

O powstawaniu i znikaniu skrobi w gałeczkach zieleni.

przez

Dra Emila Godlewskiego.

Badając pod silném powiększeniem, gałeczki zieleni liścia wystawionego przez dłuższy czas na działanie światła, dostrzeżemy z łatwością w każdej z nich jedno lub więcej ziarenek, łamiących światło silniej, niż reszta istoty składającej też gałeczki. Ziarnka te przy bliższém badaniu za pomocą odczynników, okazują się być złożonemi z istoty skrobiowej. Ten dowód obecności skrobi w gałeczkach zieleni, wykryty został po raz pierwszy przez MOHLA ¹⁾ w ramienicy. Następnie badania NÄGELIEGO, GRISA i BÖHMA wykazały, że nie tylko w ramienicy, ale niemal we wszystkich roślinach gałeczki zieleni zawierają skrobię. W prawdzie w wielu wypadkach proste użycie jodu nie wystarcza do wykrycia skrobi, ale i wtedy o obecności jój z łatwością przekonać się można w sposób następujący:

¹⁾ *Vermischte Schriften bot. Inh.* 1845 s. 315.

Kawałki badanego liścia, wrzuca się do silnego wysokoku i wystawia na działanie światła, aż do całkowitego odbarwienia się tychże. Gdy barwa zielona liścia zniknie zupełnie, przyrządza się z niego delikatne wycinki, i wkłada się je do miernie stężonego wodnika potasowego (najlepiej na szkiełku zégarkowém), tu zostawia się je przez 24 godzin w spokoju, albo téż przez kilka minut z lekka się je ogrzewa. Przez to działanie wodnika potasowego pierwoszczce gałeczek zieleni, które utrudniało przystęp jodu, zostaje całkowicie lub w części rozpuszczone, ziarnka zaś skrobi (jeżeli tylko ogrzewanie nie było za silne, albo roztwór KHO nie za nadto stężony), pozostają bez zmiany. Teraz należy wycinki wymyć dobrze wodą przekroploną, włożyć na chwilę w kwas octowy, wymyć wodą powtórnie, i dopiero umieściwszy je na szkiełku zégarkowém, działać na nie słabym roztworem jodu — bądź w wysokoku, bądź, co lepiej, w glicerynie lub w jodku potasowym. Jeżeli tylko działanie odczynników dobrze było umierzone, wtedy przy tém postępowaniu najmniejsze nawet ślady skrobi w komórkach śródliścia widocznymi się stają. Jeżeli gałeczki zieleni nie zostały przez działanie odczynników całkowicie zniszczone, wtedy widzieć téż można, że ziarnka skrobi nie gdzieindziej, — ale w nich tylko mają swoje siedlisko.

Nie zaraz po wykryciu obecności skrobi w gałeczkach zieleni, umiano sobie to zjawisko w należyty sposób objaśnić. Mówiono o przeobrażaniu się stopniowém skrobi w zieleń, a nawet MULDER ¹⁾ osnuł

¹⁾ *Versuch einer physiologischen Chemie. Braunschweig.* s. 294 cytuje *Mohl Bot. Zeit.* 1855 s. 113.

dość dziwną teorię dotyczącą sposobu tego przeobrażenia.

Gałączki zieleni według niego składały się z barwnika i wosku, a ten ostatni zawdzięczał swój początek powolnemu odtlenianiu się skrobi. Wydzielanie tlenu przez rośliny, miało być zewnętrznym objawem tego redukcyjnego procesu, który zwolna skrobię przeobrażał w zieleni. Bezzasadność tej teorii wykazał już w r. 1855 MOHL ¹⁾, udowodniając, że w pewnych przynajmniej razach, gałączki zieleni powstają pierwój, aniżeli skrobia, która się w nich znajduje; ta ostatnia jest w nich dopiero późniejszym utworem. GRIS ²⁾ w obszerniej swój pracy nad zielenią, udowodnił, że nie czasem, ale zawsze gałączki zieleni są utworem pierwotnym, a ziarenka skrobi później w nich dopiero powstają. Przez to odkrycie utorował on SACHSOWI drogę do wykrycia istotnego stósunku, w jakim ziarenka skrobi znajdują się do zawierających je gałączek zieleni. SACHS z szeregu pięknych doświadczeń wyprowadził wniosek, że: „treść skrobiowa zieleni, jest w niej nie tylko zjawiskiem następnem, ale nadto że się wytwarza przez przyswajającą czynność zieleni, pod wpływem światła pewnego oznaczonego natężenia i że tu właśnie istota skrobiowa powstaje ze swoich odleglejszych części składowych, a przechodząc następnie w inne części rośliny — pośredniczy przy jej wzroście, służąc jako materyjał na budowę błon komórkowych.“ ³⁾

¹⁾ *Bot. Zeit.* 1855 s. 113 — 115.

²⁾ *Annales des sciences naturelles* 1857 VII.

³⁾ *l. c.* s. 366.

Doświadczenia z których SACHS wywiódł ten wypadek, polegały na tém, że rośliny, o których przekonał się, iż zawierały skrobię w gałeczkach zieleni swych liści, umieszczał na parę dni w ciemności, a badając je po upływie tego czasu, przekonywał się, że skrobia z gałeczek znikła. Gdy następnie wystawił rośliny na światło i po pewnym czasie badał je na nowo, przekonywał się zawsze, że skrobia znowu w liściach się znajdowała. Z tego wywnioskował SACHS, że światło jest niezbędnym czynnikiem przy powstawaniu skrobi w gałeczkach zieleni, a że, (rozumował dalej), światło jest także niezbędnym czynnikiem rozkładu kw. węglowego przez rośliny, nadto, ponieważ tylko części zielone roślin kwas węglowy rozkładać mogą; więc przyjąć należy, — iż skrobia w gałeczkach zieleni powstająca, jest wynikiem rozkładu kwasu węglowego i wody w roślinie. Wypadki doświadczeń SACHSA nad rolą gałeczek zieleni u roślin nasieniowych, stwierdził FAMINTZIN ¹⁾ na wodorostach, używając przytém do doświadczeń — nie światła słonecznego — ale zgęszczonego za pomocą reflektora światła lampy kerazynowej. Przekonał się, że już po półgodzinném działaniu tego światła na szrubnicę, skrobia dostrzedz się daje we wstęgach zieleni poprzednio zupełnie od niej wolnych. KRAUS ²⁾ wykazał, że w świetle bezpośredniém skrobia powstaje nie

¹⁾ *Famintzin Die Wirkung des Kerasin — Lampenlichtes auf Spirogira orthospira. Nög. Abd. a. d. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. B. VI. 1867.*

²⁾ *Kraus Jahrbücher für wissenschaftliche Bot. B. VII. s. 510 — 531.*

równie szybciej, aniżeli w rozproszoném. I tak: kiedy gałeczki zieleni moczarki (*elodea*) i skrętki (*funaria*) w świetle rozproszoném okazywały dopiero po 4 — 6 godzinach pierwsze ślady skrobi, to pod bezpośrednim wpływem promieni słonecznych, w ciągu $1\frac{1}{2}$ — 2 godzin wytwarzały ilości téj istoty już wyraźnie rozeznac się dające.

Nadto FAMINTZIN ¹⁾ i KRAUS ²⁾ — każdy z osobna — wykazali, że światło żółte nie równie silnie wywołuje tworzenie się skrobi, aniżeli niebieskie. Pierwszy twierdził nawet, że światło niebieskie działa jak ciemność, ale błąd jego sprostowali KRAUS i PRILLIEUX ³⁾. Pokazało się zatém, że powstawanie skrobi zależy przeważnie od promieni téj samej łamliwości co i rozkład kwasu węglowego, co było nowém poparciem twierdzenia SACHSA, że skrobię znajdującą się w gałeczkach zieleni za produkt wytworzony przez roślinę z kw. węglowego i wody uważać należy. KRAUS, aby to zapatrywanie SACHSA, które w zupełności podzielał, poprzeć jeszcze bardziej, — starał się wykazać, że w istocie, przy powstawaniu skrobi w gałeczkach zieleni waga materji suchej w roślinie zostaje zwiększoną. W tym celu z młodych o ile możności jednakowych roślinek rzeżuchy, — które tylko co rozwinęły swoje listnie i o których przekonał się, że skrobi nie zawierają wcale, — ubierał 30 par listniów

¹⁾ b. c.

²⁾ b. c.

³⁾ Prillieux „*Influence de la lumière bleue sur la production de l'amidon dans la chlorophylle.*“ *Comptes rendus*, 1870 T. 70 s. 521.

i takowe ważył w stanie świeżym i po wysuszeniu. Inne tak samo rozwinięte roślinki wystawiał na kilka lub kilkanaście godzin na światło, a gdy skrobię obficie wytworzyły, zbierał z nich znów 30 par i ważył jak wyżej. W ten sposób przekonywał się stale, że te ostatnie roślinki więcej zawierały materji suchej, niż pierwsze; czyli, że wytworzenie skrobi połączone było z przybytkiem na wadze materji suchej. KRAUS badał także wpływ ciepłoty na powstawanie skrobi i przekonał się, że przy wyższej ciepłocie powstawanie skrobi energiczniej się odbywa, aniżeli przy niższej. Oznaczył téż minimum ciepłoty, przy której jeszcze proces tworzenia się skrobi może mieć miejsce i znalazł je: dla rzerzuchy siewnej $2,5 - 3^{\circ} \text{C}$, dla brzozy białej $4,3 - 4,9 \text{C}$, dla moczarki kanadyjskiej około 5°C , wykazał więc, że w stosunkowo bardzo niskiej ciepłocie, tworzenie się skrobi już miejsce mieć może.

Widzimy zatém, że dotychczasowe badania obracały się wyłącznie około udowodnienia, że skrobia w gałeczkach zieleni jest istotnie wypadkiem ich przyswajającej działalności, — oraz około zbadania wpływu światła i ciepła na powstawanie skrobi.

SACHS wypowiedział jasno, że skrobia w gałeczkach zieleni powstaje jako wynik sprawy przyswajania, w skutek rozkładu kw. węglowego i wody; ale dowodził tego tylko tém, że wykazywał zgodność warunków potrzebnych do wytworzenia się skrobi, z warunkami rozkładu kwasu węglowego. Nikt jednak dotąd nie starał się przekonać, czy rzeczywiście do wytworzenia skrobi potrzeba kwasu węglowego, i o ile mniejsza lub większa jego ilość w powietrzu roślinę

otaczającym, wpływa na przyspieszenie lub opóźnienie powstawania skrobi w gałeczkach zieleni.

Tę lukę mają właśnie poniżej opisane doświadczenia wypełnić.

Inne pytanie, które w pracy niniejszej także znajdzie rozwiązanie na doświadczeniu oparte, dotyczy znikania skrobi z gałeczek zieleni. Wspomnieliśmy już, iż SACHS wykazał, że, jeżeli roślina zostanie umieszczona w ciemności, wtedy skrobia znajdująca się w jej gałeczkach zieleni, znika z nich, zostając odprowadzoną do dalszych części rośliny, aby tam dostarczyć materiału na błony komórkowe przy powstawaniu i wzroście komórek.

