

Z HISTOLOGII SOSNY

PRZEZ

Edwarda Strumpfa.

Rzecz wniesiona na posiedzeniu dnia 4. lipca 1898 r. ref. czł. J. Rostański.

(Z tablicą IV).

W jesieni roku 1897 rozpocząłem w pracowni Instytutu Botanicznego w Bonn badania histologiczne rurek sitkowych. Studyjąc preparaty, musiałem też zwracać uwagę na pewne zjawiska w tkankach sąsiednich, ściśle z rurkami sitkowymi zespolonych. Praca niniejsza składa się w ten sposób z dwóch części. Pierwsza, poświęcona wyłącznie rurkom sitkowym, zajmuje się przedewszystkiem krytycznem zestawieniem dotychczasowych zdobyczy nauki w sprawach, mających bezpośredni związek z kwestyą jąder w rurkach sitkowych i mogących przyczynić się do wyjaśnienia istoty tego narzędzia roślin.

Część druga poświęcona jest układowi zastępczyń komórek przyrurkowych.

Praca niniejsza wykonaną została w pracowni prof. E. Strasburgera, któremu pozwolę sobie złożyć tu serdeczne podziękowanie.

1. Jądra w rurkach sitkowych.

Rurki sitkowe od czasu, kiedy zostały w r. 1837 odkryte przez Hartiga, nie przestają zajmować uwagi botaników jużto ze względu na swą szczególną budowę, jużto dlatego, że są żyjącymi komórkami bez jąder. Z tego powodu od wielu lat już stawiane są na stopie jakiejś wyjątkowości, jako coś wyłamującego się z pod praw ogólnych; najrozmaitsze czyniono też już wielokrotnie przypuszczenia dla wytłomaczenia istoty tego wyjątku.

Obecnie, zestawiając szczegóły, dotyczące się budowy i czynności tego narzędnia, na podstawie prac licznych badaczy¹⁾, oraz porównując sprzeczne opinie, możemy dojść do wniosków, które pozwolą może nieco zbliżyć czas rozstrzygnięcia zagadki.

Najciekawszą właściwością rurek sitkowych jest bez zaprzeczenia brak w nich jąder, pomimo ściennej warstwy żywej protoplazmy.

Wprawdzie niektórzy badacze jak Guignard i Lecomte, obserwowali jądra w czynnych rurkach sitkowych (ostatni widział je u *Cucurbita maxima*, *Impatiens japonica*, *Vitis Labrusca* i *Macropiper excelsum*²⁾), są to w każdym razie jedynie pojedyncze przypadki, zbyt rzadkie, aby mogły wpłynąć na zachwianie wyżej przytoczonej zasady ogólnej. Należy tu też dodać, że A. Fischer w pracy swej z roku 1886 p. t. „*Neue Beiträge zur Kenntniss der Siebröhen*“ wzmiankuje o jakichś ciałach wewnątrz rurek sitkowych, uważając je za resztki jąder. Zacharias³⁾ jednak dodaje, iż są to ciała bez śladu wszelkiej struktury, a barwią się zupełnie, jak materye, składające zawartość rurek. Tego rodzaju różne ziarnka i ciała innej postaci nie są rzadkością w rurkach sitkowych, niejednokrotnie natrafiałem też na nie u sosny i jodły; ale czy można upatrywać w nich co wspólnego z jądrami, wydaje mi się rzeczą wielce wątpliwą.

Usiłowano też w inny sposób bronić się od trudności, wynikających z zapatrywania, że niema jąder w rurkach sitkowych. Biorąc na uwagę, iż wraz z rozwojem młodych rurek sitkowych daje się zauważyć stopniowe zmniejszanie się zawartości jąder, Zacharias⁴⁾ przypuszcza, że jądra w rzeczywistości wcale nie znikają, tylko ich treść jest w końcu tak uboga, że nie daje się wykryć, pomimo stosowania najbardziej subtelných środków obserwacji mikroskopowej.

Prof. Strasburger⁵⁾ zastanawia się nad tem, czy brak jąder w rurkach sitkowych nie jest czasem wynikiem wielokrotnego ich podziału, a zatem rozdrobnienia tej substancji w protoplazmie; mielibyśmy wów-

¹⁾ Znajomość anatomiczną rurek sitkowych zawdzięczamy głównie badaniom Wilhelma, E. Janczewskiego („*Rurki sitkowe*“ Część I—IV. Rozprawy Akademii Umiej. Wydz. mat.-przyr. 1880—1881), A. Fischera, E. Russowa (Sitzungsberichte der Dorpater Naturforscher-Ges. 1881—1882), Lecomte'a, E. Strasburgera (Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen).

²⁾ H. Lecomte. Contribution á l'étude du liber des Angiospermes. Annales des sciences naturelles. Série VII. Botanique. 1889. Str. 284.

³⁾ E. Zacharias. Ueber das Verhalten des Zellkernes in wachsenden Zellen. Flora 1895.

⁴⁾ *Ibid.* str. 225.

⁵⁾ Ed. Strasburger. Ueber den Bau und Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. 1891. str. 68—69.

czas zamiast jednego jądra wielką ilość drobniejszych — i w tej postaci mogłyby istotnie łatwo ująć uwagi wśród ziarnistej zawartości rurek sitkowych.

To właśnie ostatnie przypuszczenie postanowiłem sprawdzić. Specjalnych badań pod tym względem, o ile mi wiadomo, dotychczas nikt nie robił, przeto nic o tem w literaturze znaleźć nie mogłem. Tylko prof. Strasburger¹⁾ podaje krótką wzmiankę o podziale jąder w rurkach sitkowych roślin iglastych, oraz Russow²⁾ stwierdza, że można nieraz obserwować 2—3 jądra w jednej rurce.

Dzięki obfitemu zbiorowi materiału wyskokowego w tutejszym instytucie, miałem możność zbadania rurek sitkowych sosny (*Pinus silvestris*) z różnych pór roku. Gdyby poszukiwania wydały rezultaty pozytywne, istota rurek sitkowych, byłaby należycie wyjaśniona — niestety, jednak podobnego rozdrobnienia substancji jądrowej w rurkach sitkowych stwierdzić nie mogłem. Między innymi, miałem kawałki pni i gałęzi utrwalone w maju, kiedy czynność tworzenia się rurek jest w pełnym rozwoju: znajdowałem też często jądra w stanie zaniku, oraz młode rurki, już pozbawione jąder, obserwowałem nader liczne przypadki podziału jąder w sąsiednich komórkach miazgi, promieni rdzeniowych i w t. zw. „zastępczyniach“ komórek przyrurkowych, — zaś w rurkach sitkowych ani śladu tego zjawiska³⁾ nie dostrzegłem.

Zresztą należało się tu spodziewać nie tyle podziału karyokinezytycznego, ile zwykłego rozpadu jąder na drodze fragmentacji, obserwowanej niejednokrotnie w zestarzałych komórkach różnych narządów roślin. Na tę właśnie okoliczność zwracałem baczna uwagę; wprawdzie, widziałem tu i owdzie części jądra, połączone za pomocą cienkiej smugi materii, nieraz nawet jak gdyby zupełnie już rozdzielone, — lecz zjawiska te muszę przypisać nie fragmentacji, lecz innej przyczynie: były to złudzenia, wywołane okolicznościami, których wyjaśnienie muszę poprzedzić kilku jeszcze uwagami, ugruntowanymi na własnych spostrzeżeniach.

Wraz ze stopniowem przekształcaniem się komórki miazgi w rurkę sitkową, jądra podlegają następującym przemianom. Przedewszystkiem zwiększają swe rozmiary, szczególnie w kierunku szerokości, przybierając, jakby skutkiem rozpychania, postać beczkowatą (fig. 3), znacznie

¹⁾ Ibidem.

²⁾ E. Russow. Bau und Entwicklung der Siebröhren. Sitzungsber. d. Dorpater Naturf.-Ges. 1882. str. 282.

³⁾ Oprócz sosny badałem też rurki sitkowe jodły z materiału, utrwalonego w czerwcu, oraz modrzewia — z lipca. Lecz i te poszukiwania wydały rezultat podobny. Głównie zaś ograniczyłem się do sosny, aby ją za to najdokładniej zbadać.

odmienną od wysmukłych jąder miazgi (fig. 1); jednocześnie daje się w nich zauważyć stopniowe zmniejszanie chromatyny, która staje się obecnie rzadką siateczką, rażąco różniącą się od zbitej sieci chromatynowej w jądrach miazgi (fig. 1—6); to samo stosuje się do jąder, tak licznych i wyraźnych w miazdze; w rurkach sitkowych zmniejszają się i następnie znikają one zupełnie.

Z początku więc jądra mają postać ciał pęcherzowato nabrzmiących; następnie zaczynają się pokazywać na ich powierzchni niewielkie zmarszczki, wciąż zwiększające się; jądro kurczy się skutkiem tego i ściąga w różnych kierunkach, przybierając wielce nieprawidłowe kształty, jak to pokazuje fig. 6.

Jest to ostatnie ogniwo w szeregu zmian, jakie udało mi się obserwować; następnie znika szybko wszelki ślad jądra i dalszego biegu zachodzących w nim przekształceń śledzić już niepodobna; wprawdzie, zdarzało mi się nieraz spotykać w pozbawionych jąder rurkach mocno barwiące się safraniną strzępy materii, ale że nie można się było w nich dopatrzeć najmniejszych śladów struktury, przeto trudno wyrokować, czy są to istotnie zbite szczątki jąder; zdaje się jednak, iż wyglądają one nieco za wielkie na resztki zanikowych jąder, trudno je też chyba za takie uważać.

W podobny sposób opisuje Zacharias¹⁾ proces zaniku jąder w tworzących się z komórek miazgi, cewkach, oraz w innych analogicznych przypadkach. Okoliczność ta nie zdaje mi się być bez pewnego znaczenia. Wypadnie mi jeszcze do niej powrócić, tutaj chciałbym tylko zaznaczyć, iż wobec tego rurki sitkowe, co do swoich jąder, nie zajmują wyjątkowego stanowiska.

Powracając do poruszonej wyżej sprawy domniemanego podziału jąder, jeśli przyjmiemy na uwagę nieprawidłowe i pokurezone kształty, jakie przybiera jądro rurek sitkowych w ostatniej dobie swego istnienia, musimy się zgodzić, iż na odpowiednim przekroju można bardzo łatwo otrzymać obraz, łudząco przypominający dzielące się przez fragmentację jądro. Być może, iż w ten sposób należy też tłumaczyć uwagę prof. Strasburgera²⁾, iż w młodych cewkach daje się zauważyć tendencja ku fragmentacji jąder, rzadko zresztą doprowadzającej do rzeczywistego ich podziału na części.

Co się zaś tyczy podanych przez prof. Strasburgera i Russowa faktów istnienia paru lub kilku jąder w młodych rurkach sitkowych, to rzecz ta wyda nam się zupełnie naturalną wobec tego, iż Russow

¹⁾ E. Zacharias. Ueber das Verhalten des Zellkernes in wachsenden Zellen.

