19/7	9	4.3	20	4 64
8AII	19/7	20	2	9	4.5
8AII	24/7	9	3.35	16	4.78

Szereg III					
I	II	III	IV	V	VI
Nr. Kom.	Data	Godzina	Licz. obieg	Liczba pirenoidów	Stosunek
6	8/7	21	2.6	13	5
6	11/7	16	5 35	17	3 18
11	12/7	11	2.95	10	3 52
11	15/7	12	4.85	22	4.36
11A	15/7	21	2.25	9	4
11A	19/7	20	4.85	23	4.8

Jeżeli przejdziemy teraz z kolei do obserwacyj nad nićmi o słabszym wzroście, ale jeszcze ujawniającemi podziały komórkowe, to i tu będziemy mogli się przekonać, że biorąc rzecz globalnie, wzrostowi plastydu odpowiada tworzenie się pirenoidów w takiej liczbie, że stosunek nie ulega znaczniejszym zmianom.

W obserwacji np. rozpoczętej dn. 8 czerwca 1931 r., komórka posiadała o godz. 8-ej rano 4 obiegi plastydu i 17 pirenoidów, co daje stosunek 4,24; dn. 9 czerwca wieczorem stosunek wynosił 4,66 (24 pirenoidy do 15,1 obiegów). Tego wieczoru komórka podzieliła się i jedna z potomnych miała nazajutrz rano 3,1 obiegów plastydu i 17 pirenoidów, stosunek był duży i wynosił 5,48, w dalszym ciągu jednak nastąpiła kompensacja i 12 czerwca wieczorem stosunek liczby pirenoidów — 18 do liczby obiegów plastydu — 4,25 był 4,22.

W wypadkach jeszcze słabszego wzrostu, gdy nić nie ujawniała podziałów w kropli wiszącej, można było czasami przekonać się, że plastyd ujawnia wzrost, a nowe pirenoidy nie tworzą się. Jednakże w takich wypadkach wzrost był bardzo słaby i krótkotrwały i przyrost względny nie przekraczał nigdy 10—15%. O ile zachodził wzrost silniejszy, to zawsze wcześniej czy później występował proces tworzenia się pirenoidów tak, że zmniejszenie badanego stosunku było nieznaczne. W obserwacji, rozpoczętej w dn. 28 maja 1931 r., komórka miała o godz. 9-ej 4,25 obiegów plastydu i 24 pirenoidów, po upływie 9 dni — 7 obiegów (wzrost bardzo słaby!) i 24 pirenoidów. Stosunek zmniejszył się tylko z 5.68 na 5,42.

Wnioski moje o związku procesu tworzenia się pirenoidów ze wzrostem plastydu odbiegają nieco od zapatrywań Czurdy (1928,29). Autor rzeczony wyróżnił dwie fazy rozwoju materjału: progresywną, w której zachodzą podziały komórek, wzrost chromatoforu i tworzenie się pirenoidów, oraz regresywną, w której

plastyd wprawdzie rośnie, ale ani podziały komórek nie zachodzą, ani pirenoidy nie tworzą się. Moje obserwacje natomiast pozwoliły mi na stwierdzenie we wszystkich wypadkach zależności tworzenia się pirenoidów od wzrostu plastydu, a raczej pewnej równowagi pomiędzy temi procesami: przy intensywnym wzroście nici i występowaniu podziałów komórkowych, plastyd rośnie silnie i tworzy dużo pirenoidów; o ile nić, znajdująca się w kropli wiszącej, rośnie gorzej i komórki jej nie dzielą się, wzrost chromatoforu jest słabszy i pirenoidów tworzy się mało; w pewnych wypadkach nowe pirenoidy wcale nie zawiązują się, ale wtedy i wzrost chromatoforu jest bardzo nieznaczny [1]).

Stwierdzone przeze mnie zwiększenie się wzrostu plastydu w nocy po podziale tłumaczy już dostatecznie związek podziału komórkowego z procesem tworzenia się pirenoidów: albo przed podziałem w komórce macierzystej, albo po podziale w komórkach potomnych musi zajść tworzenie się pirenoidów w większej liczbie. W obserwacji z dn. 15 lipca 1930 r. tego samego rana nastąpiło we wszystkich obserwowanych komórkach nici masowe tworzenie pirenoidów, wieczorem zaś wszystkie te komórki uległy podziałowi, a przez noc znacznie urosły. Taka kolejność tych procesów nie jest bynajmniej regułą, gdyż częściej tworzenie pirenoidów w zwiększonej liczbie zachodzi nazajutrz po podziale; w niektórych wypadkach równowaga zostaje przywrócona dopiero po kilku dniach. Co do rozmieszczenia procesu tworzenia się pirenoidów na terenie plastydu, to nic ogólnego o niem powiedzieć nie można, młode pirenoidy zakładają się zarówno pomiędzy dawniej istniejącemi, jak też i na końcach plastydu, pojedyńczo lub rzadziej po dwa w niewielkiej odległości od siebie. Prawdopodobnie, pirenoidy wytwarzają się przedewszystkiem w tych miejscach chromatoforu, które bądź wskutek silniejszego, niż inne, wzrostu, bądź wskutek większego oddalenia pirenoidów od siebie, na większej przestrzeni są tych utworów pozbawione. Potwierdzenia jednak tego przypuszczenia mogłyby tylko dostarczyć szczegółowe obliczenia dłu-