Ale pytanie, jak należy to znikanie skrobi w ciemności rozumieć? Czy rzeczywiście skrobia tylko w nocy z gałeczek zieleni ustępuje, a w dzień się w nich wytwarza? Czy też przenoszenie się skrobi z liści do dalszych części rośliny, ma miejsce nieustannie, jak w dzień, tak w nocy, a gromadzenie się w nich skrobi dzienną porą, jest tylko skutkiem tego, że w oświetlonych gałeczkach zieleni, skrobia prędzej powstaje, aniżeli z nich znika? Przy pierwszém rozumieniu rzeczy, skrobia którą wieczorem w liściu znajdujemy, przedstawiałaby całkowitą ilość skrobi wytworzoną w nim przez przeciąg całego dnia; w drugiem uważałoby ją należało tylko jako różnicę, między tą ilością skrobi, jaka w liściu w ciągu dnia powstała, a tą, jaka w tymże czasie z niego ustąpiła. Krótko mówiąc, chodzi o odpowiedź na pytanie, czy światło odpyw skrobi z gałeczek zieleni wstrzymuje czy nie? SACHS, jak się zdaje był zdania, że w świetle, skrobia z gałeczek zieleni nie znika, skoro mówi: „die Stär-

„*kebildung im Chlorophyll ist also eine Function des beleuchteten, die Auflösung der Stärke eine Function des nicht beleuchteten Chlorophylls.*“¹⁾

Tak więc praca niniejsza rozłoży się na dwie części:

1. O znikaniu skrobi z gałeczek zieleni.
2. O powstawaniu skrobi w gałeczkach zieleni.

O znikaniu skrobi z gałeczek zieleni.

Metoda doświadczeń.

Jak wyżej powiedziałem, chodziło mi przede wszystkim o odpowiedź na pytanie: czy światło przeszkadza odpływowi skrobi z liści do dalszych części rośliny, czy nie? Plan moich doświadczeń, opierał się na następującem rozumowaniu. Jeżeli w istocie, jak utrzymuje SACHS, a za nim wszyscy prawie nowsi fizjologowie, skrobia w gałeczkach zieleni jest istotą wytworzoną przez też gałeczki z kwasu węglowego i wody, to niezbędnym warunkiem jój powstawania tutaj, musi być nie tylko światło, ale i przystęp kwasu węglowego, to choćby działanie światła najsilniejszym nawet było, ani śladu skrobi w gałeczkach zieleni wytworzyć się nie powinno. Jeżeli tak jest w istocie, to mamy bardzo łatwy sposób przekonania się, czy odpływ skrobi z liści na światło wystawionych ma miejsce czy nie? bo umieściwszy roślinę której gałeczki zieleni zawierały skrobię w atmosferze po-

¹⁾ Sachs „*Lehrbuch der Botanik*“ III. Auflage 1873. p. 656.

zbawionej kwasu węglowego, i wystawiwszy ją na światło, postawimy ją w warunkach, w których, mimo działania światła, skrobia znikająca nie będzie mogła być zastąpiona nową. Jeżeli tedy światło odpływu skrobi nie tamuje, to w tych warunkach mimo najsilniejszego oświetlenia, ilość skrobi w gałeczkach zieleni będzie się musiała zmniejszyć.

Wszystkie prawie doświadczenia robiłem na młodych roślinkach, wyhodowanych z nasion w małych wazonikach.

Aby roślinę umieścić w atmosferze kwasu węglowego nie zawierającej, wstawiałem wazonik do zwykłej szklanki do picia i razem z nią umieszczałem go na talerzu, na który naléwałem dość zgęszczonego roztworu wodnika potasowego. Następnie roślinkę nakrywałem dzwonem szklannym, około 5 litrów objętości mającym (fig. 1.), szyjkę tego dzwonu zatykałem korkiem kauczukowym, przez otwór którego przechodziła rurka *a* dwa razy zgięta, połączona z szeroką rurką zgiętą w U, napełnioną kawałkami wodnika potasowego i pumexu napojonego roztworem tegoż ciała. W ten sposób, powietrze pod dzwonem zawarte, było w bezpośrednim związku z powietrzem zewnętrznym, ale przystęp kwasu węglowego do rośliny był całkowicie wstrzymany. Aby nie dopuścić wpływu i tych drobnych ilości kwasu węglowego, jakieby z ziemi do rośliny dostać się mogły, używałem z początku zamiast ziemi — piasku wypalonego i napojonego dość stężonym roztworem soli, niezbędnych dla wzrostu rośliny; później atoli przekonałem się, że używając zwyczajnej ziemi ogrodowej, téż same otrzymujemy wypadki.

Zestawienie i wyniki doświadczeń.

Doświadczenie I. (z roku 1873).

W dwóch wazonikach, napełnionych piaskiem wypalonym i napojonym roztworem soli żywiących, zasiano po kilka nasion rzodkwi. Jeden z wazoników *a* postawiono swobodnie na oknie, — drugi *b* na tém samym oknie, ale pod dzwonem, w atmosferze nie zawierającej kwasu węglowego.

Dnia 22 Maja, gdy listnie się rozwinęły, wzięto próbki z obu wazoników i przekonano się, że w komórkach śródliścia, tak roślinek *a*, jak i *b*, skrobia dość obficie się znajdowała. To zdawało się na pozór przeczyć zdaniu o niezbędności kwasu węglowego do wytworzenia skrobi; jednakowoż zastanowiwszy się nad tém bliżej, inaczej sądzić musimy.

Z doświadczeń SACHSA ¹⁾, PETERSA ²⁾ i innych wiadomo, że przy kiełkowaniu nasion tłuszczowych, tłuszcz przechodzi przedewszystkiém w skrobię, i ta dopiero zostaje następnie do budowy błon komórkowych zużyta. Skrobia więc, która się tu w listniach znajdowała, nie była wytworzona przez gałeczki zieleni, ale powstała z przeobrażenia się tłuszczu nagromadzonego w nasionach. Ta przemiana, od kwasu

¹⁾ *Sachs. Ueber die Stoffe welche das Material zum Wachsthum der Zelhäute liefern. Jahrb. f. wiss. Bot. B. III. 1863.*

²⁾ *Peters. Zur Keimungsgeschichte des Kürbissamens in „Die Landwirtschaftlichen Versuchstationen.“ H. 7. p. 1. 1861. Cytuje Sachs Experimental. Physiologie s. 364.*

węglowego w powietrzu zawartego jest oczywiście zupełnie niezależną; nic więc dziwnego, że w pierwszych dniach po rozwinięciu się listniów, i te roślinki, które znajdowały się w atmosferze nie zawierającej kwasu węglowego, także skrobię zawierały. Aby więc odpowiedzieć na pytanie, czy kwas węglowy jest potrzebnym do tego, aby skrobia w gałeczkach zieleni powstać mogła? należało doświadczenie przedłużyć do czasu, w którym wszystkie tłuszczy listniów i skrobia z niego powstała, zostałyby przy wzroście listniów zużyte.

Gdybyśmy potem jeszcze skrobię, w listniach roślinek rosnących w atmosferze pozbawionej kwasu węglowego znajdowali, to już w istocie o prawdziwości teorii SACHSA zwątpićby należało.

Dla tego d. 26 Maja, wzięto nowe próbki listniów *a* i *b* i badano je na skrobię.

a komórki śródliścia przepelnione skrobią, *b* w komórkach śródliścia zaledwo ślady skrobi.

Dnia 27 wieczór: *a* jeszcze więcej skrobi niż dnia poprzedniego, *b* ani śladu skrobi.

Wątpliwość zatem została rozwiązana, bo pomimo, że roślinki *b* tak samo były wystawione na światło jak *a*, z pierwszych skrobia całkowicie zniknęła, gdy tymczasem w drugich obficie w komórkach śródliścia się znajdowała. Oczywiście, że skrobia z listniów roślinek *a*, musiała być zużyta, przy wzroście, tak samo jak w roślinkach *b*; różnica więc dostrzeżona mogła pochodzić tylko ztąd, że w roślinkach *a* skrobia zużyta zastąpioną została — tąż nowo wytworzoną; — w roślinkach *b*, z powodu braku kwasu węglowego, skrobia w listniach powstawać nie mogła. A

zatem doświadczenie to przekonywa nas, że: aby skrobia w gałeczkach zieleni powstać mogła, przystęp kwasu węglowego do rośliny jest bezwarunkowo niezbędnym. Wynik ten jest prawie niezbitym dowodem prawdziwości zapatrywania się SACHSA na skrobię w gałeczkach zieleni, jako na wypadek przyswajającej czynności tychże gałeczek.

Zdobywszy ten pierwszy fakt doświadczalny, można było teraz przystąpić do odpowiedzi na pytanie, czy odpływ skrobi z gałeczek zieleni wyłącznie w nocy, czy téż i w dzień ma miejsce? W tym celu, w dalszym ciągu doświadczenia przestawiono wazoniki, wazonik *a* z zewnątrz wstawiono pod dzwon, a wazonik *b* z pod dzwonu wystawiono na zewnątrz.

Dnia 28 Maja o godz. 3 $\frac{1}{2}$ rano wzięto próbki listniów z każdego wazonika.

Listnie z wazonika *a* pod dzwonem zawierały bardzo obficie skrobię, listnie z *b* ani śladu téjże nie zawierały.

O godzinie 9 $\frac{1}{2}$ rano:

a skrobi bardzo znacznie ubyło, *b* skrobia już obficie się wytworzyła.

Godzina 3 $\frac{1}{2}$ po południu:

a skrobia we większej ilości, tylko w szparkach i około pączków cewkowych, a w miąższu śródliscia tylko ślady, *b* listnie przepelnione skrobią, tak, że przy działaniu jodu, wycinki z nich prawie czarne.

Tak więc w ciągu 12 godzin dziennych, listnie roślinek na wolnym powietrzu będących przepelnily się skrobią, chociaż jej poprzednio wcale nie zawierały; listnie zaś roślinek, do których kwas węglowy nie miał przystępu, jakkolwiek poprzednio bardzo obficie

skrobię zawierały, w ciągu tych 12 godzin całkowicie się z niej wypróżniły, — pomimo, że tak samo jak i poprzednie, przez cały ten czas na wpływ światła były wystawione. A zatem światło nie zatrzymuje znikania skrobi z liści; odpływ ten ma miejsce nie tylko w nocy ale i w dzień, a gromadzenie się skrobi w liściach wystawionych na światło, dla tego tylko możemy spostrzegać, że powstawanie jej w gałeczkach zieleni, przeważa nad znikaniem. Nie spostrzegamy zatem całej ilości skrobi, ale tylko ten nadmiar, który jeszcze nie miał czasu przenieść się do dalszych części rośliny. KRAUS wykazał, że skrobia tém szybciej w gałeczkach zieleni powstaje, im natężenie światła jest silniejsze, a zatem, przy słabém natężeniu światła może się zdarzyć, że powstawanie i niknięcie skrobi wzajemnie się równoważą, tak, iż pomimo że sprawa przyswajania jeszcze nie ustanie, powstawania skrobi w gałeczkach zieleni już dostrzegać nie można, przeto, w dalszym ciągu, to że przy pewném natężeniu światła skrobia nie gromadzi się w gałeczkach zieleni, nie jest jeszcze dowodem, aby powstawanie jej, przy świetle tego natężenia, wcale nie miało miejsca; ale jest raczej wskazówką, że wytwarzanie się skrobi w liściach nie odbywa się szybciej, aniżeli jej odpływ do dalszych części rośliny.