²⁾ Loc. cit. str. 68.

znajdował niejednokrotnie po 2—3 jądra w jednej komórce miazgi¹⁾. Gdybyśmy nawet mieli przypuszczać w pewnych razach istotny podział jąder w rurkach sitkowych, to będą to zawsze li tylko przypadki sporadyczne, których brać pod uwagę nie można; mogą one zależeć od przyczyn wypadkowych, nieraz zaś podział jąder może być nawet wywołany sztucznie, podczas wykrawania kawałka tkanki²⁾.

Z powyższego możemy więc wnioskować, iż braku jąder w rurkach sitkowych nie można w żadnym razie uważać za zanik domniemany, wynikający z rozdrobnienia ich substancji przez wielokrotny podział. Musimy się obecnie zastanowić nad tem, w jaki sposób wniosek ten godzi się z naszymi pojęciami o komórce żyjącej.

Jaką jest rola jądra w gospodarce komórki? Pierwotnie, wobec skąpych wiadomości histologicznych, nie zadawano sobie tego pytania, uważając jądro wprost za wydzielinę, czy też innego rodzaju produkt czynności protoplazmy. Dopiero stwierdzony później fakt niemożliwości wolnego powstawania jądra w komórce, oraz uderzająca jednolitość jego własności i stałość, z jaką występuje w całym świecie istot ożywionych, wysunęły na widownię pytanie powyższe.

Kształt jądra zdaje się być rzeczą obojętną: zwykle odpowiada on w mniejszym lub większym stopniu kształtom komórki, przybierając postać zaokrągloną, wyciągniętą w komórkach podłużnych, kulistą w komórkach o jednakowych wymiarach.

Wielkość jądra jest natomiast uwarunkowaną innemi okolicznościami i w każdym razie nie pozostaje w zależności od rozmiarów komórki. Napotykamy tu fakty, do zrozumienia których brak dotychczas najmniejszego kryterium, jak np. wyjątkowo duże jądra we wszystkich wogóle tkankach roślin Iglastych lub Liliowatych i znów wyjątkowo drobne u grzybów. Poza tem, można uważać za prawo ogólne istnienie stosunkowo większych jąder w tkankach twórczych, jak to: miazdze, wierzchołkach pędów i t. p.

Na tej zasadzie usiłowano przypisywać jądom znaczenie w pracy twórczej komórki, raczej — organotwórczej działalności organizmu. Jednakże należy zwrócić uwagę, że również wyjątkowo wielkie jądra spotykają się w komórkach, które nie mają nic wspólnego z twórczą

¹⁾ E. Russow. Loc. cit. str. 282.

²⁾ Olivier, cytowany u Zimmermanna (*Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes*. 1896) obserwował niezwykle liczne podziały jąder w komórkach miększa korzeniowego u *Vicia Faba*; były to zjawiska fragmentacji, nie spowodowane podziału samych komórek. Przyczynę tego przypisuje Olivier zmniejszeniu ciśnienia, spowodowanemu przecięciem tkanki korzenia.

działalnością organizmu, mianowicie w komórkach siostrzanych rurek sitkowych, czyli t. zw. przyrurkowych, w ich „zastępczyniach,” wchodzących w skład promieni rdzennych u Iglastych, oraz w sąsiadujących z rurkami sitkowymi szeregach miększa łykowego, pełniących czynności komórek przyrurkowych.

Dostrzegamy tedy inną zasadę: większe jądra właściwe są komórkom, odznaczającym się obfitością materji białkowych, albowiem dotyczy się to zarówno tkanek twórczych, jak komórek przyrurkowych; możnaby stąd wnioskować, przyjąwszy na uwagę różnorodność czynności fizjologicznych wspomnianych tkanek, iż charakter jądra jest prędzej wynikiem wspólnej im wszystkim obfitości substancji białkowych. Na korzyść powyższego przypuszczenia zdaje się przemawiać ta okoliczność, iż większe jądra obserwowano w jeszcze zupełnie innego rodzaju tkankach, mianowicie — w komórkach wydzielniczych, których czynność też uwarunkowaną jest obfitym przyływem materji.

Ze wszystkich właściwości jądra szczególnie uderzające jest jego osobliwe zachowywanie się podczas podziału komórek; proces ten nader subtelny i skomplikowany, każe upatrywać tu istotne zadanie istnienia tej części składowej komórki. Nadto, udział jądra przy zapłodnieniu, wyjaśniony przez E. Strasburgera, O. Hertwiga, Weismanna i Köllikera, zdaje się stwierdzać oczywistość tego, że substancja jądra jest nosicielką cech dziedzicznych, że jest ona skoncentrowaniem tej materji („idyoplazma,“) co podzielona z możliwą równomiernością podczas procesu karyokinetycznego, roznosi cechy rodzicielskie, nie rozdrabniając się w plazmie komórek, lecz zawsze skupiona i odosobniona, wciąż dalej i dalej oznaki w szeregu pokoleń komórek utrwała, nadając organizmowi właściwy kierunek rozwoju i pobudkę do odpowiedniego kształtowania narzędzi, tkanek i komórek.

Jądro jest zatem czynną i niezbędną częścią składową komórek o wybitnej indywidualności, składających tkanki, pełne żywotności i siły twórczej¹⁾. Zaś w komórkach, które straciły te własności, jądro znajduje się w stanie większego lub mniejszego stopnia osłabienia — aż do zupełnego zaniku.

Przykłady istot najniższych, jak niektóre ameby, śluzowce, Schizophyceae i Schizomycetes, odznaczających się niezwykle słabem wyróżnieniem materji i czynności, przekonywają nas, iż życie organizmu

¹⁾ Należy tu zwrócić uwagę, iż własność mnożenia komórek nie jest wyłączną oznaką tkanek niewyróżnionych, czyli t. zw. twórczych. W pewnych razach, jak n. p. podczas tworzenia się korka lub w razie rocznego przyrostu niektórych roślin Jednoliściennych, oraz niekiedy pod wpływem szczególnych okoliczności, jak n. p. niezwykłego podrażnienia mechanicznego, własność tę przybierają też pewne elementy tkanek trwałych, wyróżnionych.

możliwym jest jednakże bez jądra, przynajmniej w takiej postaci wyodrębnionej, jaką spotykamy u pozostałych roślin; albowiem tych drobnych kuleczek, opisywanych w protoplazmie wspomnianych istot i mających odpowiadać rzeczywistym jądrom, bądź co bądź za właściwe jądra uważać nie możemy. Powyższe t. zw. „ciałka centralne“ badało wielu botaników i zoologów (Zacharias, Palla, Bütschli) — i wszyscy doszli do wniosku, iż zbyt różnią się one pod wszelkimi względami od typowych jąder, aby można je z nimi utożsamiać.

Haberlandt¹⁾ jest też tego zdania, iż w ocenianiu znaczenia jądra komórkowego posunięto się nieco za daleko. Dowodzi tego zachowanie się izolowych grudek protoplazmy, pozbawionych jąder. „W takich cząstkach protoplazmy trwa w dalszym ciągu oddychanie, przez dłuższy czas zachowuje się krążenie protoplazmy oraz ruchy migawkowe, również nie przerywa się czynność przyswajania w ziarnach chlorofilu; u Conjugatae tworzy się nawet skrobia...“

Słowa powyższe opiera na wynikach badań Klebsa²⁾, który izolował kawałki plazmy za pomocą plazmolizy (w 16%—25% roztworze cukru), utrzymując je po kilka tygodni przy życiu, i obserwował w nich pełnienie wszystkich czynności fizjologicznych, z wyjątkiem powstawania błony na powierzchni.

Do wręcz odmiennych rezultatów doszedł Palla³⁾. Stosował on metodę Klebsa, hodując w cukrze i plazmolizując zawartość łagiewek pyłkowych kilku roślin, chwytników (*rhizoida*) z *Marchantia polymorpha*, plechy wodorostu *Oedogonium* oraz komórek młodych listków *Elodea canadensis*, — i obserwował tworzenie się błony zarówno na posiadających jądra, jak też ich pozbawionych cząstkach protoplazmy. W łagiewce pyłkowej u *Galanthus nivalis* obserwował nawet takie przypadki, że przy wzrastaniu pyłka w żelatynie z cukrem część protoplazmy, wypchnięta z pękającej łagiewki i zawierająca obydwaj jądra, zamierała w krótkim czasie, kiedy część pozostała w łagiewce, choć pozbawiona jąder, tworzyła na swej powierzchni nową błonę. Fakty podobne obserwował też często w plazmolizowanych chwytnikach u *Marchantia*: kawałki bez jąder otaczały się błoną, gdy tymczasem inne, pomimo obecności jądra, zamierały, nie zdążywszy jej wytworzyć.

¹⁾ G. Haberlandt. Physiologische Pflanzenanatomie. 1896 str. 24.

²⁾ Badania Klebsa w „Untersuchungen an d botanischen Institut zu Tübingen“ Bd. II 1888, oraz artykuł w „Biologisches Centrbl.“ 1887.

³⁾ Ed. Palla, Beobachtungen über Zellhautbildung an des Zellkernes beraubten Protoplasten. Flora 1890.

Już w r. 1885 E. Tangl¹⁾ zwracał uwagę, że po zranieniu komórki widoczne jest przesuwanie się jądra ku ranie; tłumaczył to tem, iż jądro jest tu potrzebne w czynności gojenia rany, polegającej oczywiście na tworzeniu nowej błony w miejscu uszkodzonym. Myśl tę rozwinął następnie obszerniej Haberlandt¹⁾, tworząc na zasadzie licznych obserwacji ogólną zasadę, iż jądro znajduje się zawsze w pobliżu tych miejsc komórki, gdzie jest najbardziej energiczne rośnięcie i tworzenie błony; nader widoczne jest to n. p. w komórkach naskórka, gdzie jądro dostrzedz się daje zawsze bliżej ku ściance zewnętrznej.

Jednakże obserwacje powyższe nie dają nam żadnego kryterium do sądzenia o przyczynie tego zjawiska. Nie podlegający najmniejszej wątpliwości fakt owego przesuwania się jąder można też zupełnie dobrze pojmować w ten sposób, iż pociągane prądem protoplazmy, dążącej energiczniej ku miejscu, gdzie potrzebną jest jej wzmożona działalność, li tylko biernie odbywają swą wędrówkę, tembardziej, że we wszystkich tych miejscach widoczne są istotnie znaczne skupienia otaczające jądro protoplazmy. Uznawał to poniekąd też i Haberlandt i starał się o uzasadnienie przypuszczenia o udziale jądra w tworzeniu błony przez doświadczenia.