---

[1]) Zaznaczyć winienem, że mówiąc o związku tworzenia się pirenoidów ze wzrostem chloroplastu, miałem na myśli zbieżność tych procesów, dającą się stwierdzić morfologicznie, abstrahowałem natomiast od charakteru ich fizjologicznej zależności. Chcąc bowiem sprawy te ująć z punktu widzenia fizjologicznego, należałoby uwzględnić nietylko liczbę pirenoidów, ale tak, jak to czynił C h m i e l e w s k i (1904), ich masę, badać mianowicie stosunek sumy mas pirenoidów do mas pozostałych składników komórki.

gości poszczególnych części plastydu, czego w badaniach moich nie czyniłem.

b) Spostrzeżenia, dotyczące struktury młodych pirenoidów i ich wzrostu.

Najmniejsze obserwowane przeze mnie pirenoidy miały nieco powyżej 1 μ w średnicy, zresztą kształty ich były nieregularne, a poszczególne wymiary od siebie różne. Utwory te były naogół trudno dostrzegalne i wyróżnialne i tylko dalsza kilkugodzinna ich obserwacja pozwala uzyskać pewność, że są one rzeczywiście pirenoidami.

Najmłodsze pirenoidy posiadały już skrobię i odróżniały się od dorosłych następującemi cechami (ryc. 1, 2, 3, 4, 5):

1. Kształt ich był łącznie z powłoką skrobiową bardzo nieregularny, odbiegający znacznie od kulistego.
2. Powłoka ich składała się z niewielkiej liczby wyraźnie rozgraniczonych ziaren.
3. Ziarna powłoki były w stosunku do wielkości całego utworu względnie duże.

Szczególną uwagę poświęciłem ustaleniu liczby ziaren skrobi. We wczesnych stadjach granice między niemi są dobrze widoczne i liczba ich ze strony, zwróconej do oka obserwatora, wynosi 3—5. Najmniejsze pirenoidy posiadają zazwyczaj 3 (ryc. 1, 3, 5) rzadziej 4 ziarnka, liczbę 5 spotykałem już na pirenoidach, nieco większych. Ponieważ obserwowałem młode pirenoidy zarówno na odcinkach górnych spirali, jak i na dolnych, i obrazy widziałem podobne, przeto wnosić stąd mogę, że powłoka skrobiowa młodego pirenoidu składa się z kilku ziaren zarówno od strony, zwróconej do błony, jak i od strony światła komórki. Niewielka liczba ziaren skrobi warunkuje nieprawidłowy kształt całego utworu, przypominający często w obrazie mikroskopowym trójkąt (ryc. 1, 3, 5) lub wielokąt nieprawidłowy (ryc. 2, 4) o mniej lub więcej zaokrąglonych wierzchołkach. Podane wyżej określenie kształtu młodego pirenoidu łącznie z jego powłoką nie przesądza wcale sprawy kształtu jego centralnego ciała, którego granicy we wczesnych stadjach i przy użyciu stosunkowo słabych systemów optycznych, dostrzec nie mogłem.

Młody pirenoid rośnie początkowo bardzo szybko i dochodzi po kilku godzinach do 1,5 — 2 μ średnicy. Równocześnie ziarna jego powłoki zlewają się napozór w jednolitą warstwę i kształt ca-

łego utworu staje się mniej lub więcej parawidłowy kulisty. Często już po upływie jednej godziny zamiast nieforemnego utworu można znaleźć maleńki, ale zupełny typowy pirenoid. W wypadkach, w których początkowo obserwowany pirenoid, oglądany zgóry, miał 3 ziarna skrobi (ryc. 3), miałem możność w krótkim czasie stwierdzić występowanie 4 ziarenek (ryc. 4); w dalszym ciągu ziarenka owe zlały się napozór w jednolitą powłokę i wówczas wyróżnienie ich liczby stało się niezwykle trudne. Nazajutrz rano, kiedy — zgodnie z faktem, ustalonym przez Czurdę — poszczególne ziarenka powłoki były mniejsze i wyraźniej rozgraniczone od siebie, miałem możność przekonać się, że powłoka liczyła ich znacznie więcej. W ten sposób udało się ustalić, że nowozałożony pirenoid posiada początkowo kilka ziaren skrobi, poczem w miarę wzrostu liczba ta zwiększa się. Co do szybkości wzrostu całego utworu, to bywa ona różna. Liczby niżej podane mają wartość względną z powodu różnej wielkości pirenoidów dorosłych na danym materjale. W komórkach, w których pirenoidy dorosłe miały 4—5 μ w średnicy, młody po upływie pół doby wzrostu miał powyżej 2μ, po upływie 1½ doby dochodził do 3μ, po 3—4 dobach już przekraczał 4 μ i zbliżał się wielkością do dorosłych pirenoidów.