Wszelako należało jeszcze zbadać, czy odpływ skrobi w świetle, gdy roślina kwasu węglowego jest pozbawioną, nie jest jakim patologicznym objawem, — i czy gałeczki zieleni zachowują przytém nadal swoją przyswajającą zdolność, a tylko dla braku surowego

materyjału czynności swojej odbywać nie mogą? W tym celu wazonik *a*, który stał cały dzień pod wpływem światła, w atmosferze pozbawionj kw. węglowego, wstawiono na całą noc do ciemności, a następnego dnia o godzinie 7 rano wystawiono na słońce. O tój porze jak się przekonano, listnie zawierały skrobię tylko w szparkach, wszystkie zaś komórki śródliścia były od niój wolne. O godzinie 9, a więc po dwóch godzinach oświetlenia, skrobia znajdowała się już choć w ilości niezbyt wielkiej we wszystkich komórkach śródliścia. A zatém gałeczki zieleni, zachowały w zupełności swoją przyswajającą zdolność.

Doświadczenie II. (z r. 1873).

Udowodniwszy, że światło nie tamuje odpływu skrobi z liści do dalszych części rośliny, należało jeszcze zbadać, czy go jednak nie opóźnia, lub tóż nie przyspiesza? tj. czy w ogóle światło nie ma jakiego wpływu na znikanie skrobi z gałeczek zieleni? W tym celu, należało porównać szybkości z jakimi skrobia znika z liści wystawionych na światło, i z liści umieszczonych w ciemności. Dnia 1 Czerwca, zasiano rzodkiew w kilku wazonikach. Kiełkowanie i wzrost jój, odbywały się bardzo powoli z powodu słotnego czasu i niskiej ciepłoty, rzadko przechodzącj 15° C. Dnia 13 Czerwca listnie były całkowicie wykształcone i wyrosnięte, ale w gałeczkach zieleni znajdowało się nader mało skrobi. Dnia 14 Czerwca, dwa wazoniki *a* i *b* od samego rana wystawione były na światło przez cały dzień, przy niebie pogodnym i zostawione tak, aż do godziny 7ej dnia następnego. O tój godzinie, wzięto próbki listniów z każdego wazonika.

W obu listniach skrobia znajdowała się we wszystkich komórkach, i to w dość znacznej ilości; — w obu prawie równo, a może w *b* cokolwiek obficie.

Oba wazoniki umieszczono w atmosferze pozbawionej kwasu węglowego, — przy tém *a* wystawiono na światło, a *b* wstawiono do ciemności. Do godziny 1éj po południu ciepłota w świetle była przecięciowo 23° C, w ciemności 19° C.

Godzina 1 po południu: wzięto po trzy próbki listniów z roślinek każdego wazonika i nieznaleziono w *a* ani śladu skrobi w żadnym z trzech listniów, a w *b* — w jednym z listniów, tylko małe ilościki skrobi w pobliżu brzegów pojawiały się; w dwóch drugich zaś, jeszcze niemal we wszystkich komórkach.

Godzina 9 wieczór: *b* jeszcze prawie wszędzie drobne ilości skrobi.

Dnia 16 Czerwca rano: *b* nigdzie ani śladu skrobi.

Teraz znów, oba wazoniki wystawiono przez cały dzień na wpływ światła na wolnym powietrzu. Dzień był jasny i ciepły, choć się słońce często za chmury chowało.

Godzina 9 wieczór: wszystkie listnie tak skrobią przepelnione, że wycinki ich przy działaniu jodu barwią się prawie czarno; *b* zostawiono na oknie, wstawiwszy w atmosferę pozbawioną kwasu węglowego, *a* umieszczono w takiej samej atmosferze, ale w ciemności.

Dnia 17 godzina 4 rano (Ciepl. w świetle 16,2° C, w ciemności 19,4° C).

W listniach roślinek obu wazoników ilość skrobi znacznie się zmniejszyła, mimo to w jednym i drugim wszystkie komórki listniów obficie ją zawierają.

Godzina 10 rano: (Ciepl. w świetle 30° w ciemności 21,4). *b* skrobi nigdzie, nawet w szparkach niema najmniejszego śladu. *a* w jednym listniu skrobia znikła całkowicie, w drugim zostały jęj tylko gędzie niegdzie ślady, w trzecim skrobia znajduje się niemal we wszystkich komórkach miękiszu gębczastego, lecz w większej ilości w pobliżu pączków naczyniowych; w miękiszu zaś palisadowym, tylko w komórkach leżących po nad pączkami naczyniowemi.

Doświadczenie III. (z r. 1874).

Dnia 9 Czerwca o godzinie 5 min. 30 rano, wzięto próbki listniów z roślinek, które dotąd rosły na oknie południowo wschodniem, w dwóch wazonikach *a* i *b*. Te listnie badane na skrobię, okazały: *a* skrobia w tkance gębczastęj dość obficie, w palisadowęj bardzo skąpo; *b* ilość i rozłożenie skrobi, jak w *a*. *a* umieszczono w atmosferze pozbawionę kwasu węglowego i zostawiono w świetle, — *b* zaś wstawiono do ciemności.

Godzina 12 $\frac{1}{2}$ w południe: *a* ani śladu skrobi, *b* małe ilości skrobi w pobliżu pączków naczyniowych.

Godzina 7 wieczór: *b* ani śladu skrobi.

Wyniki tych dwóch doświadczeń zgodnie okazują, że w świetle odpływ skrobi z liści co najmnij z taką samą odbywa się szybkością, jak i w ciemności; a nawet w świetle, znikanie skrobi bywa szybsze aniżeli w ciemności, co jednak zdaniem mojem, przypisać należy nie wpływowi światła, ale wyższęj ciepłocie, — bo już z kądinąd (doświadczenia SACHSA) wiadomo, że odpływ skrobi przy wyższęj ciepłocie prędzję się odbywa aniżeli przy niższęj.

Co się tycze szybkości znikania skrobi, to doświadczenia te (przynajmniej u rzodkwi) pokazują, że nawet przy największem nagromadzeniu skrobi w listniach, 24 godzin wystarcza, ażeby cały jój zapas z nich całkowicie zniknął.

Ten wypadek zawsze znajdowałem stwierdzony, ile razy przy doświadczeniach nad powstawaniem skrobi umieszczałem rośliny w ciemności, aby ich gałeczki zieleni, pozbawić skrobi. Jeżeli ciepłota wynosiła przynajmniej około 20° C, 24 godzin zawsze wystarczało, do zupełnego uwolnienia gałeczek zieleni od zawartej w nich skrobi.

Doświadczenie IV. (z Czerwca 1874).

Miało ono na celu odpowiedź na pytanie czy można liście na gałązkach odciętych od rośliny pozbawić skrobi. W doświadczeniu tém chciałem się zatem przekonać, czy skrobia może przejść z liści do gałązki nawet i wtedy, gdy ta ostatnia pozbawioną jest związku z resztą rośliny — a więc z korzeniami. Doświadczenie, robiłem najprzód na wiérzbie białej. Przy tém przewidywałem z góry, że w tych warunkach doświadczenie kilka dni potrwać musi. Że zaś umieszczenie rośliny na tak długi czas w ciemności, musiałoby pociągnąć za sobą dezorganizacyją zieleni, postanowiłem robić je w rozproszoném świetle.

Uciąwszy z wiérzby kilka gałązek około 20 centim. długich, z liśćmi zdrowymi, wetknąłem je do wąskiego słoika z wodą i postawiłem z nim razem na talérzu. Następnie nakryłem słoik dzwonem i nalałem na talérsz roztworu wodnika potasowego, jak w poprzednich doświadczeniach, aby przystęp kw. węglowego

do rośliny całkowicie wstrzymać. Cały przyrząd umieściłem na stole, stojącym na przeciwko, lecz opodal od okna. Próbkę wziętą z liści przed zaczęciem doświadczenia okazały, że wszystkie komórki były skrobią przepelnione.

Po dwóch dniach, jeszcze liście dość znaczne ilości skrobi zawierały.

Po pięciu dniach, już nawet ani śladu skrobi w miąższu liściowym nie było, i tylko szparki zawierały ją jeszcze.

Widzimy zatem, że i w tych warunkach znikanie skrobi z gałeczek zieleni dokonywa się, tylko, jak się zdaje, nieco wolniej niż wtedy, gdy liście z całą rośliną pozostają w związku.

Doświadczenie V. (z r. 1874).

Celem jego było sprawdzenie wypadku poprzedniego na innej roślinie i wykazanie, o ile pozbawienie rośliny związku z jej korzeniem wpływa na zwolnienie ubywania skrobi z liści.

Dnia 10 Lipca o godz. 8 wieczór ścięto łądygę tatarską *a*, około 20 centim. wysoką, 4 cent. po nad ziemią ¹⁾, i jak w poprzedniem doświadczeniu wtknięto ją w naczynie z wodą i umieszczono w atmosferze kw. węglowego. Równocześnie wazonik z drugą rośliną *b*, tego samego wieku, wstawiono do ciemności. Próbkę z dwóch liści rośliny *a* i trzech roślin

¹⁾ Cięcie wykonane zostało pod wodą ażeby uniknąć wędnięcia patrz: *Hugo de Vries Ueber das Welken abgeschittener Sprossen. Arbeiten des bot. Inst. zu Würzburg. Zeszyt III.*

ny *b* okazały, że śródliście wszystkich tych liści było przepelnione skrobią.

Dnia 11 Lipca, godzina 8 rano: *a*, z jednego liścia, skrobia znikła już całkowicie, w drugim znajduje się jeszcze obficie w tkance gębczastej; a w palisadowej już jej nie ma prawie nic. *b*, nigdzie ani śladu skrobi.

Godzina 8 wieczór:

a, skrobia także już wszędzie znikła całkowicie.

I to zatem doświadczenie pokazuje, że oddzielnie rośliny od korzenia, nie niszczy bynajmniej przenoszenia skrobi z liści do łodygi; ale tylko cokolwiek je zwalnia.