Najświeższą w tej kwestyi jest ogłoszona w roku zeszłym praca Townsenda²⁾. Plazmolizując różne komórki, obserwował on tworzenie się błony na cząstkach protoplazmy, pozbawionych jąder, lecz tłumaczy zjawisko powyższe tem, iż cząstki pozornie izolowane, są jednak połączone za pomocą nici plazmatycznych z kawałkami sąsiednimi, względnie zaś z tym, który zawiera jądro komórkowe. Nitki owe, łączące części protoplazmy, na które rozpada się przy plazmolizowaniu zawartość komórki, wyciągają się nieraz do nadzwyczajnej cienkości, tak, iż bardzo łatwo ująć mogą oka badacza.

Takie przeoczenie, według niego, zdarzyło się w doświadczeniach Palla, który otrzymywał błonę na pozbawionych jąder kawałkach protoplazmy. W ten sposób usiłuje rozstrzygnąć Townsend sprzeczność, zachodzącą w wynikach badań dwóch wspomnianych badaczy. Gdyby istotnie tak się rzecz miała, trudnoby wówczas pojąć, dlaczego u Klebsa miałyby się owe delikatne połączenia plazmatyczne zawsze rozrywać — albowiem nie obserwował błony na cząstkach bez jąder — i przeciwnie, zachowywać w całości u Palla, który stosował zupełnie tę samą metodę

1) G. Haberlandt. Ueber die Beziehungen zwischen Function und Lage des Zellkernes. 1887.

2) Ch. O. Townsend. Der Einfluss des Zellkernes auf die Bildung der Zellhaut. Jahrb. für wiss. Botanik. 1897.

i również mało troszczył się o owe nitki, których istnienia obaj nie podejrzewali?

Drogą nitek powyższych wpływ jądra ma się udzielać nietylko w obrębie jednej komórki; sięga on poza jej granice, albowiem, jak to wykazały badania najświeższe, nici plazmatyczne, łączące przez błony zawartości sąsiednich komórek, stanowią zjawisko nader rozpowszechnione we wszystkich tkankach świata roślinnego. Dzięki temu, możliwym jest istnienie życia w rurkach sitkowych, które, jakkolwiek pozbawione jąder, znajdują się pod wpływem jąder sąsiednich komórek, udzielającym się przez przebijające błony cienkie nitki plazmy.

Pfeffer ¹⁾, składając na posiedzeniu Saskiego Towarzystwa naukowego sprawozdanie z wykonanej w jego pracowni pracy Townsenda, wypowiada przypuszczenie, iż udział tych połączeń polega nie na przenoszeniu pewnych cząsteczek materji, lecz „iż dla wytworzenia błony niezbędnem jest przenoszenie pewnych ruchów i falowań, promieniujących od jądra lub też raczej mających swe źródło we wzajemnem oddziaływaniu jądra, i cytoplazmy. Jeśli zwrócimy uwagę, mówi dalej, iż struna rozprzestrzeniając swe drżenia, wywołuje odpowiednie tony, iż za pomocą telefonu możemy się porozumiewać i przysyłać rozkazy do znacznych odległości, wówczas dziwić się nie będziemy, że pobudzenia jądra w postaci swoistych stanów ruchu mogą się również przenosić drogą dających się porównać z nerwami nitek protoplazmy.“

O ile ponętną wydaje nam się hipoteza powyższa, z tem większą winniśmy ją traktować ostrożnością, oraz z możliwą dozą krytycyzmu rozpatrzyć rezultaty, metodę i przebieg badań Townsenda.

W pewnej sprzeczności z jego wnioskami znajdują się przypadki, niejednokrotnie wzmiankowane przez Townsenda (str. 491, 498 i in.), że przy rozbiciu zawartości komórki na kilka części, połączonych za pomocą nitek, błona tworzyła się wcześniej na tych, które nie posiadały jąder. Gdyby tu chodziło o przenoszenie pewnych fal, czy też innego rodzaju ruchu cząsteczek, wszak powinnyby przedewszystkiem otrzymać pobudzenie okolice, położone najbliżej źródła owych bodźców, i tutaj winienby też najwcześniej ujawniać się rezultat udzielonych pobudzeń.

Zboczenia powyższe, jakkolwiek obserwowane przez Townsenda wśród rozmaitych okoliczności i w rozmaitych komórkach, możnaby ostatecznie przypisać działaniu różnych przyczyn wypadkowych. Nieco

¹⁾ W. Pfeffer. Ueber den Einfluss des Zellkerns auf die Bildung der Zellhaut. Berichte der math.-phys. Classe d. k. Sächs. Ges. der Wissenschaften zu Leipzig 1896. str. 510.

więcej wątpliwości budzi okoliczność następująca: zawartość włosków dyni i innych roślin poddawano plazmolizie i po zerwaniu nitek, łączących pojedyncze cząstki plazmy, trzymano je w kamercze wilgotnej przez 20 i więcej godzin, w każdym zaś razie dłużej nad ilość czasu, niezbędną do wytworzenia błony. „Po upływie tego czasu, pisze Townsend na str. 491, pewna część cząstek protoplazmy, jak pozbawionych, tak też zawierających jądra, znalezioną została w stanie martwym, z tych zaś, które pozostały przy życiu, większość posiadających jądra wytworzyła na swej powierzchni błony; ani śladu zaś nie okazywały cząstki, błony pozbawione jąder, z wyjątkiem tych nielicznych, które pochodziły z młodych i pełnych sił żywotnych komórek.“

Przypuszczając, iż ten niespodziewany rezultat jest wynikiem niezbyt dokładnego odosobnienia cząstek plazmy, Townsend powtórzył teżsame doświadczenia z zastosowaniem bardziej pewnego środka mechanicznego — i znów otrzymał zupełnie podobne wyjątki. Wówczas stara się je tłumaczyć przechowaniem wpływu jądra (Nachwirkung); lecz tego rodzaju przypuszczenie znajduje się w oczywistej sprzeczności z wynikiem doświadczeń, które opisuje w innym miejscu¹⁾, a polegających na tem, iż nitki plazmatyczne, łączące pojedyncze cząstki plazmy, przerywano możliwie późno, tuż przed samym terminem tworzenia błony, określonym przez doświadczenie, — i pomimo tego nie otrzymywano błony na cząstkach, pozbawionych jąder; zaś w takich przypadkach powinno się przede wszystkim dawać spostrzegać domniemane przechowywanie ich wpływu.

Zresztą i sam Palla²⁾, który, nie widząc innego wyjścia, też skłania się do tłumaczenia wyniku swych badań przechowywaniem wpływu jąder, przyznaje, iż w pewnych razach trudno pogodzić taki pogląd z dającymi się obserwować faktami; tak n. p. na splazmolizowanej zawartości komórek liści *Elodea canadensis* i plechy *Oedogonium* powstawanie błony obserwował nieraz dopiero po upływie kilku, a nawet kilkunastu dni, wobec czego trudno tu w rzeczy samej przypuszczać istnienie tego rodzaju zjawiska.

Nawet pomimo wszystkich sprzeczności, wprost z teoretycznego punktu widzenia wydaje się nieco niezrozumiałe to osobliwe stanowisko, jakie usiłują niektórzy badacze przypisywać czynności wytwarzania błony komórkowej. Wiemy napewno, iż protoplazma może żyć bez jądra nawet w postaci sztucznie odosobnionych kawałków, jakie hodował i Townsend

¹⁾ Patrz też referat W. Pfeffera *Loc. cit.*

²⁾ *Loc. cit.* str. 329—330.

w kamerze wilgotnej, — zatem może oddychać, przyswajać materye i pełnić inne funkcyje fizyologiczne. Dlaczegożby tworzenie błony, przedstawiające również pewnego rodzaju proces chemiczny, miało wymagać bodźców swoistych, promieniujących od jądra?

Wkońcu, gdyby tworzenie błony znajdowało się istotnie w bezpośredniej zależności od jądra, wówczas należałoby się spodziewać pewnych przystosowań odpowiednich, czy też zmian i oznak specjalnych jądra w komórkach, gdzie czynność powyższa jest wyjątkowo energiczna, jak na przykład w naskórku i pewnych tkankach wewnętrznych, tembardziej, że przystosowania te miałyby się tyczyć czynności, znajdującej się w wyłącznej i wyjątkowej od niego zawisłości; z drugiej zaś strony winny też wykazywać odrębne różnice jądra komórek, przedstawiających nagie grudki protoplazmy.

Nie budzi też więcej zaufania pogląd o znaczeniu jądra, jako „organu centralnego,” komórki, mającego regulować i kierować wszystkimi jej czynnościami fizyologicznymi. Badania licznych badaczy wykazały, iż czynności, a nawet życie jądra jest niezależne od protoplazmy tej samej komórki.

Demoor¹⁾ badał wpływ, jaki wywiera na komórkę zmniejszenie ilości tlenu w otaczającej ją atmosferze. W komórkach włosków precikowych u *Tradescantia virginica* zatrzymywał się w takich warunkach ruch protoplazmy, kiedy proces karyokinetyczny podziału jąder odbywał się najzupełniej normalnie w dalszym ciągu, nieraz nawet rozpoczął się dopiero w tem nowem środowisku. Jednakże pomimo ukończenia karyokinezy, błona pomiędzy nowymi jądrami się nie tworzy; pozostają one połączone za pomocą nici achromatycznych, przegródka zaś powstaje między nimi dopiero po zwiększeniu ilości tlenu w atmosferze.

Za pomocą działania rozcieńczonych kwasów, Migula²⁾ wstrzymywał w komórkach u *Spirogyra* podział jąder; same zaś komórki rosły w dalszym ciągu, dochodząc nieraz wielkości, czterokrotnie przewyższającej normalną. Chloroformując komórki włosków precikowych z *Tradescantia virginica*, Demoor²⁾ zabijał protoplazmę; jądro znajdowało się tylko w stanie uśpiania, który znikał po zanurzeniu w czystej wodzie. Zniżając znów temperaturę (do 3°—4° C), wstrzymywał ruch protoplazmy; podział jąder odbywał się w dalszym ciągu, nie sprowadzając jednak tworzenia błony. Pfeffer²⁾ obserwował ruch protoplazmy w pla-

¹⁾ Cytowany u Zimmermanna: Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes. 1896.

²⁾ Cytowany u Zimmermanna.

zmolizowanych i pozbawionych jąder cząstkach protoplazmy u włosków z *Heracleum* i *Trianea*, a *Hauptfleisch*¹⁾ opisuje przypadki, kiedy na razie wstrzymany skutkiem plazmolizy w takich cząstkach ruch protoplazmy po upływie pewnego czasu budził się w dawnej mocy na nowo.