Uzyskane przeze mnie wyniki są pod pewnemi względami odmienne od podawanych w literaturze.

Schmitz wzmiankuje na str. 77 w swojej pracy z r. 1882 o występowaniu u skrętnicy bardzo małych nagich pirenoidów, podczas gdy obserwowane przeze mnie najmłodsze pirenoidy już posiadały powłokę. Młody pirenoid, pozbawiony skrobi, musiałby mieć średnicę nie przekraczającą 0,5 μ, być może więc, że prowadząc obserwacje przy pomocy słabych systemów optycznych, nie zdołałem tych tak drobnych utworów wyróżnić.

Czurda (1928) opisuje najmłodszy, zaledwie widoczny pirenoid, jako „utwór drobny, otoczony pierścieniem innych punktów“ (pag. 167), jednakże dalej (pag. 176) czyni wzmiankę, że skrobia tworzy się dokoła, „na krótko przedtem powstałego pirenoidu“ („an erst kurz vorher entstandenen Pyrenoiden“), z czego wynika, że autor przynajmniej przypuszcza istnienie wczesnych stadjów pirenoidów, kiedy nie posiadają one jeszcze powłoki. Cytowany wyżej opis młodego pirenoidu, podany przez Czurdę (1928), odbiega nieco od obrazów, obserwowanych przeze mnie jednakże rysunki autora (pag. 144) potwierdzają opinję, wyrażoną w niniejszej pracy. Na rys. 5f, g, pirenoidy mają stosunkowo

grubą powłokę, na rys. 5f. — niewielką liczbę ziaren skrobi. Spostrzeżenia autora o wzroście pirenoidów, który jest początkowo szybki, a potem wolniejszy, zostały potwierdzone przez podane wyżej obserwacje, jednakże zachodzi różnica w pojmowaniu wzrostu powłoki. Czurda przypuszcza mianowicie (pag. 177), że powłoka młodego pirenoidu liczy tyleż ziaren, co i dorosłego, i że w trakcie wzrostu nowe ziarna nie zakładają się; moje obserwacje tymczasem, oparte na badaniu wcześniejszych stadjów, pozwoliły na stwierdzenie wzrostu powłoki przez zakładanie się ziaren nowych. Zresztą, mówiąc o dalszym rozwoju pirenoidu w trakcie i po podziale jego, Czurda zmuszony jest również przyjąć (pag. 180) wzrost powłoki przez „Anlage neuer Stärkekörner".

Co do teorji Boubiera (1899) o wyłanianiu się pirenoidów na terenie żeberka plastydu, nazwanego przez niego pirenodesmą, to do krytyki tych zapatrywań, podanej przez Chmielewskiego (1901), mogę dodać tyle, że u gatunków czy ras, posiadających żeberko, widziałem wyłanianie się nowych pirenoidów w końcowej części plastydu, gdzie tego żeberka zupełnie nie było.

c) *Badanie materjału utrwalonego.*

Dla potwierdzenia wyników, uzyskanych na drodze badań za życia, a dotyczących pory tworzenia się pirenoidów i struktury nowo wytworzonych, użyłem materjału, utrwalonego przy pomocy 0,5% kwasu osmowego. Glony bezpośrednio ze stanowiska naturalnego zostały utrwalone o różnych porach tego samego dnia (6 lipca 1931 r.). Po wybarwieniu hematoksyliną żelazową uzyskałem intensywne zabarwienie pirenoidów. Powłoka skrobiowa ich — zgodnie ze spostrzeżeniami Czurdy (1928) — była silnie napęczniała, przytem pomiędzy tą powłoką, a silnie wybarwionem ciałkiem centralnem widoczna była jasna strefa, powstała wskutek skurczenia się tego ostatniego.

W materjale, utrwalonym w godzinach rannych a więc 7, 8, 8.45, 9.45, chloroplasty zawierały niezbyt liczne młode pirenoidy. Pirenoidy te posiadały bardzo niewielkie ciałka centralne, wybarwione na czarno przez hematoksylinę, i powłokę skrobiową w postaci szerokiego pierścienia. Średnica ich łącznie z powłoką dochodziła do 3 μ, zaś średnica ciałka centralnego do 1 μ. O występowaniu lub niewystępowaniu zupełnie młodych pirenoidów,

pozbawionych jesze powłoki, nic powiedzieć nie mogę; widziałem wprawdzie na plastydzie dosyć liczne nawet, wybarwione na czarno, ziarnistości, ale nie mogłem zdecydować, czy stanowią one młode pirenoidy, czy też jakieś inne utwory występujące w chromatoforze, lub w otaczającej go warstwie cytoplazmy.