Wyniki powyższych doświadczeń, dadzą się streścić w następujących ustępach:

1. *Kwas węglowy, jest niezbędnym czynnikiem przy powstawaniu skrobi w gałeczkach zieleni.*

2. *Skrobia z gałeczek zieleni przenosi się do dalszych części rośliny nie tylko w nocy, ale i w dzień, a nawet znikanie jej w roślinie na słońce wystawionej z powodu podwyższonej ciepłoty, odbywa się prędzej aniżeli w ciemności.*

3. *Z tego, że w pewnych warunkach nie znajdujemy skrobi w gałeczkach zieleni, nie wynika jeszcze, żeby przy tych warunkach skrobia w nich nie powstawała.*

4. *Skrobia przenosi się z liści do łodygi, nawet wtedy, gdy ta ostatnia będzie odcięta od korzenia i wstawiona do wody, — a nawet i wtedy, gdy nie całą łodygę, ale tylko jej gałązkę odetniemy i do wody wstawimy.*

Jeżeli te wypadki już same w sobie są zajmujące i ważne, to daleko ważniejszym jest jeszcze to, że przez umieszczenie rośliny w atmosferze kw. wę-

głowego pozbawionój, mamy środek przeszkodzenia sprawie przyswajania w roślinie wystawionój nawet na działanie bezpośrednich promieni słonecznych. Zyskujemy przez to nową metodę robienia doświadczeń, którój przy badaniu wpływu światła na życie rośliny nie raz będziemy mogli otrzymać cenne wypadki, albowiem wpływ światła na roślinę jest bardzo różnorodny, a światło wpływa na rozmaite czynności fizjologiczne, nie tylko na samo przyswojenie. Ale we wielu razach możemy mieć wątpliwości, jak sobie ten wpływ światła tłómaczyć należy: czy uważać go za bezpośredni? czy też przyjmować, że światło oddziaływa tylko pośrednio, pobudzając sprawę przyswajania, która ze swój strony oddziaływa na inne fizjologiczne czynności? Otóż, przez umieszczanie rośliny w atmosferze kwasu węglowego nie zawierającój i wystawianie jój na światło, możemy zawsze te wątpliwości rozwiązać i przekonać się, czy dana sprawa lub czynność bezpośrednio od wpływu światła, czy też tylko od sprawy przyswajania zależy? Tak np. za pomocą tój metody spodziewam się w dalszych moich doświadczeniach, dać pewne wyjaśnienia w przedmiocie wyciekania roślin w ciemności.

Doświadczenia w tym kierunku już rozpocząłem, a nawet osiągnąłem z nich już pewne wypadki. I tak: mogę już stanowczo zaprzeczyć zdaniu KRAUSA, jako-by wyciekanie łodyg pochodziło ztąd, że komórki ich kory nie mogą w ciemności przyswajać kwasu węglowego, a przez to ścianki tych komórek nie grubieją i bardziej ulégają wyciągającemu działaniu rdzenia. Również twierdzić mogę na pewno, że niewyrastanie listniów w ciemności, nie ma nic wspólnego ze spra-

wą przyswajania. Nadto zdaje się być rzeczą bardzo prawdopodobną, że, jak to twierdzi KRAUS, aby liście (*Laubblätter*) rozrosły się prawidłowo, potrzebują przyswajać koniecznie. Badania jednak moje nad kwestyją wyciekania są dopiéro rozpoczęte, i dla tego ogłoszenie już wykonanych doświadczeń zachowuję sobie do czasu ich ukończenia.

CZEŚĆ II.

0 powstawaniu skrobi w gałeczkach zieleni.

Ponieważ wpływ światła i ciepłoty, jak we wstępie historycznym widzieliśmy, już dawniej zbadanym został, więc sobie postanowiłem zbadać wpływ, jaki na szybkość powstawania skrobi w gałeczkach zieleni wywiiera, ilość kw. węglowego, znajdującego się w powietrzu otaczającym roślinę. Dotąd, nie tylko nikt w téj sprawie żadnych doświadczeń nie robił, ale nawet nikt jeszcze nie wniósł podobnego pytania. Mnie pytanie to, nastreczyły wyniki méj pracy nad wpływem ilości kw. węglowego w powietrzu na jego rozkład przez liście roślin ¹⁾. Wyniki te, streściłem w 5 następujących punktach ²⁾.

1. Wzbogacenie powietrza w kw. węglowy do pewnej granicy (*optimum*) przyspiesza sprawę przyswajania, a powyżej téj granicy oddziaływa na nią szkodliwie.

¹⁾ *Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung der Blätter von dem Kohlensäuregehalte der Luft. Arbeiten des bot. Instituts in Würzburg* s. 343 — 379.

²⁾ l. c. 5. 369.

2. Wysokość tego optimum, jest różną dla różnych roślin. W dnie jasne wynosi ono dla manny wspaniałej (*Glyceria spectabilis*) 9—10%, dla przy-
pałki szerokolistnej (*typha latifolia*) 5—7%;
a dla płochowia (*Nerium Oleander*) prawdopodobnie
jeszcze mniejszej domieszki kw. węglowego potrzeba.

3. Przybytek kw. węglowego w powietrzu powyżej optimum, nie tyle szkodzi rozkładowi kw. węglowego, ile go przyspiesza takież przybytek poniżej optimum.

4. Mierny przybytek kw. węglowego w powietrzu, tém korzystniej na rozkład tegoż kwasu oddziaływa, im natężenie światła jest silniejsze; zbyt zaś wielka jego domieszka do powietrza działa tém szkodliwiej, im natężenie światła jest słabsze.

5. Z punktu czwartego wynika, że wpływ natężenia światła na rozkład kw. węglowego jest tém większy, im powietrze otaczające roślinę większą ilość tegoż kw. zawiera. Jeżeli te wypadki są ogólne i prawdziwe, i jeżeli w istocie skrobia w gałeczkach zieleni jest istotą z rozkładu kw. węglowego powstającą, — to ilość tego gazu znajdująca się w powietrzu roślinę otaczającą, musi wpływać na wytwarzanie się skrobi w gałeczkach zieleni; zupełnie tak samo, jak i na rozkład kw. węglowego przez liście roślin. Tutaj rozkład kw. węglowego i powstawanie skrobi w liściach, są tylko dwoma objawami jednej i téj samej sprawy przyswajania; wszystko więc, co oddziaływa na jeden z tych objawów, musi tak samo oddziaływać i na drugi. Niniejsza zatem moja praca, jest prostém następstwem mojej pracy dawniejszej, poniekąd jój powtórzeniem dokonaniem odmienną metodą, — a wypad-

ki jój nieledwie z góry przewidzieć się dają. Niemniej jednak, praca ta nie jest zbyteczną; bo w naukach przyrodniczych, a zwłaszcza biologicznych na poparcie pewnych wniosków wyprowadzonych z doświadczeń, nigdy za wiele dowodów być nie może; nic zaś nie daje nam tak pewnych rękojmi prawdy, jak kiedy do tych samych wyników, dwoma odmieniami dochodzimy drogami. Dla tego wydało mi się rzeczą pożądaną, wpływ kw. węglowego na wytwarzanie się skrobi w gałeczkach zieleni zbadać doświadczalnie.

Metoda doświadczeń.

Przy badaniu powstawania skrobi najpierwszą jest rzeczą, mieć do użycia takie rośliny, w których gałeczki zieleni byłyby w zupełności wolne od wszelkiej treści skrobiowej. W tym celu trzech sposobów używać można, pierwszy z nich był podany przez SACHSA, drugi przez KRAUSA, trzeci zaś jest wypadkiem doświadczeń w pierwszej części téj pracy opisanych.

SACHS wykazał, że istota skrobiowa z gałeczek zieleni znika, gdy roślina usuniętą będzie z pod wpływu światła. Długość czasu, potrzebna do tego, aby gałeczki zieleni zupełnie od skrobi się uwolniły, jest zależną od dwóch okoliczności: 1. od ilości skrobi jaka poprzednio zawarta w nich była, 2. od ciepłoty. Jako zasadę przyjąć należy, żeby rośliny dłużej jak 24 godzin w ciemności nie trzymać; bo inaczej, gałeczki zieleni same zaczynają się dezorganizować. Nawet i wtedy, gdy po dłuższem zostawianiu rośliny w ciemności, mikroskop jeszcze żadnych śladów dezorganizacji gałeczek zieleni nie pokazuje, zdolność ich

wytwarzania w świetle skrobi — słabnie, lub nawet na czas jakiś w zupełności ustaje i dopiero po dłuższym przebywaniu rośliny pod wpływem światła, gałeczki te znów skrobię wytwarzać zaczynają. Nie jednokrotnie się przekonałem, że w tych warunkach, w których gałeczki zieleni roślin, które tylko 25 godzin lub mniej przebyły w ciemności, już w ciągu $\frac{1}{2}$ godziny znaczne ilości skrobi wytwarzały, nawet jeszcze i po dwóch godzinach skrobia nie powstawała, jeżeli rośliny poprzednio 2 lub 3 doby znajdowały się w ciemności. Dlatego, używając ciemności do pozbawienia gałeczek zieleni istoty skrobiowej, baczycie należy, żeby rośliny nie były za długo światła pozbawione, bo inaczej nie będą one przydatne do robienia doświadczeń. Z tego powodu w ten sposób robiący doświadczenia, bardzo jest zależny od pogody; bo wstawiając rośliny do ciemności, nie może być pewnym czy za 24 godzin czas będzie sprzyjał jego doświadczeniom; jeżeli więc pogoda nie dopisze, musi napowrót wystawić rośliny na wpływ światła, żeby ich zielen od dezorganizacji uchronić.

Sposób podany przez KRAUSA ¹⁾ polega na tém, że roślinki hoduje się z nasion w świetle bardzo słabém, — dostatecznym jednak do tego, aby gałeczki zieleni wykształciły się prawidłowo, — ale niedostatecznym, żeby skrobia w nich gromadzić się mogła.

Wreszcie trzeci sposób wynika z powyżej opisanym doświadczeniom moich nad znikaniem skrobi, i polega na umieszczeniu rośliny w atmosferze kw. węglowego pozbawionej, nie usuwając jej wcale z pod

¹⁾ *Jahrb. für Wissenschaftliche Bot.* B. VII. s. 513.

wplywu światła. Sposób ten o tyle jest lepszy od pierwszego, że nie ma niebezpieczeństwa, żeby gałeczki zieleni ucierpiały z powodu braku światła; nad drugim zaś sposobem ma tę wyższość, że przy nim jedna roślina kilka razy do doświadczenia użytą być może, — bo skrobia, która się wytworzyła, znów może być z gałeczek zieleni usunięta. Jedyną jego niedogodnością jest to, że trzeba zestawić tyle aparatów ile jest wazoników, albo też mieć jeden tak wielki, żeby kilka wazoników pod nim umieścić było można. Jedno i drugie wymaga większego zasobu środków niż były moje, i dla tego, sposobu tego czasem tylko używałem, najczęściej zaś posługiwałem się sposobem SACHSA, jako najprostszym i najtańszym, bo wymaga tylko skrzynki lub szafki wyklejonej czarnym papierem, do wstawiania roślin, których liście chcemy skrobi pozbawić.