Z przytoczonych wyżej faktów możemy wnioskować, iż jądro i protoplazma są do pewnego stopnia niezależnymi częściami komórki, a mniejsza wrażliwość jądra na wpływy wewnętrzne naprowadza nas na myśl, iż istotnie nie ma ono udziału bezpośredniego w czynnościach fizjologicznych komórki, mających za zadanie utrzymywanie jej życia osobniczego²⁾. Z tego punktu widzenia wydaje się zrozumiałą jednolitość budowy i innych oznak jądra na wszystkich szczeblach rozwoju świata roślinnego; w przeciwnym zaś razie byłoby to co najmniej dziwne, iż, kiedy istoty, zajmujące wyższe stanowiska w drzewie genealogicznym, wykazują pod względem czynności fizjologicznych tak znaczny stopień wyróżnienia, — organ centralny, kierujący owymi czynnościami, zdaje się być usuniętym z pod wpływu ewolucji.

Następnie, sama postać jądra — zaokrąglona i ściśnięta, weale nie każe dopatrywać się w nim narzędzia, znajdującego się w stosunku ciągłej zamiany energii (lub materji) z otaczającym środowiskiem. Chcielibyśmy w takim razie, szczególnie na wyższych szczeblach rozwoju rodowego, doszukiwać się tu czy to powszechnie konstатовanej w takich razach zasady powiększenia powierzchni³⁾, czy też innych przystosowań, których wiele przykładów dostarcza nam świat ożywiony. Przeciwnie, charakter narzędzia ściśniętego, zamkniętego i wyodrębnionego, o wyraźnym dążeniu do zaokrąglania swych kształtów — w celu uczynienia zajmowanej przestrzeni możliwie małą, oraz obojętność na wyróżnianie się czynności fizjologicznych i stopień rozwoju filogenetycznego, — wszystko zdaje się dowodzić, że jądro nie pozostaje w bezpośrednim związku z czynnościami wegetatywnymi komórki, iż jego substancja, jako nosicielka czynności stałej i niezmiennej, wyjęta jest z pod zmiennych wpływów chwili.

¹⁾ Ibidem.

²⁾ Mimowoli ciśnie się tu analogia tego stosunku do stosunku, jaki zachodzi pomiędzy wegetatywnymi i rozrodczymi narzędziami roślin. Kiedy pierwsze podlegają bardzo łatwo wpływowi czynników zewnętrznych (tak n. p. liść może w przeciągu paru tygodni zmienić swą budowę mikroskopową wobec zmiany warunków oświetlenia i wilgotności) ostatnie odznaczają się niezwykłą pod tym względem stałością i używane są wskutek tego, jako podwaliny klasyfikacyi.

³⁾ Idąc śladami analogii Pfeffera, musimy porównywać jądro komórki z mózgiem zwierzęcym; w budowie ostatniego zasada powiększenia powierzchni jest jednak bardzo widoczna.

Pomimo tego, pewne fakty zdają się świadczyć, że jądro ma wpływ bezpośredni na czynności, związane z życiem komórki. Gerasimoff¹⁾ obserwował, iż przy podziale komórek u Spirogyra nieraz oba jądra wypadkowo przechodzą do jednej z nowoutworzonych komórek, zostawiając drugą bez jądra; jakkolwiek komórki, pozbawione w ten sposób jąder, zachowywały się przy życiu, jednakże ich odporność na wpływy zewnętrzne była znacznie słabsza, a grzybki pasorzytnicze osiedlały się w nich częściej, niż w innych komórkach.

Bądź co bądź, komórki te są nienormalne i z ich zachowania się nie można wnioskować o naturalnych stosunkach pomiędzy pojedynczymi częściami składowymi komórki; są to jednostki zwyrodniałe, a ich słabość oraz śmierć przedwczesna dziwić nas nie powinny. W organizmie Spirogyry, w którym niema wyróżnienia komórek, niema też miejsca dla jednostek, pozbawionych jąder i nie mogących brać udziału w pracy rozrodczej organizmu.

Z drugiej strony, niewytłomaczony pozostaje jeszcze fakt, iż jakkolwiek Townsend otrzymywał niejednokrotnie błony na cząstkach protoplazmy, pozbawionych jąder, w większości jednak przypadków błona się w takich razach nie tworzyła, ograniczając się do cząstek, zawierających jądra. Tutaj mamy istotnie do czynienia z wpływem jąder, lecz wpływem nie organicznym, tylko pośrednim, polegającym prawdopodobnie na udzielaniu komórce zawartych w nich zapasów pożywnych, jako pomocy nader pożytecznej w nienormalnych warunkach izolowanego kawałka plazmy.

Poprzednio mieliśmy już sposobność zwrócenia uwagi, że zawartość jądra nie jest obojętna na ilość znajdujących się w komórce materii białkowych; następnie musimy tu przypomnieć, iż bardzo rozpowszechnionem zjawiskiem jest skupianie się w jądrach substancji białkowych w postaci kryształów, że jądro posiada znaczniejszą skłonność do przechowywania tych kryształów, niż protoplazma i że obserwowano znikanie owych kryształów w razie głodzenia komórek²⁾. Stosunki te za mało są jeszcze zbadane, abyśmy je mogli dokładnie z omawianą powiązać sprawą; że jednak pozostają w ścisłym z nią związku, zdaje się nie ulegać wątpliwości.

Izolowana grudka protoplazmy przedewszystkiem troszczyć się będzie (*sit venia verbo!*) o umożliwienie swych pierwszej wagi czynności

¹⁾ Einige Bemerkungen über die Function des Zellkernes. Bulletin de la Société des Naturalistes des Moscou. 1891.

²⁾ Obszerniej uwzględnioną jest sprawa kryształów proteinowych w części następnej.

fizyologicznych, które stanowią nieodzowne warunki życia, t. j. przyswajania i oddychania; wytworzenie błony jest natomiast rzeczą drugorzędą, osobliwie w wilgotnem środowisku sztucznej hodowli. Nie tedy dziwnego, że pozostająca w rozporządzeniu nieznaczna ilość materji używaną będzie przede wszystkim do czynności ważniejszych, a błona powstawać będzie przeważnie tam, gdzie jest jądro, gdzie jest zatem więcej materji. Nader ważną wskazówkę daje pod tym względem okoliczność, o której wspomina Townsend, mianowicie, iż wyjątkowo otrzymywał błonę na tych pozbawionych jąder cząstkach protoplazmy, które pochodziły z młodych komórek; słowa te podkreśliliśmy, przytaczając je na str. 193, albowiem zdają się one potwierdzać przypuszczenie o istotnem znaczeniu jądra w czynności tworzenia błony.

Wychodząc z punktu widzenia, iż powstawanie błony jest zależne od ilości znajdujących się w komórce materji białkowych (stąd nieraz pośredni wpływ jądra), musimy uważać za zupełnie zrozumiałą różnicę, jaka zachodzi w wynikach badań Klebsa i Palla. Pierwszy prowadził swe badania w późnej jesieni i zimie, mając do czynienia z częściami roślin, znajdującymi się w stanie spoczynku; Palla natomiast badał tkanki energicznie rosnące, jak to: łagiewki pyłkowe, włoski korzeniowe, plechy wodorostów, wykazujące liczne podziały komórek, oraz młode liście. Wszystkie były to komórki młode i żywotne, musiały zatem posiadać znaczną ilość materji, niezbędnych do czynności twórczej. Obaj stosowali jednakową metodę badania — i Klebs obserwował tworzenie błony jedynie na cząstach plazmy, posiadających jądra, zaś Palla spotykał to zjawisko i na tych, które nie posiadały jąder.

W końcu jeszcze jedna uwaga co do metody badań. Zdaje się, iż metoda, którą stosowano dotychczas, polegająca na mniej lub bardziej gwałtownem, zawsze jednak sztucznem odrywaniu kawałków protoplazmy, nie może dać normalnego obrazu zachodzących w komórce zjawisk. Skutecznijszem byłoby może niszczenie jądra w komórce bez naruszania jej całości, n. p. przez zarażanie odpowiednim pasorzytem. Dangeard opisuje („*Le Botaniste*“) ameby, których jądra były zupełnie zniszczone przez rodzaj grzybka (*Chytridiaceae*), któremu daje nazwę *Nucleophaga*; ameby te zachowywały się pomimo tego zupełnie normalnie, jak inne osobniki o nienaruszonych jądrach.

Przejdźmy obecnie do bezpośrednio obchodzącej nas sprawy rurek sitkowych. Powyżej rozpatrzone przypuszczenie Pfeffera i Townsenda polega w stosunku do omawianej kwestyi na tem, iż możliwość istnienia życia w rurkach sitkowych pomimo zaniku jąder, zatem sprawowanie

wszystkich czynności fizyologicznych, w szczególności zaś tworzenie zasklepki, jest uwarunkowane przez wpływ jąder komórek sąsiednich.

Mamy więc nową, trzecią z kolei hipotezę, dążącą do wyjaśnienia zagadki rurek sitkowych. Możliwą wydać się ona może u tych roślin, gdzie każda rurka sitkowa posiada tuż obok siebie zaopatrzoną w jądro siostrzaną komórkę przyrurkową; lecz w jaki sposób zastosujemy ją do roślin, nie posiadających komórek przyrurkowych, których czynności pełnią, jak to wykazał Strasburger¹⁾, u Abietineae, Cupressineae i Taxodineae pewne szeregi komórek na krawędziach promieni rdzennych, a u Taxineae i Araucarieae jedynie szeregi komórek miękisza łykowego, rozsiane pośród grup rurek sitkowych?

Gdyby, istotnie, zadaniem tych komórek było podtrzymywanie przez pośrednictwo swych jąder życia w rurekach sitkowych, — czynność, jak widzimy, nader ważna, wówczas moglibyśmy się spodziewać w ich budowie pewnych przystosowań ułatwiających, to zadanie, czy to w ogólnym rozkładzie komórek względem rurek sitkowych, czy też w położeniu samego jądra. Tymczasem, o ile sięga znajomość anatomiczna tych narządzi, wszelkie przystosowania, jakich się w ich budowie dopatrujemy, mają na celu czynność, polegającą na odbieraniu transportowanych w rurekach sitkowych materii.

Zresztą i inne dane przeczą przypuszczeniu o możliwości wpływu sąsiednich komórek. F. Czapek²⁾ zbadał około 60 gatunków najrozmaitszych roślin i nigdzie prawie nie znalazł bezpośrednich połączeń protoplazmatycznych między rurekami sitkowymi i komórkami przyrurkowymi, jakkolwiek między komórkami miękisza łykowego były one pospolitem zjawiskiem.

Widzimy więc, do jak różnych uciekano się już sposobów w celu wyjaśnienia tego „osobliwego wyjątku“ w organizacyi roślinnej. I zdaje się, iż właśnie to upatrywanie wyjątku jest jedną z głównych przeszkód do należytego wyjaśnienia kwestyi. Albowiem główny punkt sprawy, ześrodkowany w zaniku jąder, uważać winniśmy nie za fakt wyjątkowy, lecz za jeden z przykładów rozpowszechnionego w świecie ograniczonym procesu.