Materjał, utrwalony o godz. 12-ej, zawierał liczne młode pirenoidy. Odróżniały się one od starszych nietyle wielkością całego utworu łącznie ze skrobią, co przedewszystkiem stosunkiem tej wielkości do rozmiarów ciałka centralnego. Pirenoidy dorosłe miały łącznie ze skrobią — 6 μ średnicy, a samo ciałko centralne 2,5 — 3 μ, młode z powłoką 3,3 — 4 μ, ich zaś ciałka centralne 0,7 — 1,2 μ wyjątkowo 1,5 μ. Jakkolwiek przy utrwalaniu glonu kwasem osmowym zachodzi, jak już wspomniałem, deformacja pirenoidu, polegająca na kurczeniu się ciałka centralnego a pęcznieniu skrobi, jednak zwraca uwagę — i to już przy powierzchownej obserwacji bez pomiarów, że powłoka skrobiowa na młodym pirenoidzie jest stosunkowo gruba.

W porcjach glonu, utrwalonych w godzinach 13—14-ej, znajdowałem młode pirenoidy o średnicy całego utworu 3—5 μ z powłoką, a ciałka centralnego od 1—1,3 μ. W materjale wieczornym, utrwalonym w godzinach 17—20-ej, najmniejsze pirenoidy wahały się od 4,4—5 μ z powłoką, ich zaś ciałka centralne od 1 — 1,6 μ; wyjątkowo znalazłem pirenoidy o średnicy ciałka centralnego 1 μ a nawet 0,8 μ.

Przytaczając powyższe dane, uzyskane na drodze badań materjału utrwalonego, muszę się zastrzec, że w pomiarach tego rodzaju zachodzić mogą nieścisłości wskutek nieprawidłowego kształtu utrwalonych pirenoidów, oraz niewyraźnego ograniczenia od zewnątrz powłoki skrobiowej (por. Czurda 1928). Ponadto, mimo to, że materjał czerpany był stale z tego samego miejsca rowu, przy badaniu okazało się, że pomiędzy poszczególnemi nićmi zachodziły znaczne różnice w liczbie młodych pirenoidów i w liczbie ziarn skrobi. Podane przeto wyżej wyniki, mogą służyć tylko jako względne potwierdzenie wniosków z moich obserwacyj za życia.

Co do wniosków Peterschilki (1922) o tworzeniu się pirenoidów u *Mougeotia* z mikrozomu (opartych na występowaniu w ciałku centralnem młodych pirenoidów po utrwaleniu ich kwasem osmowym i wybarwieniu hematoksyliną ziarna intensywniej barwiącego się) to zaznaczę, że w młodych pirenoidach u skrętnicy takich obrazów nie spotykałem. Natomiast w pirenoidach już wy-

kształconych zupełnie, utrwalonych kwasem osmowym, hematoksylina wyczerniała ziarnistości różnego kształtu, występujące w rozmaitej liczbie, robiące jednak wrażenie raczej artefaktów, wywołanych przez niejednostajne kurczenie się stromy. Przypuszczam, że obserwowane przez Peterschilkę ziarenka należały do tej samej kategorji utworów i dlatego wydaje mi się, że hipoteza tego autora o powstaniu pirenoidu z mikrozomu nie znajduje należytego uzasadnienia.

IV. ZAGADNIENIE PODZIAŁU PIRENOIDÓW.

Omawiając sprawę mnożenia się pirenoidów u skrętnicy, ograniczyłem się dotychczas do procesu ich tworzenia się, stanowiącego główny przedmiot niniejszej pracy. Obserwacje moje jednakże pozwoliły mi i na poczynienie pewnych spostrzeżeń, związanych z zagadnieniem podziału pirenoidów.

Pirenoidy dzielące się spotykałem w każdej niemal nici skrętnicy, przyczem widziałem figury, odpowiadające wszystkim stadjom podziałowym, poczynając od pirenoidu nieznacznie tylko wydłużonego w kierunku osi chromatoforu, aż do układu, złożonego z 2-ch niezależnych pirenoidów, przylegających do siebie. Obserwując jednak takie stadja podziałowe przez dłuższy czas, nie mogłem skonstatować dostrzegalnej zmiany w ich kształcie. Komórki uległy już nieraz podziałowi, lub nawet szeregowi podziałów, a pirenoid dzielący się pozostał takim, jakim go widziałem na początku. W zgórą 500 wypadkach stwierdziłem wytworzenie się pirenoidu, w ani jednym nie widziałem, aby pirenoid podzielił się!

Zachodziło wobec tego pytanie, czy pirenoidy u skrętnicy są wogóle zdolne do podziału, czy zaś figury podziałowe nie są, jak to przypuszczali Meyer(1863, 1920) i Schimper (1885), tylko skutkiem powstania obok siebie i zrośnięcia się dwóch niezależnych pirenoidów, tembardziej, że o ile wiadomo, żadnemu z badaczów nie udało się prześledzić za życia na jednym i tym samym pirenoidzie całego przebiegu omawianego procesu. Nawet Czurda (1928), podając rysunki kolejnych stadjów podziału (pag. 168), zaznacza, że pochodzą one z różnych pirenoidów.