Rozumié się, że przed zaczęciem każdego doświadczenia, brano próbki z liści, w których powstawanie skrobi dostrzegać chciano, żeby się przekonać, że ich gałeczki zieleni są istotnie wolne od wszelkich śladów istoty skrobiowej; a jeżeli kiedy znaleziono w tych próbkach choćby najmniejszy ślad skrobi, doświadczenie uważano za niebyłe. Do wykrywania skrobi używano zawsze sposobu we wstępie opisanego, polegającego na napuszczaniu wycinków odbarwionego liścia, najprzód wodnikiem potasowym, następnie wodą, kw. octowym, znów wodą, a dopiero jodem. Gdy mowa o barwie wycinka, rozumiéć należy barwę, jaką tenże po tém przygotowaniu od jodu przybióra. Z małemi wyjątkami, wszystkie doświadczenia robiono z młode mi roślinkami, wyhodowanemi z nasion, w małych

doniczkach. Do największej ich liczby, brano listnie młodej rzodkwi (*raphanus sativus*), a do niektórych nawet same liście. Oprócz rzodkwi, używano do doświadczeń także tataraki i wiérzby. Tam gdzie przy podaném doświadczeniu, nie ma wymienionj rośliny doń użytj, należy rozumieć, że doświadczenie robiono na rzodkwi. Gdy już miano gotowe wazoniki z roślinkami, których listnie wcale nie zawierały skrobi, należało umieścić każdy z nich w atmosferze inną ilość kw. węglowego zawierającj i wystawić na światło. Jeden z wazoników stał wolno przy otwartém oknie, tak, że atmosfera jego była taką, w jakiej normalnie rosna rośliny, zawierała więc około $\frac{1}{6}\%$ kw. węglowego; inne wstawiono pod dzwon, w atmosferze będącj mieszaniną powietrza z kw. węglowym. Przytém postępowano w sposób następujący: doniczkę z roślinkami wstawiano w zwyczajną szklanę do picia i z nią razem stawiano na talérzu. Wszystko razem przykrywano takim samym dzwonem jak przy poprzednich doświadczeniach. Dzwon zatkany był korkiem kauczukowym, przez który przechodziła mała rurka szklanna *a*, pod kątem prostym zgięta (fig. 2); na końcu téj rurki nałożona była mała rurka kauczukowa, która za pomocą pręcika szklanego albo ściska-cza mogła być szczelnie zamknięta. Po przykryciu wazonika tym dzwonem, wlewano na taléř wodę, a jednocześnie wyciągano ustami przez rurkę *a* powietrze z pod dzwona, ażeby wodę w nim podnieść do pewnej wysokości. Potém wpuszczano przez rurkę *a* kwas węglowy wywiązujący się z marmuru i kwasu solnego we flaszcze *D*, a oplókujący się w roztworze węglanu sodowego, we flaszczyce *C* zawartym. Gdy już

żądana ilość tego gazu weszła pod dzwon, zamykano rurkę *a* pałeczką szklaną albo ściskaczem, i przyrząd wystawiano na światło. Ale należało jeszcze umieć ocenić choć w przybliżeniu ilość kw. węglowego wpuszczonego pod dzwon. O liczby dokładne chodzić tu nie mogło, bo gdzie wypadków doświadczeń nie można w liczbach podać, tam też nie może chodzić o matematyczną ścisłość w określeniu warunków, w których były robione. Otóż przybliżoną ilość kw. węglowego do powietrza wpuszczonego, wskazywała podziałka na papierze wzdłuż dzwonu przyklejona, każdy przedział między dwoma króskami téj podziałki oznaczał $\frac{1}{10}$ objętości dzwonu. Urządzenie podziałki było dość mozolne, z powodu, że przy nióm należało uwzględnić objętość powietrza wypchniętego przez szklankę i wazonik z rośliną; a więc u dołu odstępy między podziałkami musiały być znacznie większe niż wyżej, w miejscu, do którego już wazonik nie sięgał. Ponieważ podziałka raz zrobiona musiała służyć do wszystkich doświadczeń, dla tego należało dobiierać wazoników o ile możności jednego rozmiaru, bo inaczej do każdego wazonika oddzielną przyszłoby sporządzać podziałkę. Szklanki w które wazoniki wstawiano, były wszystkie jednakowe.

Jeżeli teraz podniesiono wodę tak, żeby jój powierzchnia w dzwonie dosięgała podziałki 10, a następnie wpuszczano kw. węglowy, dopóki powierzchnia wody nie zeszła do 0, przyjmowano, że powietrze, w któróm umieszczona była roślina, zawierało 10% kwasu węglowego.

Zestawienie doświadczeń.

Doświadczenie I. (25 Czerwca 1873 roku).

O godzinie 12 w południe wystawiono dwa wazoniki z młodem roślinkami rzodkwi, *a* na wolnym powietrzu, *b* zaś w powietrzu zawierającym 8% kw. węglowego. Doświadczenie trwało 20 minut, w czasie których słońce świeciło bez przerwy; ciepota była 27° C.

Po upływie 20 minut okazało się, że:

W listniach wazonika *a*, zaledwo przy powiększeniu 600 razy wątpliwe ślady skrobi dostrzedz było można, wycinki od jodu przybierały dla gołego oka barwę blado żółtą. Listnie zaś wazonika *b*, dały wycinki dla gołego oka fioletowe, a w każdej komórce zieleni po kilkadziesiąt ziarenek skrobi, tak, że nie było gałeczki zieleni któraby ich nie zawierała; niektóre z gałeczek, zawierały nawet po kilka ziarenek skrobi.

Doświadczenie II. (26 Czerwca).

a, na wolnym powietrzu, *b*, w powietrzu zawierającym 3% kwasu węglowego.

Początek doświadczenia o godzinie 3 z południa. Do godz. 4 słońce często zachodzi za chmury, ale się też często pokazuje, od 4 zaś już ciągle jest chmurami zasłonięte.

O godz. 3 min. 30:

a, ani śladu skrobi. *b*. skrobia rozsiana we wszystkich komórkach, ale ziarnka jej nadzwyczaj drobne, dopiero przy powiększeniu 300 razy wyraźnie widzialne; wycinki dla gołego oka blado fioletowe.

Godzina 4.

a, ślady skrobi tylko przy brzegach listniów.

Godzina 5.

a, drobniuchne ziarnka skrobi już spostrzegać się dają we wszystkich komórkach, ale jeszcze mniej obficie niż w *b* o godz. 3½; wycinki mają bardzo słaby brudnawy odcień.

Doświadczenie III. (27 Czerw. godz. 2 min. 40¹).

a i *b*, jak wyżej.

Czas pochmurny choć dość jasny, światło tylko rozproszone, ciepłota 17° C.

Po 1½ godz. wystawieniu na światło:

a, skrobia tylko po brzegach listniów. *b*, skrobia we wszystkich komórkach; wycinki blado fioletowe.

Po 3½ godz. oświetleniu:

a, skrobia mniej więcej w takiej ilości, jak w *b* po półtoragodzinném oświetleniu.

Doświadczenie IV. (29 Czerw. godz. 3 m. 5 p.)

a i *b*, jak wyżej. Przez pierwszy kwadrans słońce świeci bez przerwy, później czasami, ale tylko na chwilę zachodzi za chmury; ciepłota 25 — 29° C.

Po upływie 15 minut:

a, ani śladu skrobi. *b*, skrobia we wszystkich komórkach, jak się zdaje nawet w każdej galeczce zieleni; wycinki blado fioletowe.

Po upływie ½ godziny:

a, wątpliwe ślady skrobi.

¹) Godzina podana przy dacie, oznacza czas rozpoczęcia doświadczenia.

Po całej godzinie:

a, skrobia już we wszystkich komórkach, ale jeszcze w daleko mniejszej ilości, niż w *b* po 15 min. oświetlenia.

Doświadczenie V. (30 Czerw. godz. 3 min. 35).

a i *b*, jak wyżej. Słońce prawie bez przerwy, ciepłota 26° C.

Po 10 minutach:

a i *b*, ani śladu skrobi.

Doświadczenie VI. (4 Lipca godz. 2).

a i *b*, jak wyżej, niebo pochmurne, tylko na kilka minut w czasie doświadczenia słońce się pokazało, ciepłota 22° C.

Po godzinie:

a, tylko przy brzegach listniów wątpliwe ślady skrobi. *b*, skrobia we wszystkich komórkach dość obficie, zwłaszcza w tkance palisadowej, wycinki blado fioletowe.

Po 2 godzinach:

a, skrobia we wszystkich komórkach, ale jeszcze w nieco mniejszej ilości, niż w *b* po godzinie.

Doświadczenie VII. (7 Lipca godz. 10 m. 45).

a i *b*, jak wyżej. Słońce bez przerwy świeciło przez cały ciąg doświadczenia; ciepłota 29 — 30° C.

Po 15 minutach:

a, ani śladu skrobi. *b*, skrobia we wszystkich komórkach; wycinki dla gołego oka blado fioletowe.

Przy zamkniętych okiennicach na nowo wazonik

b umieszczono pod dzwonem i wpuszczono doń 8% kw. węglowego. Manipulacja trwała 5 minut.

Po $\frac{1}{2}$ godziny ¹⁾.

a, ślady skrobi w niektórych komórkach tkanki palisadowej, mianowicie ku brzegom. *b* skrobia obficie we wszystkich komórkach; wycinki ciemno fioletowe. Nowe wprowadzenie kw. węglowego trwa 5 minut.

Po całej godzinie:

a, skrobia mniej więcej we wszystkich komórkach, wycinki blado fioletowe; ale zdaje się, jakby zabarwienie było słabsze, niż w *b* po 15 minutach oświetlenia. *b*, skrobia we wszystkich komórkach tak obficie, że wycinki nieco grubsze pod mikroskopem nieprzezroczyste, a dla gołego oka prawie czarne.

Doświadczenie VIII. (15 Lipca godz. 2 m. 30).

a, na wolnym powietrzu, *b*, w powietrzu zawierającym 10%, *c*, w powietrzu zawierającym 25% kw. węglowego. Słońce przez ciąg doświadczenia prawie bez przerwy świeciło.

Po $\frac{1}{2}$ godziny:

a, ślady skrobi po brzegach liści. *b*, skrobia obficie we wszystkich komórkach, wycinki mocno fioletowe. *c*, wątpliwe ślady skrobi po brzegach listniów.

Po całej godzinie:

a, skrobia we wszystkich komórkach; wycinki dość mocno zabarwione.

Doświadczenie IX. (15 Lipca godz. 4 p.)

a, na wolnym powietrzu, *b*, w powietrzu zawierającym 6%, *c*, w powietrzu zawierającym 25% kw.