Jak socyologia rozpatruje „duszę jednostki, jako funkcję związku społecznego,“ z tego też stanowiska winniśmy wychodzić w dociekaniach, mających na celu zrozumienie powstania tkanek lub narządzi:

¹⁾ Die Vertreterinnen der Geleitzellen im Siebtheile der Gymnospermen. Sitzungsberichte der k. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1890.

²⁾ Fr. Czapek. Ueber die Leitungswege der organischen Baustoffe im Pflanzenkörper. Sitzungsber. der kais. Akad. der Wiss. in Wien, Math.-Phys. Cl. 1897.

niby gromady i społeczeństwa ludzkie, są one też zbiorowiskiem ściśle zespolonych jednostek. Niezbędnym warunkiem istnienia każdego ciała zbiorowego jest pewne podporządkowanie interesów jednostki sprawom ogółu. Jest to zjawisko zasadnicze i powszechne, aczkolwiek w różnych przypadkach różną postać przybierające: czy to będzie proste wyróżnienie, czy też poczucie obowiązków, uspołecznienie, altruizm... — zawsze jest w gruncie rzeczy tem samym zjawiskiem.

Zgodnie z powyższem, w każdym organizmie złożonym znaleźć możemy przykłady redukcji pewnych, składających całość, jednostek, dochodzącej na drodze stopniowań aż do takich przypadków, w których pewne grupy jednostek swe życie w ofierze sprawie ogółu składają. Taką tendencją wsteczną w organizacji komórek widzimy przede wszystkim w tkankach mechanicznych (posuniętą najdalej), oraz systemach cyrkulacyjnych.

Z tego tedy punktu widzenia powstawanie rurek sitkowych jest zjawiskiem, zupełnie analogicznem do tworzenia naczyń, a zachodząca w tych dwóch przypadkach różnica jest li tylko ilościową, jest różnicą stopnia: redukcja pierwszych wstrzymana została wcześniej, nie dochodząc do ostateczności, właściwej martwym naczyniom, zatrzymawszy się na stadium rozwoju, odpowiadającem organizacji tych najbardziej pierwotnych organizmów, które nie posiadają jąder¹⁾.

Różnica zaś powyższa jest zależną od różnicy transportowanych w obydwóch systemach materji. W rurkach drzewnych, służących do transportowania wody, — możliwie szybkiego ze względu na transpiracyą, podtrzymywanie życia byłoby tylko zawadą, co najmniej zaś rozrzutnem wydatkowaniem energii organizmu; natomiast rurki sitkowe transportują materje nader kosztowne, wielkim nakładem energii wytworzone; przeto redukcja, właściwa narzędziom cyrkulacyjnym, nie mogła tu być doprowadzoną do końca, pozostawiając resztkę sił żywotnych. daleką wprawdzie od wysokiego indywidualizmu innych komórek, lecz wystarczającą do czynności regulowania cyrkulacji.

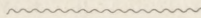
Według Fr. Czapka²⁾ protoplazma rurek sitkowych ma nawet bezpośredni i czynny udział w krążeniu substancji. Protoplazma jest nieprzenikliwą dla wielu substancji, z łatwością dyfundujących przez błony; przeto transportowanie materji, składających zawartość rurek sitkowych, możemy zrozumieć li tylko pod warunkiem ciągłego ich przetwarzania chemicznego, uskutecznianego przez protoplazmę podczas

¹⁾ Tego zaniku jąder nie można jednak utożsamiać z ich zanikiem, raczej wypadem w zestarzałych komórkach.

²⁾ Loc. cit.

każdego ich przyjmowania i oddawania przez błonę komórce sąsiedniej. Konstantowane w pewnych razach bezpośrednio połączenia plazmatyczne, rzecz naturalna, czynność tę ułatwiają.

Tak należy rozumieć istotę rurek sitkowych. Jeśli weźmiemy na uwagę, że oderwana przemocą od organizmu grudka protoplazmy istnieć może całe tygodnie i miesiące, dziwić się wówczas nie będziemy życiu rurek sitkowych, w których proces zaniku jąder odbywał się stopniowo w szeregu niezliczonych pokoleń, na drodze naturalnej, tylekroć bardziej sprzyjającej podtrzymywaniu życia, niż to się dzieje w wykonywanych przez botaników doświadczeniach. Albowiem nie zawsze jesteśmy w stanie naśladować naturę i powtarzać w pracowni jej eksperymenty; brak nam tego środka, którym rozporządza natura w swem laboratorium, brak nam nieskończonych przestrzeni i czasu, z którymi się ona w swej pracy nie liczy!



2. Zastępczynie komórek przyrurkowych w części sitkowej.

Przed wielu laty zwrócono już uwagę, że promienie rdzenne nie składają się z pierwiastków jednorodnych, lecz w ten lub inny sposób wyróżnionych — stosownie do okolicy pnia, przez którą promień przebiega, a de Bary już w r. 1877 opisuje w swej „Anatomii porównawczej“ pojedyncze typy tego wyróżnienia.

Z biegiem czasu obserwowano co raz to nowe przykłady, pozwalające na zakreslenie szerszych granic zjawiska, które musiano pierwotnie uważać za wyjątkowe — i na postawienie pewnych zasad ogólnych, dążących do wyjaśnienia jego przyczyny.

Na przecięciu promieniowem pnia wielu roślin łatwo zauważyć, że promienie rdzenne składają się z dwójakiego kształtu elementów. Szeregi wewnętrzne złożone są z komórek, wydłużonych w kierunku długości promienia, gdy tymczasem na krawędzi górnej i dolnej ciągną się zbite szeregi komórek, wydłużonych wzdłuż osi pnia. Pierwsze są to t. zw. „komórki leżące,“ drugie zaś — „stojące,“ czyli „palisadowe.“

Dwie te części promieni rdzennych różnią się nie tylko kształtem komórek. W części wewnętrznej znajdujemy liczne przestrzenie międzykomórkowe, tworzące sieć komunikujących się wzajemnie przewodów powietrznych, kiedy komórki krańcowe są ściśle obok siebie ustawione, nie zostawiając między sobą wolnych przestrzeni.

Na zasadzie studyów nad budową tych komórek, w szczególności zaś zwracając uwagę na rozkład jamek, ułatwiających komunikację

pomiędzy sąsiednimi komórkami, doszedł Kny¹⁾ do wniosku, stwierdzonego też przez prof. Strasburgera²⁾, że w szeregach wewnętrznych („leżących⁴⁾) połączenia owe można obserwować przeważnie na ściankach stycznych, oraz tych, które znajdują się na granicy przewodów powietrznych, kiedy zaś w komórkach „stojących“ wykazują one dążność do ułatwienia komunikacyi z przechodzącymi obok nich naczyniami lub cewkami.

Z tej różnicy w budowie możemy wnioskować o ich czynnościach fizyologicznych: ostatniego typu komórki służą do odbierania zapasów wody i roztworów mineralnych, transportowanych w rurkach drewna, szeregi zaś wewnętrzne są z jednej strony składami materiałów zapasowych, transportując je w razie potrzeby w głąb tkanki pnia lub też odwrotnie (stąd obfitość jamek na ściankach stycznych), z drugiej zaś strony mają za zadanie ułatwienie zamiany gazów za pośrednictwem komunikującego się z przetchlinami (*lenticellae*) systemu przewodów.

Prof. Strasburger zwraca uwagę³⁾, iż budowa promieni rdzennych odznacza się wogóle niezwykłą zmiennością, odbijając na sobie bezpośrednio najmniejsze zmiany warunków bytu i wykazując niezwykłą plastyczność oraz zdolność przystosowywania się. Nader widoczne jest to w drewnie sosny: promienie rdzenne posiadają tu na swych krawędziach, nieraz też i w środku, szeregi komórek martwych, komunikujących się z cewkami. Otóż na przekroju promieniowym gałęzi *Pinus canariensis* mającym 10 cm. długości, prof. Strasburger znalazł 32 promienie rdzenne; widać było w nich tak różnorodne kombinacje szeregów komórek żyjących i martwych, iż tylko cztery ich typy powtórzyły się po dwa razy na obserwowanej przestrzeni, z pozostałych zaś 24 promieni nie było dwóch do siebie podobnych co do ilości szeregów każdego rodzaju komórek. Widzimy tedy, jak ogromnie niestałą jest budowa tej tkanki: nawet najdrobniejsze wpływy, czysto miejscowej natury dla danej okolicy organizmu roślinnego, częstokroć dla nas nieuchwytnie i nie dające się obserwować, wyciskają na niej swe piętno, wywołując odpowiednie przystosowania.

Co się tyczy części łykowej pnia, to u ogromnej większości roślin promienie rdzenne wykazują tu budowę znacznie prostszą. Z drugiej zaś strony budowa warstw zewnętrznych pnia jest wogóle bardziej skomplikowaną, aniżeli budowa drewna. Mamy tu więc przykład wzajemnej

¹⁾ L. Kny. Ein Beitrag zur Kenntniss der Markstrahlen dicotyler Holzgewächse. Berichte d. deutschen Botan. Gesellschaft. 1890.

²⁾ E. Strasburger. Ueber den Bau und Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen 1891.

³⁾ Loc. cit. Str. 13.

zależności części składowych organizmu roślinnego, ujawniającej się — rzecz oczywista — najwybitniej w tych tkankach, które odznaczają się największą plastycznością, mianowicie w promieniach rdzennych. Oprócz specjalnych czynności fizyologicznych, promienie rdzenne pełnią zatem jeszcze jedną czynność natury ogólnej, którą moglibyśmy nazwać biologiczną, a polegającą na utrwalaniu harmonii wewnętrznej w ustosunkowaniu tkanek organizmu — już to potęgując stopień swego wyróżnienia w jednym, już to redukując w innym miejscu, w zależności od pewnych stałych, oraz zmiennych i chwilowych wpływów.

Bardziej urozmaiconą budowę promieni rdzennych znajdujemy jedynie w łyku nagoziarnowych. O ile zjawisko analogiczne w granicach drewna tłumaczono już i dawniej w sposób mniej więcej zadawalający, tutaj pozostawało ono przez długi czas zagadką. Wprawdzie już w r. 1882 Russow zwrócił uwagę na tę okoliczność, ale była to tylko przelotna uwaga, zawarta w następującem zdaniu: „Jak w drewnie, tak też i tutaj (w łyku) komórki, znajdujące się na górnej i dolnej krawędzi promieni rdzennych, posiadają budowę odmienną od komórek wewnętrznych“¹⁾.

Należyte wyjaśnienie tego zjawiska dał dopiero prof. Strasburger²⁾. Jak wszędzie wogóle, tak też i tutaj, budowa promieni rdzennych znajduje się w ścisłym związku ze stosunkami, zachodzącymi w otaczających je tkankach. Według zasady ogólnej, budowa złożona promieni rdzennych odpowiadać musi prostej budowie łyka u nagoziarnowych; ostatnie składa się w rzeczy samej li tylko z miększa łykowego i rurek sitkowych, pozbawionych tu siostrzanych komórek przyrurkowych, właściwych wszystkim roślinom jedno i dwuliściennym.