Dlatego jednak, aby móc uznać pogląd Meyera (1883) i Schimpera (1883) za słuszny, należało stwierdzić za życia powstanie pirenoidów podwójnych i to mianowicie o wszystkich kształtach, pośrednich pomiędzy pojedyńczym pirenoidem, a parą

niezależnych utworów. Otóż poszukiwania moje w tym kierunku dały dotychczas wyniki bardzo szczupłe: mianowicie, tylko w dwóch wypadkach skonstatowałem wytworzenie się układu, złożonego z dwóch pirenoidów, przylegających do siebie (ryc. 8). Wytworzenia się figur, odpowiadających innym stadjom podziałowym, nigdy nie widziałem, przeciwnie, porównując kształty pirenoidów różnej wielkości, miałem możność zauważyć, że drobne i średniej wielkości były na przekroju optycznym okrągłe, podczas gdy największe zawsze w kierunku osi plastydu wydłużone, na przekroju eliptyczne.

Jak dotychczas więc zmuszony jestem przyjąć, że poza odosobnionemi wypadkami, w których układ 2-ch przylegających do siebie pirenoidów może się wytworzyć, wszystkie inne figury podwójne są istotnie stadjami podziału. Pozostaje jednak do wyjaśnienia ich pozorna przynajmniej niezmienność w czasie. Ażeby tę trudność usunąć, należy przypuścić, że podział pirenoidu przebiega niezmiernie powoli. Już Schmitz (1882, pag. 71) mówi o wypadkach, w których podział „amylumherd'u odbywa się tak wolno, że poszczególne stadja przejściowe wyglądają, jak trwałe". Czurda (1928), pag. 170) również zauważa, że podział pirenoidu u skrętnicy może trwać kilka dni. Ażeby być w zgodzie z faktami, obserwowanemi przeze mnie, trzeba założyć, że tempo podziału u skrętnicy jest jeszcze wolniejsze, tak że praktycznie rzecz biorąc, liczba pirenoidów u tego glonu zwiększa się prawie wyłącznie drogą tworzenia się ich w chromatoforze.

Badania moje, dotyczące genezy pirenoidów u jednego glonu, nie mogą rościć pretensji do tego, aby służyć za podstawę do definitywnego rozstrzygnięcia pytania, czem właściwie jest pirenoid. Tyle tylko mogę powiedzieć, że nie widzę dotychczas podstaw do tego, aby uważać pirenoid za samoistny organoid komórki. Mnożenie się pirenoidów u skrętnicy drogą tworzenia się w nieograniczonej ilości na terenie plastydu bez widocznego połączenia z poprzednio istniejącemi pirenoidami, wskazuje na związek genetyczny pirenoidu z chloroplastem, dowodzi, że utwór ten pochodzi ze stromy. Podział pirenoidu nie zdradza również cech procesu samodzielnego. U skrętnicy przebiega on tak bardzo powoli, że nic nie stoi na przeszkodzie temu, aby go uznać za proces bierny, będący skutkiem napięcia, wywołanego interkalarnym wzrostem chromatoforu. Istnieją wprawdzie glony (*Zygnema Hyalotheca*), u których według Schmitza (1882) i Chmielewskiego (1904) podział pirenoidu przebiega w ciągu jednej do kilku godzin,

ale u tych glonów proces ten towarzyszy podziałowi plastydu. W tym stanie rzeczy zmuszony jestem ograniczyć się do określenia pirenoidu, jako pewnego zróżnicowania stromy chloroplastu

Na zakończenie pragnę zwrócić uwagę na zjawisko masowego występowania stadjów podziałowych pirenoidów. Zjawisko takie po raz pierwszy zaobserwował Chmielewski (1897) i powiązał je z porą dnia, uważając, że zachodzi zawsze w godzinach przedwieczornych. Czurda (1928) tłumaczył to zjawisko przejściem materjału z fazy regresywnej w fazę progresywną rozwoju. Wyjaśnienia obu autorów nie wydają mi się słuszne. Przypuszczenie Chmielewskiego pozostaje w sprzeczności z nader powolnym przebiegiem podziału pirenoidu, co zaś do opinji Czurdy (1928), to jak już wyżej mówiłem, nie stwierdziłem takich faz rozwoju, w którychby plastydy ujawniały wzrost, a nowe pirenoidy zupełnie nie tworzyły się. Zresztą, gdyby było tak, jak przypuszcza Czurda, to należałoby się spodziewać, że w niciach, ujawniających liczne pirenoidy dzielące się, utwory te będą bardziej oddalone od siebie, niż normalnie, tymczasem moje obserwacje pozwoliły zauważyć coś wręcz przeciwnego. Figury podziałowe ułożone były zazwyczaj bardzo gęsto i już powierzchowna obserwacja pozwalała stwierdzić, że suma mas pirenoidów w stosunku do mas innych składników komórki była większa, niż normalna. To ostatnie spostrzeżenie zawiera już według mnie wskazówkę do wyjaśnienia zjawiska, zaobserwowanego przez Chmielewskiego; nasuwa ono mianowicie myśl, że masowe występowanie podziałów jest zjawiskiem patologicznem, wywołanem zaburzeniem równowagi fizjologicznej komórki.