¹⁾ Czas zawsze liczony jest od początku doświadczenia

węglowego. W ciągu godziny, przez którą trwało doświadczenie, słońce świeciło, lub, co rzadziej, zachodziło za chmury. Ciepłota 25° — 21° C.

Po upływie godziny:

a, skrobia mniej więcej we wszystkich komórkach, ale w bardzo małej ilości. *b*, skrobia we wszystkich komórkach obficie; wycinki mocno fioletowe. *c*, skrobia w małej ilości i to głównie po brzegach liści, oraz w bliskości pęczków naczyniowych; w komórkach bezpośrednio pod naskórką będących, prawie jej niema.

Doświadczenie X. (16 Lipca g. 3 m. 30).

a, jak wyżej. *b*, w powietrzu 6%, *c*, w powietrzu 26% kw. węglowego zawierającym. Słońce świeci prawie bez przerwy, czasem tylko za obłoki się kryje, Ciepł. 25 — 26° C.

Po $1\frac{1}{2}$ godziny:

a, skrobia dość obficie we wszystkich komórkach, wycinki fioletowe. *b*, komórki przepelnione skrobią, wycinki prawie czarne. *c*, wycinki blado fioletowe, skrobia w znaczniejszej ilości tylko w pobliżu pęczków naczyniowych, mniej obficie w tkance gębczastej, w tkance palisadowej bardzo mało i to tylko na granicy jej z tkanką gębczastą; dwie warstwy tkanki palisadowej bezpośrednio pod przyskórką położone, prawie wcale skrobi nie zawierają.

Doświadczenie XI. (17 Lipca g. 3 p.)

Dwa wazoniki *a* i *b* ustawiono na oknie, które przez całe dwie godziny podczas doświadczenia, było bez przerwy oświetlone bezpośrednimi promieniami słońca. Dwa inne *a* i *b* stały na innym oknie, do któ-

rego tylko przez ostatnie pół godziny słońce dochodziło. Przez pierwsze półtoręj godziny, roślinki na niém stojące były wystawione tylko na wpływ światła rozproszonego. Ciepłota w słońcu 26° C, w świetle rozproszoném 22° C. *a* i *á* na wolném powietrzu, *b* i *ó* w powietrzu zawierającym 30% kw. węglowego.

Po upływie 2 godz przeznaczonych na doświadczenie, znaleziono:

a, skrobi obficie we wszystkich komórkach, wycinki dość mocno fioletowe. *b*, skrobia w małej ilości tylko w pobliżu pęczków naczyniowych i to wyłącznie w tkance gębczastej; w palisadowej nie ma jój ani śladu. *á*, mało co mniej skrobi niż w *a*. *ó*, nigdzie ani śladu skrobi.

Doświadczenie XII. (18 Lipca g. 11 m. 30 r.)

a, na wolném powietrzu; *b*, w powietrzu zawierającym 8%, *c*, w powietrzu zawierającym 30% kw. węgl. Dzień dość jasny, ale słońce tylko chwilami z po za chmur się pokazuje. Ciepłota 24° — 30° C.

Po upływie $\frac{1}{2}$ godziny:

a, ani śladu skrobi. *b*, skrobia obficie we wszystkich komórkach. *c*, ślady skrobi w tkance gębczastej, w pobliżu pęczków naczyniowych.

Po upływie $1\frac{1}{2}$ godziny:

a, skrobia w małej ilości, ale we wszystkich komórkach. *b*, skrobia we wszystkich komórkach bardzo obficie. *c*, w jednym z listniów skrobia we wszystkich komórkach, w tkance gębczastej w pobliżu pęczków naczyniowych obficie niż w palisadowej, w drugim skrobia tylko w tkance gębczastej i w pobliżu pęczków naczyniowych, a w tkance palisadowej nie ma jój wcale.

Doświadczenie XIII. (20 Maja 1874 r. g. 10).

a, na wolném powietrzu; *b*, w powietrzu zawierającym 6% ; *c*, 25% kw. węglowego. Słońce czasem się pokazuje i znowu się chowa za chmury. Ciepłota 20° — 16° C.

Po godzinie:

a, ku brzegom listniów, zaledwo dostrzegalne ślady skrobi. *b*, skrobia choć w niewielkiej ilości we wszystkich komórkach, najwięcej w dolnych komórkach tkanki palisadowej. *c*, ani śladu skrobi.

Doświadczenie XIV. (22 Maja 1874 r. g. 11).

a, jak wyżej; *b*, w powietrzu 6% ; *c*, 15% ; *d*, 30% kw. węglowego zawierającym. Słońce już świeci, już zachodzi za chmury. Ciepłota 22° — 25° C.

Po upływie godziny:

a, ślady skrobi, zaledwo dostrzedz się dające. *b*, skrobia dość obficie we wszystkich komórkach, w tkance gębczastej obficie niż w palisadowej bezpośrednio pod przyskórką leżąc. *c*, małe ilości skrobi tylko w pobliżu pęczków naczyniowych, a w innych komórkach nie ma jej prawie wcale. *d*, ani śladu skrobi.

Doświadczenie XV. (25 Maja 1874 r. g. 4).

a, jak wyżej; *b*, w powietrzu 6% ; *c*, 13% kw. węgl. zawierającym. Słońce świeci prawie bez przerwy. Ciepłota 20° — 22° C.

Po upływie 2 godz.

a, skrobia rozszana we wszystkich komórkach, mianowicie w tkance palisadowej, ale wszędzie w bardzo małej ilości. *b*, skrobia obficie, zwłaszcza w tkance

palisadowej, wycinki mocno fioletowe. *c*, skrobia dość obficie, głównie w pobliżu pęczków naczyńiowych i w miększu gębczastym; warstwa tkanki palisadowej bezpośrednio pod przyskórkiem prawie od skrobi wolna.

Doświadczenie XVI. (1 Czerw. 1874.).

Polygonum fagopyrum.

Młode roślinki, które już po kilka liści rozwinęły; doświadczenie na liściach — nie na listniach.

a, na wolnym powietrzu; *b* i *c*, w powietrzu 6% kw. węgl. zawierającym; ale *b*, roślina jak zwykle umieszczona pod dzwonem we wazoniku; *c*, jeden liść oderwany od rośliny i umieszczony w rurce szklanej około 100 cent. sześć. objętości mającej i zamkniętej wodą.

Po upływie godziny:

a, małe ilości skrobi rozsiane we wszystkich komórkach; wycinki słabo fioletowe.

Po 2½ godzinach:

a, skrobia prawie tak obficie, jak w *b* po 1 godzinie. *b*, komórki przepelnione skrobią. *c*, skrobia bardzo obficie, mało co mniej, niż w *b*.

Doświadczenie XVII. (21 Czerw. 1874 r. g. 1 m. 35).

Polygonum fagopyrum.

a, na wolnym powietrzu; *b*, w powietrzu 7%; *c*, 20% kw. węgl. zawierającym. Pochmurno, deszcz. Ciężota 16° C.

Po upływie godziny i 15 min.:

a, skrobia w niewielkiej ilości prawie we wszystkich komórkach. *b*, skrobia we wszystkich komórkach

rozrzucona, ale może jeszcze w mniejszej ilości niż w *a*. — *c*, ani śladu skrobi.

Po upływie 2½ godzin:

a i *b*, rozłożenie skrobi jak po godzinie, tylko jój więcej.

Doświadczenie XVIII. (24 Czerw. godz. 11 m. 50).

Raphanus sativus.

a, na wolnym powietrzu; *b*, w powietrzu zawierającym 3%; *c*, 6%; *d*, 12%; *e*, 25% kw. węgl. Roślinki nie tylko z listniami, ale i z liśćmi rozwiniętymi; badano jedne i drugie.

Po upływie 25 minut:

a, wycinki bezbarwne; ślady skrobi ku brzegom liści. *b* i *c*, skrobia dość obficie we wszystkich komórkach, szczególnie w tkance palisadowej. *d*, skrobia we wszystkich komórkach, ale mniej niż w *b* i *c*.

Wprowadzono na nowo kwas węglowy pod dzwony. Po upływie następnych 25 minut, a więc po 50 minutach od początku doświadczenia, znaleziono:

a, wycinki słabo szarawe; małe ilości skrobi rozrzucone mniej więcej we wszystkich komórkach; w ogonkach koło pęczków nie ma jeszcze skrobi. *b* i *c*, komórki tak listniów jak i liści, przepełnione skrobią i prawie czarne; w ogonkach około pęczków naczyńowych skrobia się znajduje. *d*, skrobia obficie, jednak mniej, niż w *b* i *c*; w warstwie komórek bezpośrednio pod przysórką leżącej, bardzo jój mało. *e*, na granicy między tkanką gębezastą i palisadową, skrobia obficie, ale w warstwach bezpośrednio pod przysórką leżących nie ma jój ani śladu.

Doświadczenie XIX. (1 Lipca 1874 r. g. 1 m. 30).

Raphanus sativus.

a, na wolném powietrzu; *b*, w powietrzu zawierającym 2‰; *c*, 6‰; *d*, 16‰ kw. węgl. Niebo zachmurzone ciemno, dęszcz przez cały czas. Ciepłota 20° C.

Po nplywie 2 godzin.

a, skrobia we wszystkich komórkach, ale w bardzo małej ilości. *b* i *c*, jeszcze mniej skrobi niż w *a*; *d*, wątpliwe ślady skrobi w niektórych komórkach ku brzegom liści położonych.

Doświadczenie XX. (3 Lipca godz. 3 m. 30 p.)

Raphanus sativus.

a, jak wyżej; *b*, w powietrzu 1‰; *c*, 4‰ kw. węgl. zawierającym. Roślinki z rozwiniętymi liśćmi i liście, a nie listnie wzięto do doświadczenia. Słońce świeci bez przerwy. Ciepłota 29° C.

Po upływie 45 minut:

a. skrobia rozrzucona we wszystkich komórkach, ale w bardzo małej ilości, wycinki mają bardzo słaby odcień fioletowy, *b*, skrobia we wszystkich komórkach obficie; wycinki mocno fioletowe. *c*, wszystkie komórki tak skrobią przepełnione, że wycinki prawie czarne.

Doświadczenie XXI. (5 Lipca g. 72.)

Salix alba.

Do doświadczenia tego użyto liści, które w doświadczeniu IV części I téj pracy zostały skrobi pozbawione. Liście zostały umieszczone pojedynczo w rurkach szklanych, już powyżej (doświadczenie XVI *c*)

wzmiankowanych, w mieszaninie kw. węglowego i powietrza. Aby liść zabezpieczyć od wędnięcia, ogonek każdego z nich tkwił w cienkiej rurce szklanej, w jednym końcu zatopionej i napełnionej wodą. Rurka ta wsparta była na drucie, do którego umocowana była za pomocą wązkiej rurki kauczukowej. Zestawienie tego przyrządu okazuje fig. 3. Wprowadzenie kw. węgl. odbywa się w ten sposób, że wodę podnosi się w rurce przez wyciąganie z niej powietrza za pomocą rurki kauczukowej, a następnie wpuszcza kw. węglowy, który wodę wypycha. Ciepłota 29 — 30° C.

a, liść w rurce zawierającej 2%; *b*, 8%; *c* 25% kw. węgl. na 100 części powietrza.