Rzecz oczywista, że promienie rdzenne dają dopełnienie brakującej tkanki, a znajdujące się na ich krawędziach szeregi wyróżnionych komórek muszą pozostawać względem rurek sitkowych w stosunku analogicznym do stosunku, w jakim pozostają względem naczyń i cewek odpowiadające im komórki w części drzewnej pnia.

Prof. Strasburger nazwał je „zastępczyniami komórek przyrurkowych.“ Istotnie, pod wszelkimi względami przypominają one właściwe komórki przyrurkowe, bo mają również obfitą zawartość protoplazmatyczną, również nie zawierają skrobi w okresie wegetacji, a zaczynają

¹⁾ Edmund Russow. Bau und Entwicklung der Siebröhren. Sitzungsberichte der Dörpater Naturf.-Ges. 1882. Str. 265.

²⁾ Die Vertreterinnen der Geleitzellen im Siebtheile der Gymnospermen. Sitzungsber. d. k. preuss. Acad. d. Wiss. zu Berlin. 1890. — Ueber den Bau und Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen 1891.

pełnić swe funkcje jednocześnie z rurkami sitkowymi, jednocześnie też z nimi zamierają, tracąc swą zawartość, a nawet zmieniając kształty pod gniotącym ciśnieniem otaczających je tkanek.

Swoistym jest też rozkład jamek na ściankach tych komórek: brak ich na przegródkach, graniczących z komórkami miększa łykowego i wewnętrznych szeregów promienia rdzennego, kiedy przy zetknięciu z rurkami sitkowymi są bardzo obfite. Pod tym względem iglaste różnią się krańcowo od wszystkich innych roślin, gdzie brzeżne komórki promieni rdzennych (nie wyróżnionych) komunikują się za pomocą jamek z innymi komórkami promienia, oraz przylegającymi komórkami miększa łykowego nigdy zaś z rurkami sitkowymi. Wszystko zatem przemawia za odrębnym charakterem i czynnościami tych komórek, a ich podobieństwo do komórek przyrurkowych czyni najzupełniej uzasadnioną ich nazwę, jako „zastępczyń“ tych ostatnich.

Studia histologiczne nad układem rurek sitkowych sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*) pozwoliły mi nieco dokładniej poznać omawianą tkankę, pozostającą w tak ścisłym związku z badanym systemem narzędzi. Chciałbym też opisać niniejszem kilka szczegółów, dotyczących się budowy i życia tych „zastępczyń“, przypuszczając, iż pozwolą nam one powziąć pewniejszą opinię co do znaczenia systemu towarzyszących zawsze rurkom sitkowym komórek, różnego u różnych roślin pochodzenia, charakteru i postaci, jakkolwiek nie pozbawionych zasadniczych oznak wspólnych. W kwestyi tej panują jeszcze dotychczas sprzeczne poglądy, przeto każdy szczegół nowy może się przyczynić do wyjaśnienia sprawy, jeśli nawet nie bezpośrednio, to w połączeniu z innymi, które już zdobyto lub zdobyte będą w przyszłości.

Co do znaczenia fizyologicznego komórek przyrurkowych panują, jak to już wspomnieliśmy, rozmaite zdania. Wyciągnięty kształt tych komórek, osobliwie w postaci typowej, towarzyszących z prawidłowością rurkom sitkowym, nasuwał myśl o przypuszczeniu, iż są to narzędzia, pomagające rurkom sitkowym w transportowaniu ich zawartości.

Lecz w pewnych przypadkach nawet typowe komórki przyrurkowe, jak n. p. u winorośli (*Vitis vinifera*), nie tworzą ciągłych szeregów podłużnych: każdej rurce sitkowej towarzyszy tu mianowicie nie jedna, lecz kilka komórek przyrurkowych, powstałych wskutek podziału pierwotnej, wszystkie zaś razem są krótsze, niż sama rurka, przeto nie komunikują się z innymi komórkami przyrurkowymi tegoż szeregu pionowego. Ułożone w ten sposób, w każdym razie nie mogą służyć do transportowania zawartych w nich substancji. Są też rośliny (*Abietinae*), u których miejsce właściwych komórek przyrurkowych zajmują

pewne szeregi komórek promieni rdzennych, zatem ciągnących się nie w pionowym, lecz poziomym kierunku, — oraz inne iglaste, u których czynność „zastępczyń“ należy do pewnych komórek miększa łykowego, nie tworzących ciągłych łańcuchów podłużnych.

Co się zaś tyczy tych „zastępczyń“, które, jak u sosny, wchodzą w skład promieni rdzennych, to i te nie mogą służyć do transportowania nawet w kierunku poziomym, t. j. wzdłuż promieni rdzennych, albowiem, towarzysząc li tylko czynnym rurkom sitkowym, ciągną się na zbyt nieznacznej przestrzeni.

Przypuszczano też, że komórki przyrurkowe, przejmując zawartość rurek sitkowych, mają za zadanie przerabiać ją chemicznie i oddawać promieniom rdzennym w takiej postaci, w jakiej już wprost używana jest w pracy twórczej miazgi, czy też w innych tkankach. Pod tym względem brak dotychczas wszelkich danych, nie poddawano bowiem ścisłym badaniom porównawczym zawartości rurek sitkowych i komórek przyrurkowych. Również otwartą jest droga do przypuszczenia, iż owe przemiany chemiczne odbywają się w innych tkankach, a nawet w miejscu zapotrzebowania. Wogóle zdaje się jednak, iż dla tego rodzaju czynności byłoby zbyt cennym wytwarzanie osobnych tkanek i narzędzi, skoro wiemy, iż wielokrotne i rozmaite przemiany chemiczne odbywają się zarówno dobrze w różnych tkankach roślinnych.

W każdym jednak razie komórki przyrurkowe są narzędziem ważnym i niezbędnym, jak to widać z tego, że ich brak stara się roślina zapełnić odpowiedniemi wyróżnieniami promieni rdzennych lub komórek miększa łykowego. Zaś ścisły związek zastępczyń komórek przyrurkowych z rurkami sitkowymi nie ulega wątpliwości; oprócz wspomnianych okoliczności dowodzi tego osobliwy kształt, jaki przybierają niejednokrotnie (rys. 7), ujawniający dążenie ku możliwemu powiększeniu powierzchni granicznej i nadający im postać ssawek lub innych analogicznych narzędzi.

Z własnych badań wyniosłem przekonanie, że te komórki mają znaczenie jako składy zapasów białka na zimę; albowiem tylko z tego punktu widzenia można uważać za zrozumiałe te komplikacje, jakie udało mi się obserwować w ich budowie. Częstokroć poczynają się one mianowicie dzielić¹⁾ w kierunku poprzecznym (rys. 8), rosnąc co raz

¹⁾ Prof. Strasburger (Die Vertreterinnen der Geleitzellen im Siebtheile der Gymnospermen. Str. 209) wzmiankuje wprawdzie, iż szeregi białkośnych komórek promieni rdzennych zawsze składają tylko jedną warstwę komórek. Promienie rdzenne są tkanką nad wyraz zmienną i pewne ich oznaki, pospolite w jednym miejscu, mogą być bardzo rzadkiem zjawiskiem w innym miejscu. W ten sposób należy tylko tłumaczyć powyższą

bardziej i tworząc na drodze wielokrotnych podziałów całe sznury komórek, nieraz złożone z kilku szeregów pionowych i ciągnące się często od jednego promienia rdzennego do drugiego (rys. 9, 10 i 11); zaś promienie rdzenne, obok których ciągną się te szeregi „zastępczyń,” wysyłają odpowiednie komórki, za pomocą których się do nich przyłączają (fig. 9).

W jaki więc sposób rozumieć tego rodzaju kombinacje? W każdym razie, nie można tych grup komórek uważać za pomocnice rurek sitkowych w czynności transportowania, albowiem w takim razie dążyłyby do rozsiewania się wśród ostatnich w postaci pojedynczych szeregów, nie zaś do zbierania się w formie grup złożonych.

Względy te okażą się zbyteczne, jeśli uważać będziemy tę tkankę, jako miejsce składania zapasów materii białkowych. Sprawa bowiem bezpośredniej komunikacji z rurkami sitkowymi jest na pieczy pierwotnych, poziomych szeregów „zastępczyń,” ciągnących się na krawędziach promieni rdzennych i pełniących wysmienicie swe zadanie za pomocą licznych jamek na ściankach granicznych oraz odpowiednich kształtów swej powierzchni.

U wielu roślin rurki sitkowe zasklepiają się na zimę, u innych nawet raz na zawsze, nie zawierając w tej porze roku wcale lub też bardzo mało substancji białkowych; czynność miazgi rozpoczyna się natomiast przed rozwinięciem liści, zatem przed rozpoczęciem czynności rurek sitkowych. Widać z tego, iż do składania zapasów niezbędna jest przestrzeń, trudno zaś przypuścić, aby czynność ta w całości i wyłącznie należała do promieni rdzennych.

Oprócz wyżej przytoczonych właściwości, nie pozbawione są też znaczenia niektóre dane histologiczne co do zawartości badanych komórek. Przeglądając preparaty z materiału, utrwalonego w ostatnich dniach grudnia r. z. i pochodzącego z trzydziestokilkaletniego pnia sosny zwyczajnej, natrafiałem bardzo często na jakieś twory wewnątrz jąder i w protoplazmie zastępczyń komórek przyrurkowych, a nieraz też innych komórek promieni rdzennych.

Preparaty powyższe barwiłem używaną zwykle w tutejszym instytucie metodą t. z. „potrójną,” polegającą na stosowaniu trzech barwi-

opinię prof. Strasburgera, tembardziej, że poszukiwał wówczas jeszcze na preparatach otrzymywanych za pomocą brzytwy. Zastosowanie mikrotomu dało mi możliwość otrzymania bardzo wielkiej ilości preparatów, przy których przeglądaniu nie mogła mi ująć uwagi złożona w pewnych razach budowa zastępczyń komórek przyrurkowych.

ków: safraniny, „*gentiana-viol.*“ i „*orange G.*“ Ciała zagadkowe barwiły się mocno safraniną, przybierając jaskrawą barwę czerwoną, różniącą się od mniej żywej czerwieni jąderek. Składały się one z substancji jednolitej i nieco błyszczącej; przy podnoszeniu rury mikroskopu środek ich stawał się zupełnie ciemny, wokoło otaczał go pierścień jaśniejszy, znów obramowany ciemnym kołem na powierzchni; przy opuszczaniu rury środek błyszczał czerwonym światłem, otoczony czarnym pierścieniem.

W preparatach, utrwalonych w alkoholu i płynie Fleminga, czerwone te ciała wyglądały zupełnie jednakowo; w ostatnich były widoczne wśród zczerniałych od działania płynu utrwalającego kulek tłuszczu. Żadnych zmian nie wywołuje w nich wrzący alkohol, ani eter, ostatni mimo działania przez cztery doby.