Za tem, że jest to objaw patologiczny przemawia również nieprawidłowy charakter figur podziałowych. Niektóre z nich odznaczają się nieregularnemi kształtami (ryc. 8, 9), inne stanowią nienormalności jeszcze znaczniejsze, składają się bowiem nie z dwóch, ale z większej liczby części (ryc. 7, 10, 11). Co do tych ostatnich figur, to przypuszczam, że w odniesieniu do nich słuszne jest zdanie Schmitza (1882), wyrażone w związku z podobnemi nienormalnościami, spotykanemi czasem u *Zygnema*. Autor przypuszcza mianowicie, że w wypadkach bardzo powolnego przebiegu podziału może się zdarzyć, że pirenoid macierzysty nie zdąży się jeszcze podzielić, gdy potomne, (oba lub tylko jeden) same zaczną ulegać podziałowi; w ten sposób powstać mogą układy trzykrotne lub czterokrotne. Przy założeniu że pogląd Schmitza (1882) jest słuszny, obserwowane przeze mnie

nienormalności byłyby jeszcze jednym dowodem na to, że pirenoid u skrętnicy dzieli się bardzo wolno.

Pracę niniejszą wykonałem w Zakładzie Botaniki Ogólnej Uniwersytetu Warszawskiego. Poczytuję sobie za miły obowiązek złożyć na tem miejscu serdeczne podziękowanie p. prof. Z. Wóycickiemu za światłe kierownictwo oraz za niezliczony szereg nader cennych wskazówek. Miło mi również podziękować pp. doc. dr. Fr. Skupieńskiemu oraz dr. Wł. Beckerowi za życzliwe rady i interesowanie się biegiem pracy.

STRESZCZENIE WYNIKÓW.

1. Zgodnie z wynikami badań Kolkwitza (1899) i Czurdy (1928, 1929) chloroplast u skrętnicy rośnie interkalarnie.

2. Szybkość wzrostu plastydu danej komórki w nocy po wytworzeniu się jej drogą podziału jest znacznie większa, niż w pozostałych okresach życia komórki.

3. W moich obserwacjach jedynym stwierdzonym bezpośrednio sposobem mnożenia się pirenoidów u skrętnicy było ich tworzenie się.

4. Tworzenie się pirenoidów zachodzi, zgodnie z obserwacjami Czurdy (1928), z reguły w godzinach rannych.

5. Pomiędzy tworzeniem się pirenoidów a wzrostem plastydu zostaje zachowana pewna równowaga, polegająca na tem, że stosunek liczby pirenoidów do długości chloroplastu zostaje zachowany.

6. Najmłodsze obserwowane przeze mnie pirenoidy posiadały już powłokę skrobiową. Powłoka ta składała się z niewielkiej liczby ziaren, dosyć dużych w stosunku do wielkości całego utworu.

7. Wzrost młodego pirenoidu jest zgodnie ze spostrzeżeniami Czurdy (1928) początkowo szybki, a potem coraz wolniejszy; wbrew jednak przypuszczeniu tego autora, w miarę wzrostu liczba ziaren powłoki zwiększa się.

8. Dłuższe obserwacje pirenoidów dzielących się nie pozwoliły nigdy stwierdzić ich podzielenia się, przypuszczam, że przyczyną tego jest bardzo wolny przebieg procesu podziałowego. W dwóch wypadkach skonstantowałem wytworzenie się figury, złożonej z dwóch pirenoidów, przylegających do siebie.

9. O ogólnym charakterze pirenoidu nie mogę powiedzieć nic ponadto, że pirenoid stanowi pewne zróżnicowanie stromy chloroplastu.

OBJAŚNIENIE TABLICY.

1. Komórka skrętnicy z widocznemi młodemi pirenoidami. Fotografja wykonana około godziny 12-ej w dzień. Pirenoid, położony w końcowej części chloroplastu, fotografowany niemal bezpośrednio po zjawieniu się. Powiększenie: około 700x.

2. Komórka, zawierająca młody pirenoid, fotografowany w 2-3 godziny po zjawieniu się. Powiększenie: około 600x.

3, 4, 5. Rysunki młodych pirenoidów z widocznemi ziarnami skrobi. Rysunki 3 i 4 przedstawiają ten sam pirenoid, przyczem rysunek 4, wykonany o 3 godziny później. Powiększenie: około 1000x.

6. Nowopowstała figura, złożona z dwóch pirenoidów, zrośniętych ze sobą. Rysowane przy pomocy aparatu rysunkowego. Powiększenie: około 1000x.

7, 8, 9, 10, 11. Nieprawidłowe figury pirenoidowe z kilku sąsiednich komórek skrętnicy. Rysowane przy pomocy aparatu rysunkowego. Powiększenie: około 1000x.