Po półgodzinném wystawieniu liści na działanie bezpośrednich promieni słonecznych, znaleziono;

a, skrobia obficie we wszystkich komórkach. *b*, skrobia jeszcze obficie niż w *a*. *c*, skrobia prawie tak obficie jak w *b*.

Doświadczenie XXII. (10 Lipca).

Polygonum fagopyrum.

Liście tataraki wolne od skrobi, umieszczono jak w doświadczeniu poprzedniém, w rurkach zamkniętych wodą: *a*, w powietrzu zawierającym 8%; *b*, 35% kw. węglowego i wystawionych na działanie promieni słonecznych.

Po upływie jednej godziny:

a, skrobia obficie we wszystkich komórkach: zdaje się, że w każdej gałeczce zieleni. *b*, tylko gdzieś w pobliżu pęczków naczyniowych, zaledwo ślady skrobi dostrzedz się dają.

Wyniki doświadczeń.

Doświadczenia powyżej zestawione, stwierdzają w zupełności wypadki poprzedniej mojej pracy nad wpływem kw. węglowego w powietrzu, na jego rozkład przez liście roślin. Pokazują one, że większa lub mniejsza ilość kw. węglowego w powietrzu, działa zupełnie tak samo na powstawanie skrobi w gałeczkach zieleni, jak i na rozkład kw. węglowego przez liście roślin.

Z doświadczenia I, II, IV, VII i innych, wnosić na pewno możemy, że w atmosferze zawierającej 6% — 8% kw. węglowego skrobia przy silném oświetleniu i ciepłocie dwudziestu kilku do 30° C, przynajmniej 4 razy prędzej się wytwarza, aniżeli w zwyczajném powietrzu; kiedy bowiem w tej atmosferze, sztucznie wzbogaconej w kwas węglowy, już po 15 minutach skrobia we wszystkich gałeczkach zieleni się znajdowała, to w zwyczajném powietrzu miało to miejsce dopiero po całogodzinném wystawieniu rośliny na światło.

Doświadczenia znowu VIII, IX, X, XI, XII i inne pokazują: że zbyt wielkie ilości kw. węglowego w otaczającej roślinę atmosferze, oddziałują szkodliwie na wytwarzanie się w liściach skrobi. W powietrzu zawierającym 30% kw. węglowego powstawanie skrobi jest nawet daleko powolniejszym aniżeli w zwyczajném powietrzu atmosferyczném. Bardzo zajmującą jeszcze rzeczą jest i to, że ten nadmiar kw. węglowego w powietrzu, nie w jednakowym stopniu wstrzymuje powstawanie skrobi w rozmaitych komórkach i najbardziej szkodzi komórkom bezpośrednio pod

przyskórkiem leżącym. To jeszcze nie byłoby tak trudnym do pojęcia, bo przypuścić można, że te komórki najbardziej na działanie tego kwasu są wystawione, a mniej go już przenika do warstw głębiej położonych. Trudniejszém do zrozumienia jest zjawisko, że komórki tkanki gębczastej w ogóle, daleko mniej cierpią, aniżeli komórki tkanki palisadowej, — najmniej zaś powstawanie skrobi wstrzymywaném jest przez zbytek kw. węglowego w komórkach położonych w pobliżu pęczków naczyniowych. Te różnice są tak wielkie, że, kiedy w większej części komórek tkanki palisadowej, nawet śladu skrobi się nie wytworzyło, to w komórkach otaczających pęczki naczyniowe skrobia tak obficie się znajdowała, że przy działaniu jodu, można było już gołym okiem rozróżnić, na słabo żółtawym tle, kilka ciemno fioletowych punktów, odpowiadających właśnie pęczkom naczyniowym. W ogóle rozłożenie skrobi w komórkach liścia wystawionego na światło, w atmosferze bardzo w kw. węglowy bogatej, jest bardzo podobne do tego, jakie zajmuje skrobia w liściu przy znikaniu zeń w ciemności. I tu najprzód skrobia znika z tkanki palisadowej, począwszy od warstwy bezpośrednio pod przyskórkiem leżącej coraz niżej; później z tkanki gębczastej; a naostatku dopiero z komórek położonych w pobliżu pęczków naczyniowych, — a i tu pierwiej z komórek po nad pęczkiem położonych, a później dopiero z komórek leżących pod wiązką.

Zbyt wielkie ilości kw. węglowego w powietrzu, nie dla wszystkich roślin są jednakowo szkodliwe. Kiedy liście rzodkwi (doświadczenie XI, XII) i tataraki (doświadczenie XXII), nawet przy pełnym

światle słonecznym w atmosferze zawierającej 25 — 30% kw. węglowego nadzwyczaj słabo skrobię wytwarzają, to liście wiérzby (doświadczenie XXI) w atmosferze zawierającej 35% tegoż kw. prawie z taką samą siłą wytwarzały skrobię, jak w powietrzu, do którego tylko 8% tego gazu było przymieszanych. W pracy mojej nad rozkładem kw. węglowego znajdowałem też samo. Przy silnym oświetleniu, 36% kw. węglowego w powietrzu, nie szkodziło działalności liści oleandra, — kiedy tymczasem znacznie osłabiała czynność liści orzypałki. Wytwarzanie się skrobi, (jeżeli działanie światła jest silne), najszybciej zdaje się odbywać w powietrzu, zawierającym około 4 — 8% kw. węglowego. Tak przynajmniej, doświadczenie XX wykazuje; gdy przy 4%, powstawanie skrobi daleko szybciej ma miejsce, niż przy 1%, a natomiast doświadczenia XIV i XV wskazują, że 15% a nawet 13% kw. węglowego w powietrzu, oddziaływa już szkodliwie na powstawanie skrobi w listniach rzodkwi. Natężenie światła, a prawdopodobnie i ciepłota, bardzo znaczny wpływ wywierają na zależność powstawania skrobi od ilości kw. węglowego w powietrzu. Przy silniejszym oświetleniu, w zubożeniu powietrza w kw. węglowy, daleko bardziej przyspiesza powstawanie skrobi, aniżeli przy słabszym. Porównajmy np. wypadki doświadczenia III i IV. W pierwszym z nich tylko światło rozproszone do roślin dochodziło; w drugim, były one wystawione na bezpośrednie działanie promieni słońca. To też w doświadczeniu III, rośliny znajdujące się w powietrzu 8% kw. węglowym zawierającym, tylko dwa razy prędzej, a w doświadczeniu IV, cztery razy prędzej

wytwarzały skrobię, aniżeli te, które umieszczone były w zwyczajnej atmosferze. Co więcej, jeżeli światło jest bardzo słabe, jak bywa w dniach słotnych, wtedy przymieszka kilku odsetek kw. węglowego do powietrza, wcale nawet nie przyspiesza powstawania skrobi. (dośw. IX, XVII, XIX). Odwrotnie znowu rzecz się ma, że szkodliwym wpływem zbyt wielkich ilości kw. węglowego w powietrzu na powstawanie skrobi. Wpływ ten jest tém szkodliwszy, im natężenie światła jest słabszym, jak to pokazuje bardzo wyraźnie doświadczenie XI, umyślnie w tym celu urządzone; albo porównanie doświadczenia X z XVII. Widzieliśmy już, że w pracy mojej nad rozkładem kw. węglowego przekonałem się, iż przy silniejszym natężeniu światła mała przymieszka kw. węglowego więcej przyspiesza, a większa mniej opóźnia ten rozkład, aniżeli przy świetle słabszym; można więc było przewidywać, że i z powstawaniem skrobi rzecz się będzie miała podobnie, co też jak widzimy i doświadczenie najzupełniej stwierdziło.

Wszystkie zatem wypadki, do których doszedłem przy badaniu wpływu ilości kw. węglowego w powietrzu na jego rozkład przez liście roślin, znalazły się teraz, w doświadczeniach nad wpływem tegoż samego czynnika na szybkość powstawania skrobi.

To potwierdzenie ma tém większą doniosłość, że usuwa zarzut, jakoby można było zrobić mojej pracy nad rozkładem kw. węglowego, że z doświadczeń robionych na oderwanych od rośliny liściach wnioskujejmy o czynnościach tychże liści będących w związku z rośliną. Tutaj robione były doświadczenia na całych roślinach, a jednak doprowadziły one do tych samych

co i tamte wypadków. Chciałem się jeszcze przekonać, czy wyniki byłyby takie same, gdybyśmy powstawanie skrobi badali także na oderwanych liściach¹⁾; i w tym względzie, doświadczenia XVI, XXI i XXII nie pozostawiają żadnej wątpliwości. W liściach oderwanych, skrobia zupełnie w tenże sam sposób powstaje, jak i w liściach zostających w związku z rośliną, a nawet i szybkość powstawania jej jest i tu zależną od ilości kw. węglowego znajdującego się w powietrzu, w którym liść jest umieszczony.

Wypadki doświadczeń nad powstawaniem skrobi, dadzą się streścić w następujących punktach:

1. *Przymieszka kilku odsetek kw. węglowego do powietrza roślinę otaczającego, przyspiesza znacznie powstawanie skrobi w gałeczkach zieleni.*

2. *Im natężenie światła jest silniejsze, tém korzystny wpływ wzbogacenia powietrza w kw. węglowy na wytwarzanie skrobi przez liście, jest widoczniejszy.*

3. *W najkorzystniejszych warunkach, oświetlenia przy 4 — 8% kw. węglowego w powietrzu, potrzeba 15 minut, a w zwyczajnej atmosferze całej godziny czasu, żeby każda gałeczka zieleni w liściu (rządki) wytworzyła tyle skrobi, aby ta dokładnie wykrytą być mogła.*

4. *Przymieszka kilkunastu, a témbardziej kilku-dziesięciu % kw. węglowego w powietrzu, wpływa szkodliwie na powstawanie skrobi w liściach.*

5. *Ten wpływ szkodliwy jest tém większy, im światło słabsze.*

6. *Komórki tkanki palisadowej bardziej cierpią w swój czynności od zbyt wielkich ilości kw. węglowego,*

¹⁾ Wytwarzania się skrobi w oderwanych liściach dotąd nikt nie obserwował.

niż komórki tkanki gębczastej; najmniej zaś te komórki, które są w pobliżu pęczków naczyniowych położone.

7. Liście oderwane od rośliny wytwarzają skrobię tak samo, jak i liście w związku z rośliną będące.

Uwagi polemiczne.