Z samego wyglądu oraz zachowania się względem wspomnianych odczynników można się było w nich domyślać krystaloidów proteinowych. Dla utwierdzenia się w tem mniemaniu stosowałem próby za pomocą jodu, od którego przybierały charakterystyczne dla substancji białkowych zabarwienie, oraz barwidłem fuksyną, którą Zimmermann¹⁾ podaje, jako odczynnik najbardziej dla tych utworów charakterystyczny.

Były to rzeczy zupełnie nowe, w dotychczasowych bowiem preparatach nigdzie niczego podobnego nie widziałem. Nieszczęśliwym zbiegiem okoliczności, ów materiał, utrwalony w końcu grudnia, rozpocząłem badać dopiero po kilku tygodniach. Spostrzegłszy krystaloidy białka, znów utrwalilem świeże kawałki z pnia i gałęzi (w pierwszych dniach marca), chcąc otrzymać w ten sposób jakiegokolwiek wskazówki co do dalszego ich losu; lecz wówczas już nie znalazłem ich ani śladu.

Miejsce tłuszczów, których pełne były promienie rdzenne w grudniu, zajęły obecnie ziarna skrobi, nadzwyczaj obfite w wewnętrznych szeregach komórek, natrafiające się tu i owdzie w znacznie większych ilościach w zastępczyniach komórek przyrurkowych; jednakże obfitszą była zawartość skrobi w zastępczyniach, znajdujących się na krawędziach promieni rdzennych, zatem sąsiadujących bezpośrednio z ich komórkami wewnętrznymi; w zastępczyniach pochodzenia wtórnego, stanowiących owe pionowe szeregi komórek, ilość skrobi była wogóle mniejsza, zmniejszając się wraz z oddalaniem od promienia rdzennego²⁾; gdziekolwiek znaleźć można było jeszcze promienie rdzenne, wykazujące, oprócz ziarn skrobi, również nieco kuleczek tłuszczu. W parę tygodni później (2 kwietnia) znów utrwalilem nieco świeżego materiału. Obfitość skrobi wzrosła

¹⁾ A. Zimmermann. Ueber Proteinkristalloide, (Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Tübingen. Heft I. und II).

²⁾ Toż samo zjawisko widoczne było w rozkładzie kulek tłuszczowych w preparatach grudniowych.

jeszcze bardziej kosztem tłuszczów, które znikły zupełnie; krystaloidów białkowych również nie mogłem odnaleźć.

Co do ilości skrobi, to zdaje się, iż wzrosła ona obecnie znacznie, niż możnaby się spodziewać po drobnej reszcie pozostałych w początku marea tłuszczów. W takim razie rozpadałyby się tu materje białkowe na substancje mniej złożone, a w tej liczbie też węglowodany, — zjawisko, na które po raz pierwszy zwrócił uwagę Pfeffer¹⁾, znajdując je szczególnie rozpowszechnione w tkankach grzybów.

Dalszego losu spostrzeżonych kryształów prześledzić nie mogłem. Ponieważ jednak spostrzeżenia moje dodają parę szczegółów do znajomości tego rodzaju utworów, które w danym razie pozostają bez wątpienia w związku z czynnością badanej tkanki roślinnej, tembardziej przeto pozwolę sobie nieco dłużej się nad nimi zatrzymać.

Jak to widać z załączonych rysunków, krystaloidy proteinowe sosny są bardzo różnych wymiarów i kształtów; zwykle dają się one obserwować w zastępczyniach komórek przyrurkowych (rys. 12, 14, 16 i 17), jakkolwiek niekiedy są też widoczne w innych komórkach promieni rdzennych, osobliwie sąsiadujących z pierwszemi (rys. 13, 15 i 18). Pod względem formy mają po większej części kształty zaokrąglone, kuliste; w pewnych jednak razach są postaci wyraźnie krystalistycznej (rys. 17 i 18), robiąc wrażenie prawidłowych sześciątów.

Kryształy białka znajdowano dotychczas przeważnie w jądrach komórkowych, w leukoplastach, ziarnach chlorofilu i aleuronowych; zaś obecność ich w protoplazmie lub soku komórkowym uważana jest za zjawisko bardzo rzadkie. I o ile z biegiem czasu kryształy pierwszej kategorii, t. j. nie rozsiane swobodnie w komórce — osobliwie zaś w jądrach komórkowych odnajdowano u eo raz to nowych roślin²⁾, to nowe spostrzeżenia eo do drugiej kategorii przybywały nader rzadko.

Zimmermann³⁾ na zasadzie swych badań specjalnych skłania się do przyjęcia ogólnej zasady, iż, jakkolwiek kryształy spotykają się też niekiedy w protoplazmie lub soku komórkowym, nigdy jednak nie dają się obserwować w tej samej komórce jednocześnie z kryształami, zawartymi w jądrze. Dopiero Stock⁴⁾ zaprzeczył temu na podstawie wła-

¹⁾ W. Pfeffer. Pflanzenphysiologie. I. Bd. Leipzig 1897. str. 458 i nast.

²⁾ Zestawienie danych odpowiednich znajduje się w dziele Zimmermanna: „Die Morphologie und Physiologie des pflanzenlichen Zellkerns.“ 1896. Wymienia on 16 rodzaj jawnokwiatowych oraz kilkanaście rodzaj paproci, u których obserwowano kryształy proteinowe w jądrach komórkowych.

³⁾ Cytowane wyżej badania „Ueber die Proteinkristalloide.“

⁴⁾ G. Stock. Ein Beitrag zur Kenntniss der Proteinkristalloide. Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Breslau. 1893.

snych doświadczeń, albowiem hodując w płynach, obfitujących w materye azotowe, roślinę: *Rivina humilis*, w której liściach jądra komórkowe odznaczają się zawartością kryształów, otrzymywał liczne kryształy też poza granicami jąder, swobodnie rozrzucone w komórce.

W wyżej wspomnianych komórkach sosny obserwowałem kryształy proteinowe zarówno w jądrach, jak i w protoplazmie. Niekiedy dochodziły one znacznych rozmiarów, nieraz zaś miały postać drobnitkich ziarenek, widocznych na całej przestrzeni komórki (rys. 13) lub też jądra (rys. 12); niekiedy otrzymywałem miejscami czerwone zabarwienie w całych komórkach lub też w pewnych tylko okolicach protoplazmy (rys. 12, 13, 14 i 15), jak gdyby świadczące o obecności znacznych ilości materyi białkowych, które nie zdążywszy się jeszcze wykrystalizować nadają już swoiste zabarwienie zajmowanej przez się przestrzeni.

O ile mogłem zauważyć, kryształy białka ukazują się przede wszystkim w jądrach, poczem dopiero dają się też dostrzedz w protoplazmie komórki. Tymczasem trudno mi uogólnić tego wniosku, jako kategorycznego twierdzenia; w każdym jednak razie nie widziałem komórki, któraby, nie mając kryształów w jądrze, zawierała je w protoplazmie.

Byłoby to w takim razie zjawisko analogiczne do doświadczeń Stocka z *Rivina humilis* i wykazywałoby, że właściwem miejscem składania skoncentrowanych materyi białkowych w komórce są jądra, zaś poza jego granicami dzieje się to jedynie wyjątkowo, kiedy roślina znajduje się w niezwykle sprzyjających warunkach odżywiania lub też w tych tkankach, do których przyływ substancyi białkowych jest obfitszy.

Historja powstawania i rozwoju kryształów jest jeszcze bardzo ciemna. Zimmermann obserwował u *Polypodium irreoides*, że kryształy proteinowe powstają wskutek zlewania się drobniejszych kuleczek; Stock natomiast twierdzi, że w badanych przez niego roślinach ciała owe nie powstają na drodze łączenia się drobnych kuleczek, lecz posiadają określoną i właściwą formę od samego początku swego istnienia, rosnąc następnie przez przybieranie nowych cząsteczek materyi. Inni znów przypuszczają, iż te skupienia materyi białkowych zajmują wakuole jąder lub protoplazmy.

Na zasadzie moich preparatów trudno rostrzygać cokolwiek w tej kwestyi, albowiem dają one obraz jednego tylko momentu życia tych utworów. W każdym jednak razie twierdzić można, że nie zapełniają one pustych wakuol. Sam ich wygląd, oraz odstawanie od ich powierzchni protoplazmy i substancyi jądra, widoczne osobliwie dobrze

w preparatach z okazami większymi (rys. 16) każą — zdaje się — uważać je za twory samodzielne, a nie za takie, które tylko przestrzeń wolną zajmują.

Jakie jest znaczenie fizyologiczne tych utworów? Radlkofer, który obserwował kryształy białka już przed 40 laty, oraz niektórzy badacze późniejsi, uważając je za nieużyteczne wydzieliny, odmawiali im wszelkiego znaczenia w gospodarce komórki.

Dopiero Leitgeb.¹⁾ zauważył, że kryształy owe, pospolite w jądrach komórek okwiatu *Galtonia*, znikają przed mającym nastąpić zwiędnieniem kwiatu, a proces ten zaczyna się już wówczas, kiedy życie komórek okwiatu trwa jeszcze w pełni i cyrkulacja protoplazmy jest normalna. Można stąd wnioskować, że substancja kryształów nie jest nieużyteczną wydzieliną, że przeciwnie, musi być potrzebna roślinie, skoro zabiera ją zawczasu z narzędzi, mających wkrótce uleść śmierci.

Tenże autor usiłował następnie zdobyć pewne wskazówki przez doświadczenie. W tym celu trzymał w ciemności pęczki liściowe z *Pinguicula* w atmosferze dostatecznie wilgotnej do podtrzymania w nich życia. Pozbawione w ten sposób możności przyswajania, mogły się rozwijać jedynie kosztem złożonych w nich zapasów; badania mikroskopowe wykazały istotnie po upływie pewnego czasu zupełny zanik kryształów proteinowych, zazwyczaj bardzo obfitych w jądrach komórkowych tej rośliny.

Doświadczenie powyższe daje nam już nie tylko ogólną, wskazówkę co do znaczenia tych utworów, lecz ściśle określa ich rolę, jako składów materii zapasowych, może nie używanych nieraz w normalnych warunkach, lecz nader pożytecznych w krytycznem położeniu rośliny.

Ciekawy fakt podaje też Heinricher²⁾. Pewnego razu dostarczono mu ze wsi chore egzemplarze krzaków kartofla, których narzędzia podziemne zupełnie pogniły z powodu nadmiaru wilgoci w gruncie. Badając części łodyg, znajdujące się tuż nad ziemią, Heinricher zauważył niezwykłą obfitość kryształów proteinowych w protoplazmie wszystkich tkanek łodygi, osobliwie zaś jej części sitkowej. Przyczyna zjawiska tego jest zrozumiała: jakkolwiek pozbawiona zdrowych narzędzi podziemnych, roślina utrzymywała się czas jakiś przy życiu; wytwarzane wówczas materje, nie znajdując zwykłego ujścia w bulwach podziemnych, zbierały się w postaci kryształów w najniższych częściach łodygi nadziemnej.