WYKAZ CYTOWANEJ LITERATURY.

Boubier, A. M. 1899. Contributions à l'étude du pyrenoïde. Bull. Herb. Boiss., vol. **7**, N. p. 451, N. 7, p. 554.

Boubier, A. M. 1899. Recherches sur les pyrenoïdes. Arch. Sc. Phys. Nat. Genève, Sér. 4, vol. 8, p. 194.

Chmielewski W. F. 1897. Ueber Bau und Vermehrung der Pyrenoide bei einigen Algen. Bot. Zentrbl., **69**, p. 277.

Chmielewski W. F. 1904. Materiaux pour servir à la morphologie et physiologie des algues vertes, Warszawa.

Cholnoky, B. 1931. Zur Kenntniss der Physiologie einiger Fadenbildender Conjugaten. Arch. f. Protist., **75**, p. 1.

Czurda, V. 1928. Morphologie und Physiologie des Algenstärkekornes. Beih. z. Bot. Zentrbl., **45**, p. 97.

Czurda, V. 1929. Über Pyrenoidveränderungen bei der Stärkebildung in Spirogyrazellen. Ber. Deustch. Bot. Ges., **47**, p. 181.

Geitler, L. 1926. Zur Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Pyrenoide. Arch. f. Protist., **56**, p. 129.

Kasanowsky. 1913. Die Chlorophyllbänder und Verzweigung derselben bei Spirogyra. Ber. Deutsch. Bot. Ges., **31**.

Kolkwitz, R. 1899. Wachstumsgeschichte der Chlorophyllbänder von Spirogyra, Bot. Unters. S. Schwendener, p. 271.

Küster, E. 1925. Pathologische Pflanzenanatomie — III Aufl. 558 p.

Küster, E. 1927. Beiträge zur Physiologie und Pathologie der Chloroplasten. Protoplasma, **2**, p. 65.

Lindau, G. 1914. Die Algen. Jena.

Meyer, A. 1883. Ueber Kristalloide der Trophoplasten und ueber die Chromoplasten der Angiospermen. Bot. Ztg., **41**, p. 494.

Meyer, A. 1920. Morphologische und Physiologische Analyse der Zeile Jena, 629 p.

Pascher, A. 1907, Über auffalende Rhizoid — und Zweigbildung bei einer Mougeotia Art. Flora **97.**

Peterschilka, Fr. 1922. Kernteilung und Pirenoidvermehrung bei Mougeotia, Arch. f. Protist., **45,** p. 153.

Pringsheim, N. 1879. Ueber Lichtwirkung und Chlorophyllfunktion in der Pflanze. Jahrb. wiss. Bot., **12,** p. 288.

Scherrer, A. 1914. Untersuchungen über Bau und Vermehrung der Chromatophoren und das Vorkommen von Chondriosomen bei Anthoceros. Flora, **107,** p. 1.

Schimper, A. F. 1885. Untersuchungen ueber die Chlorophyllkörper und die ihnen homologen Gebilde. Jahrb. wiss. Bot., **16,** p. 1.

Schmitz, F. 1882. Chromatophoren der Algen. 180 p.
Beiträge zur Kenntniss der Chromatophoren. Jahrb. wiss. Bot., **15,** p. 1.

Strassburger, E. 1880. Zellbildung und Zelltheilung Jena, 392 p.

Wóycicki, Z. 1907. Über pathologische Wachstumerscheinungen bei Spirogyra — und Mougeotia-Arten in Laboratoriumskultur. Ber. Deutsch. Bot. Ges., **25,** p. 527.

RÉSUMÉ.

Mes recherches consistaient en observations vitales des filaments de *Spirogyra,* cultivés dans une goutte pendante. Dans ces conditions les filaments marquaient, durant un certain temps, une croissance plus ou moins accentuée; dans quelques cas particuliers j'ai réussi à obtenir une croissance intense et des divisions cellulaires plusieurs fois répétées.

Les cellules des filaments cultivés un certain temps dans une goutte pendante, dévoilaient des caractères pathologiques: leurs plastes, pâles et plats, offraient une disposition irrégulière, la quantité de l'amidon des pyrenoïdes et de celui du stroma augmentait excessivement.

Les observations étaient accomplies toujours sur la même cellule ou sur ses dérivées, j'ai réussi à suivre au microscope, durant une assez longue période les pyrenoïdes préexistants aussi bien que la formation et la croissance des pyrenoïdes nouvellement produits.

Quand à la croissance du chromatophore j'ai constaté que conformement à l'avis de Kolkwitz (1899) et de Czurda (1928, 1929) le ruban de *Spirogyra* croît par le procédé d'intercalation. L'intensité de la croissance est variable selon les conditions et dans des cas, où elle est la plus forte, elle peut atteindre 5% de l'accroissement rélatif par heure. La croissance la plus intense s'effectue la nuit qui suit la division cellulaire.