¹⁾ H. Leitgeb. Krystalloide in Zellkernen. Mitteilungen des botanischen Instit. zu Graz. Bd. I. 1886.

²⁾ E. Heinricher. Ueber massenhaftes Auftreten von Krystalloiden in Laubtrieben der Kartoffelpflanzen. Berichte der deutschen bot. Gesellsch. 1891.

Ważny przyczynek do wyjaśnienia fizyologicznego znaczenia kryształów dają doświadczenia Stocka¹⁾. Wyjaśnił on mianowicie, że obecność kryształów w jądrach jest ściśle związana z warunkami, w jakich się znajduje roślina pod względem pożywienia. Tak n. p. w roztworach kultur wodnych, pozbawionych substancji azotowych, ilość oraz ich wielkość rażąco się zmniejsza, wzrastając natomiast niezwykle w roztworach, zawierających materje azotowe, lecz nie posiadających związków wapnia. Roztwory ostatniego rodzaju, jak wiadomo, nie sprzyjają wzrostowi rośliny, przeto wytwarzane substancje, nie znajdując ujścia w nowych tkankach, zbierają się w postaci kryształów wewnątrz jąder²⁾. Nie są też bez wagi obserwacje Stocka, że kryształy, zawarte w jądrach łusek pączków liściowych jesionu i innych oliwkowatych, zmniejszają się stopniowo wraz z rozwojem pączków i znikają bez śladu przed opadnięciem łusek.

Dane powyższe stanowią cały zasób dotychczasowych wiadomości o znaczeniu fizyologicznym kryształów proteinowych. Rzecz oczywista, że sprawa ta nie jest jeszcze wyczerpana, daleko jej nawet do tego, nie mniej przeto nie ulega wątpliwości, iż przynajmniej w pewnych przypadkach stają się one zbiornikami materiałów zapasowych. Z tego względu sprawa ta wiąże się ściśle z inną, tyjącą się znaczenia tkanki, o której mówię w niniejszej pracy, mianowicie — ze znaczeniem fizyologicznym komórek przyrurkowych. Obiedwie kwestye znajdują tutaj punkt styeczny, w którym wiążą się razem, a wspierając się wzajemnie, przyczyniają się do obopólnego wyjaśnienia.

Kryształy proteinowe sosny spotykają się, oprócz zastępczyni komórek przyrurkowych, też w innych (sąsiednich) komórkach promieni rdzennych, a nawet — wprawdzie bardzo rzadko — też w rurkach sitkowych³⁾ (rys. 19). Widać z tego, że nie może tu być mowy o żadnej, wyłącznie komórkom przyrurkowym właściwej, czynności wytwarzania czy też odpowiedniego przetwarzania substancji białkowych.

¹⁾ Loc. cit.

²⁾ Skłonność jądra do skupiania w sobie zapasów zdaje się przemawiać za tem, iż jest ono istotnie odsunięte od bezpośredniego udziału w czynnościach komórki, mających na celu podtrzymywanie jej życia indywidualnego, — oraz przeczyć hipotezom o istnieniu ciągłej wymiany materji czy też energii między jądrem i protoplazmą.

³⁾ Widoczne na rys. 19 skupianie się białka u zakończeń rurek sitkowych prawdopodobnie nie jest zjawiskiem naturalnem, lecz wywołanem sztucznie przez przecięcie tkanki, jest zatem analogiczne do powszechnie znanego układania się zawartości rurek sitkowych dyni.

Rzecz przedstawia się zatem w sposób następujący: przed nadejściem zimy rurki sitkowe oddają swą zawartość komórkom przyrurkowym; część ich udziela się promieniom rdzennym, jako pierwszy ładunek, mający być zużyty na wiosnę, główna zaś masa pozostaje w komórkach przyrurkowych, które pełnią w ten sposób rolę magazynów względem rurek sitkowych. Co się zaś tyczy tej drobnej reszty, jaka pozostaje tu i owdzie w rurkach sitkowych (rys. 19), nie wyda nam się to dziwne, jeżeli zwrócimy uwagę, iż rurki sitkowe trwają w okresie czynnym swego życia u sosny przez dwa lata; pozostałe przeto w rurkach materye, gdybyśmy nawet przypuszczali istotną przerwę komunikacji na zimę, nie są stracone dla rośliny, a chwilowe ich izolowanie zaważyłoby na szali losu rośliny nie może.

Niektórzy autorzy odmawiają tego znaczenia komórkom przyrurkowym na tej zasadzie, że podczas zimy wydają się one znacznie uboższe w zawartość, aniżeli w lecie. Zarzut ten jednak nie wytrzymuje krytyki: zawartość rurek sitkowych, udzielana bezpośrednio komórkom przyrurkowym, jest bądź co, bądź cieczą wodnistą, tutaj zaś jest daleko bardziej skoncentrowana.

Widzimy więc, że z jednej strony nowe fakta anatomiczne, tyżące się systemu zastępczyni komórek przyrurkowych u sosny, z drugiej zaś strony pewne spostrzeżenia co do ich zawartości podczas zimy upoważniają nas do przypuszczenia, iż zadaniem komórek powyższych jest zatrzymywać odbierane odrurek sitkowych materye, aby udzielać ich według potrzeby promieniom rdzennym dla dalszego transportowania na miejsce przeznaczenia; rzecz oczywista, że głównie chodzi tu o zimę, albowiem w okresie vegetacyi, wobec ciągłego zapotrzebowania, znaczenie ich ogranicza się do roli pośredników, jakkolwiek i wówczas trudno im odmówić pewnego udziału w regulowaniu transportu materyi. Wtedy możnaby porównać komórki przyrurkowe z klapami, a raczej kranami bezpieczeństwa: w gruncie rzeczy jest to taż sama czynność, polegająca na przechowywaniu, a różnica zachodzi jedynie w przeciagu czasu jej trwania.

Wnioski powyższe wysnute zostały na zasadzie spostrzeżeń nad jedną rośliną — i to nader nie zupełnych, skoro obejmują zbyt mało chwil z całego okresu vegetacyi. Ale chociaż moje spostrzeżenia nie rozstrzygają sprawy, to przecież mogą dać niejedną wskazówkę i ułatwić dalszą pracę.

Bonn, w kwietniu 1898.

LITERATURA.

- Czapek Fr. Ueber die Leitungswege der organischen Baustoffe im Pflanzenkörper. (Sitzungsb. d. k. Akad. der Wiss. in Wien. Bd. CVI. Abth. I. 1897).
- Gerasimoff. Einige Bemerkungen über die Function des Zellkernes. (Bullet. de la Soc. des Nat. de Moscou. 1891).
- Haberlandt. Physiologische Pflanzenanatomie. II. Aufl. 1896.
- Haberlandt. Ueber die Beziehungen zwischen Function und Lage des Zellkernes. 1887.
- Heinricher. Ueber massenhaftes Auftreten von Krystalloide in Laubtrieben der Kartoffelpflanze. (Berichte der deutsch. botan. Gesellschaft. 1891).
- Janczewski E. Rurki sitkowe (Rozprawy Akademii Umiejętności w Krakowie. Cz. I—IV. 1880—1881).
- Kny L. Ein Beitrag zur Kenntniss der Markstrahlen dicotyler Holzgewächse. (Berichte der deutschen bot. Ges. 1890).
- Klebs. Ueber den Einfluss des Zellkernes in der Zelle. (Biologisches Centralblatt 1887).
- Klebs. Untersuchungen an dem botanischen Institut zu Tübingen. Band II. 1888.
- Lecomte H. Contribution à l'étude du liber des Angiospermes. (Annales des sciences naturelles. Série VII. Botanique 1889).
- Leitgeb H. Krystalloide in Zellkernen (Mitteilungen des botanischen Inst. zu Graz. Bd. I. 1886).
- Palla E. Beobachtungen über Zellhautbildung an des Zellkernes beraubten Protoplasten. (Flora. 1890).
- Pfeffer W. Ueber den Einfluss des Zellkerns auf die Bildung der Zellhaut. (Ber. der k. Sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. 1896).
- Pfeffer W. Handbuch der Pflanzenphysiologie I. Bd. 1897.
- Russow E. Bau und Entwicklung der Siebröhren (Sitzungsberichte der Dorpater Naturforscher-Gesellschaft. 1882).
- Stock G. Ein Beitrag zur Kenntniss der Proteinkrystalloide. (Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen. 1893).
- Strasburger E. Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. 1891.
- Strasburger E. Die Vertreterinnen der Geleitzellen im Siebtheile der Gymnospermen. (Sitzungsber. der k. preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin. 1890).
- Townsend Ch. O. Der Einfluss des Zellkerns auf die Bildung der Zellhaut (Jahrbücher für wissenschaft. Botanik. 1897).
- Zacharias E. Ueber das Verhalten des Zellkernes in wachsenden Zellen (Flora 1895).

Zimmermann A. Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes. 1896.
 Zimmermann A. Ueber Proteinkristalloide. (Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Tübingen. Heft I. und II).

Objaśnienie rysunków.

Wszystkie figury wzięte z sosny zwyczaj. (*Pinus silvestris*) i wyrysowane za pomocą przyrządu Abbé'go, oraz mikroskopu Leitz'a z soczewką imersyjną (w większych powiększeniach).

- Fig. 1. Jądro z komórki miazgi (1000).
 Fig. 2. }
 Fig. 3. }
 Fig. 4. } Jądra z młodych rurek sitkowych (1000).
 Fig. 5. }
 Fig. 6. }
 Fig. 7. Wycinek promieniowy. Promień rdzenny z szeregiem zastępczych komórek przyrurkowych (210).
 Fig. 8. Wycinek promieniowy. Podział zastępczych komórek przyrurkowych (210).
 Fig. 9. Wycinek promieniowy. Grupy zastępczych komórek przyrurkowych.
 Fig. 10. Wycinek promieniowy (170).
 Fig. 11. Wycinek styczny (210).
 Fig. 12. W jądrze komórki środkowej pełno drobnych kryształów białka; protoplazma przybrała różowy odcień (300).
 Fig. 13. Drobne kryształy, rozsiane w protoplazmie komórki promienia rdzennego. Jądro niewidoczne.
 Fig. 14. } Skrawek promieniowy promienia rdzennego. W jądrze i protopla-
 Fig. 15. } zmie kryształy białkowe.
 Fig. 16. Komórka przyrurkowa (zastępczyni) z kryształami białka (1000).
 Fig. 17. Komórka wyjęta z grupy zastępczych komórek przyrurkowych. W plazmie sześciiany białka, w jądrze ciała kuliste (500).
 Fig. 18. Komórka promienia rdzennego.
 Fig. 19. Wycinek promieniowy. Zakończenia rurek sitkowych z kryształami białka (210).