Dans les filaments observés c'est la néoformation qui était l'unique manière de la multiplication des pyrenoïdes. La formation

des pyrenoïdes s'effectue, comme l'avait déjà démonstré Czurda (1928), en règle dans les heures matinales, rarement après midi. Sur les 352 pyrenoïdes étudiés 85% au moins étaient formés le matin. En examinant les algues fixées à différentes heures de la même journée j'ai pu également constater la présence de petits pyrenoïdes dans les filaments fixés le matin.

Le nombre de pyrenoïdes, formés dans une cellule durant une matinée, est bien variable; dans certains cas la formation en masse peut doubler le nombre de pyrenoïdes préexistants. Un certain équilibre est maintenu entre la croissance du plaste et la formation des pyrenoïdes: malgré les changements que peut subir dans des moments particuliers le rapport du nombre de pyrenoïdes à la longueur du chromatophore, le dit rapport au bout d'une assez longue période de temps se montre constant. Je n'ai pas pu délimiter, comme l'avait fait Czurda (1928) la phase progressive et la phase regressive du développement, je n'ai constaté que des différences dans le nombre des pyrenoïdes formés qui correspondaient en général aux différences dans l'intensité de la croissance du plaste. J'ai observé, il est vrai, l'arrêt complet de la formation des pyrenoïdes, mais seulement dans les cas, où le filament avait une croissance faible et ephémère. La division cellulaire est suivie, comme je l'avais déjà dit plus haut, d'un renforcement de la croissance des cellules-fils et de leurs chromatophores; pour que l'équilibre soit conservé il faut que division soit précédée ou suivie d'une augmentation du nombre de pyrenoïdes formés.

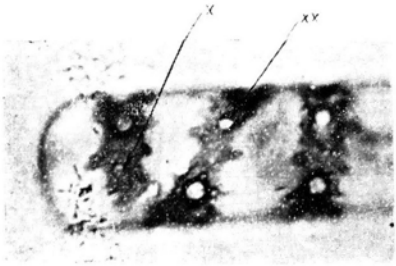
Je n'ai réussi jamais à observer de jeunes pyrenoïdes ne possédant encore d'amidon. Les plus petits que je découvrais (fig. 1, 2, 3, 5) montraient déjà quelques grains d'admidon (le plus souvent 3 d'un coté — fig. 1, 3, 5). Les premières heures après leur apparition les pyrenoïdes croissent vite, leurs grains d'amidon se multiplient (fig. 3 et 4 représentent deux stades successifs du même pyrenoïde) et grandissent de sort qu'ils forment bientôt une gaîne apparemment uniforme. Puis, la croissance continue mais de plus en plus lentement, en même temps grandit le nombre de grains, formant la gaîne. Dans quelques jours (leurs nombre varie selon les conditions) le jeune pyrenoïde atteint les dimmensions d'un pyrenodeïde moyen.

Dans les filaments étudiés je trouvais fréquemment des figures considérées généralement comme stades de division des pyrenoïdes, mais malgré que je les aie observées durant une semaine et plus et malgré que les cellules aient subi dans l'intervale des di

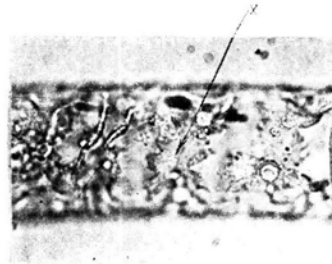
visions, je n'ai jamais pu constater de passage d'un stade à un autre plus avancé. Je suis donc obligé d'admettre que les divisions des pyrenoïdes s'effectuent très lentement. Dans deux cas particuliers il me fut possible de constater la néoformation d'une figure, composée de deux pyrenoïdes coalisés (fig. 6).

La présence des double-pyrenoïdes dans les cellules de *Spirogyra* en grand nombre, accampagnés souvent de figures pyrenoïdiennes irrégulières, composées de quelques parties (fig.7, 10, 11), est un phénomène pathologique, qui correspond a l'augmentation excessive de la quantité de la substance des pyrenoïdes dans les cellules.

Mes recherches ne me permettent pas encore de dissoudre le problème concernant le caractère général du pyrenoïde, je me borne pour le moment à dire que le pyrenoïde est une certaine différenciation du stroma du chromatophore.



1

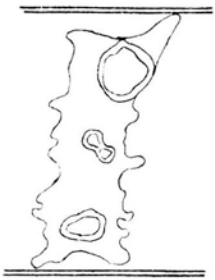


2.

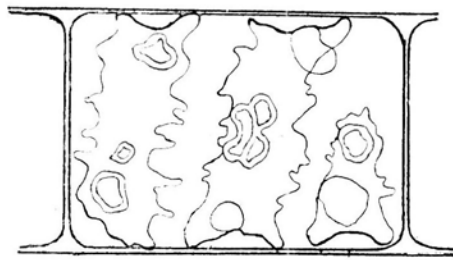
3.

4.

5.



6.



7.

8.

9.

10.

11.

A. Szejnman