Wypadki obu części niniejszej pracy, są najsilniejszym jaki tylko może być poparciem zdania, że w istocie skrobia w gałeczkach zieleni nie jest niczém inném, jak tylko wynikiem sprawy przyswajania, istotą wyrobioną przez gałeczki zieleni z kw. węglowego i wody. Jeżeli bowiem, pomimo zupełnie jednakowych warunków oświetlenia i ciepłoty, tworzenie się skrobi w powietrzu 4 — 8% kw. węglowego zawierającym, odbywa się przynajmniej 4 razy szybciej, aniżeli w zwyczajnej atmosferze, jeżeli nadto, w roślinie, do której kw. węglowy nie ma wcale przystępu, pomimo najprzyjaźniejszych warunków oświetlenia, skrobia zupełnie w gałeczkach zieleni powstawać nie może; — to w tych objawach mamy najoczywistszy dowód, że kw. węglowy obok wody jest właśnie owym surowym materiałem, z którego gałeczki zieleni skrobię wytwarzają. Dostarczenie takiego nowego dowodu, na poparcie dawno już przyjętego zapatrywania się na rolę skrobi w gałeczkach zieleni, jest tém bardziej na czasie, że nie dawno pojawiły się głosy powątpiewające o prawdziwości tego zapatrywania się. Uczony niemiecki BÖHM w rozprawie ¹⁾ o oddychaniu roślin

¹⁾ *Böhm. Ueber die Respiration der Landpflanzen.* Odbitka z *Sitzungsberichte der kais. Akad. d. Wissenschaft. in Wien.* 1873.

ładowych, przed 2 laty wydanój, sądzi, że ilość kw. węglowego, jaka w danym czasie może być rozłożoną przez liście roślin, jest zbyt małą w stósunku do szybkości z jaką skrobia się wytwarza, aby bez dalszego sprawdzenia przyjąć było można, że skrobia ta powstaje w skutek jego rozkładu. BÖHM mniema raczėj: „że w komórce nie zawierającój skrobi, bądź to w jėj wnętrzu, bądź téż w ściankach, znajduje się pewna istota organiczna, która w czasie przemiany materyi w ciemności, nie może być dalej spożytkowaną, z powodu, że nie jest w zupełności przyswojoną (*ihrer „unvollständigen Assimilation wegen*). Aby to przypuszczalne ciało postać skrobi przyjąć mogło, lub aby mogło posłużyć za materyjał budowlany, potrzebuje „jeszcze uledz dalszym przemianom, które tylko pod „wpływem światła dokonać się mogą.“ W ten sposób utartą i na doświadczeniach opartą teorię SACHSA stara się BÖHM zastąpić swoim odrębném na samych' przypuszczeniach opartém zapatrywaniem.

Gdy dla zapewnienia sobie prawa pierwszeństwa, ogłosiłem był w Lipcu 1873 r. w czasopiśmie Flora, krótką notatkę o moich doświadczeniach, BÖHM podjął na nowo sprawę znaczenia skrobi w gałeczkach zieleni, a wypadki odnośnej swój pracy ogłosił w zeszycie Marcowym 1874 sprawozdań akademii umiejętności w Wiedniu p. t. „*Ueber die Stärkebildung in den Keimblättern der Kresse, des Rettigs und des Ieins.*“ Przy podjęciu téj pracy, miał jak powiada nadzieję ¹⁾ przekonać się, że jego wątpliwości co do prawdziwości

²⁾ str. 8 w odbitce.

panującego zapatrywania się, są mylne, i z żalem, jak twierdzi, przeświadczył się, że tak nie jest.

W początkowych swoich badaniach postępował BÖHM, jak powiada, tak samo jak KRAUS i ja, to jest: przed każdym doświadczeniem badał listnie, czy nie zawierają skrobi. Wypadki, jakie tą drogą otrzymywał, były, jak twierdzi — już zgodne z naszymi, już też im przeciwne. Za przyczynę tych różnorodnych wypadków, uważa BÖHM trudność wychodowania roślinek, których gałeczki zieleni byłyby dokładnie wykształcone, a jednak od skrobi wolne. Pozbawienie zieleni istoty skrobiowej przez umieszczenie roślin w ciemności, czasem udawało mu się bardzo łatwo, a czasem następowało dopiero po kilku dniach i wtedy, po przeniesieniu rośliny na światło, gałeczki zieleni całymi dniami pozostawały zupełnie od skrobi wolne. Te trudności zdawały się BÖHMOWI tak niepodobnymi do przewyciężenia, że wolał zupełnie dotychczas używaną metodę w swoich badaniach porzucić, i uznać ją za nieprowadzącą do celu. „Te wypadki, „mówi on ¹⁾, przekonały mnie, że za pomocą metody „dotychczas używanéj, do żadnych stanowczych wypadków dojść nie można.“ Co do mnie, sędzę mimo tego twierdzenia BÖHMA, że wypadki, które za pomocą téj metody otrzymałem i powyżéj podałem, są najzupełniéj stanowcze. Jeżeli zaś BÖHM metodę tę za złą uważa, to pochodzić to musi chyba ztąd, że nie zachowywał potrzebnych przy niéj ostrożności.

O ostrożnościach tych, mówiliśmy już na właściwém miejscu niniejszój rozprawy. Wspomnieliśmy

¹⁾ str. 9.

tam, że roślina nigdy dłużej jak 24 godzin w ciemności trzymana być nie powinna. Jeżeli zaś BÖHM twierdzi, że czas ten często nie wystarcza do pozbawienia liści skrobi, i że do tego nie raz kilku dni potrzeba,— to znowu pochodzić to musi ztąd, że albo odpowiednie doświadczenia robił przy zbyt niskiej ciepłocie, albo też używał do nich zbyt młodych jeszcze i w listniach tłuszcz zawierających roślinek; tak, że ten tłuszcz stopniowo w ciągu doświadczenia w skrobię się przeobrażając, utrudniał tém samém ostateczne jój zniknięcie.

Ale nie dosyć na tém, że BÖHM bez potrzeby porzucił dotychczas używaną metodę; sam punkt wyjścia jego pracy, samo postawienie sobie przez niego pytania jest zupełnie fałszywe. Pytanie to ułożył on sam w sposób następujący:

„Ostatnia (skrobia w listniach), jest albo jak „twierdzą KRAUS i GODLEWSKI bezpośrednim płodem „przyswojonego przez zielone listnie kw. węglowego, — „albo też jak ja przypuszczam, jest powstałym z przeobrażenia się zapasowych istot odżywczych, już poprzednio znajdujących się w listniach.“

Aby na to pytanie odpowiedzieć, postępował BÖHM w sposób następujący: Po kilkaset nasion jednéj z 3 używanych przez siebie roślin, zasiéwał na wilgotnéj flaneli, rozciągniétej na porcelanowych miseczkach. Jedne z tych miseczek umieszczał w zwyczajnéj, drugie w pozbawionéj kw. węglowego atmosferze, jedne w świetle, drugie w ciemności; a po upływie kilku dni przeznaczonych na doświadczenie, zbierał roślinki, odbarwiał je wyskokiem, a następnie działał na nie w całości wodnikiem potasowym, wodą, kw. octowym, znów potém wodą, aż wreszcie zamykał je

w rurkach napełnionych roztworem jodowym. Stósonie do zabarwienia jakie roślinki z jodem przybięrały, rozdzielał je na ciemno, jasno fioletowe i bezbarwne. — jednym słowem badał roślinki na zawartą w nich skrobię. Jeżeli teraz, znajdował pomiędzy roślinkami, które rosły w atmosferze pozbawionój kw. węglowego mniej więcej taką samą ilość roślinek fioletowo zabarwionych, jak i między temi, które rosły w zwyczajnej atmosferze; — jeżeli nadto, znajdował skrobię w roślinkach wychodowanych w ciemności; to widział w tém najoczywistszy dowód, że skrobia w listniach powstaje bez współdziału kw. węglowego.

Ale doświadczenia te dowodziły tylko, że tłuszcz nasion przy ich kielkowaniu przebraza się w skrobię. Jest to objaw o którym dziś chyba nikt nie wątpi, i który znany jest od lat 12 ¹⁾.

Na ten objaw zwróciliśmy uwagę zaraz w pierwszém doświadczeniu I. części pierwszej niniejszój pracy. Widzieliśmy tam, że i listnie roślinek do których kw. węglowy nie miał przystępu, zawierały w pierwszych okresach swego rozwoju skrobię. Ale téż téj skrobi, ani ja, ani nikt zapewne za wynik z rozkładu kw. węglowego powstający nie uważa, skoro jeszcze w r. 1863 wykazał SACHS, że powstaje z przeobrażenia się tłuszczu. Dla tego to trudno mi pojąć, na jakiej zasadzie BÖHM twierdzi, że pochodzenie skrobi w listniach dotąd źle było tłumaczone, i że on dopięro właściwie je objaśnił.

¹⁾ *Sachs. Ueber die Stoffe welche das Material zum Wachstum der Zellhäute liefern. Jahrb. für Wissenschaftliche Bot. 1863.*

Ja tak samo jak KRAUS, SACHS i zdaje się wszyscy nowsi fizyjologowie, sędzę tylko, że skrobia w gałeczkach zieleni listniów już rozwiniętych, w których istoty zapasowe nasienia są już wyczerpane, powstaje w skutek rozkładu kw. węglowego, czyli że jest wypadkiem sprawy przyswajania. Co zaś do skrobi powstającej w listniach przy kiełkowaniu, to, tak samo jak BÖHM, uważam za istotę powstającą z przeobrażenia się tłuszczu.

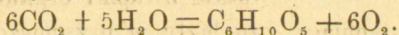
Cale nieporozumienie, z którego rozprawa BÖHMA powstała, pochodzi ztąd, że badacz ten, w niepojęty dla mnie sposób, pomieszał występowanie skrobi w listniach nasion kiełkujących, z powstawaniem skrobi w gałeczkach zieleni listniów już rozwiniętych. Są to dwie czynności nie mające ze sobą nic wspólnego. Piérwsza z nich jest prostą przemianą materyi, druga nowém tworzeniem się istoty organicznój.

Tymczasem BÖHM, wykazawszy mnogiemi, ale zupełnie zbytecznemi doświadczeniami rzeczywistość pierwszój z tych czynności, zdaje się sądzić, że udowodnił fałszywość powszechnie panującego zapatrywania na czynność drugą.

Metoda używana przez BÖHMA mogła tylko służyć do zbadania okoliczności, przy których przeobrażenie tłuszczu w skrobię w czasie kiełkowania nasion tłuszczowych, najłatwiej się dokonywa; ale nigdy nawet użytaby nie mogła być do badania powstawania skrobi w gałeczkach zieleni rozwiniętych listniów. Ile że do tego, aby skrobia w gałeczkach zieleni mogła powstawać, nie tylko potrzeba wpływu światła i przystępu kw. węglowego ale i innych jeszcze warunków, jak obecności pewnych soli mineralnych

w gruncie na którym rośnie roślina ¹⁾. Dla tego chcąc robić tego rodzaju doświadczenia, należy przy nich chodować rośliny w ziemi, a nie na wilgotnej flaneli, jak to robił BÖHM. Z tych wszystkich względów, całe wystąpienie BÖHMA uważać musimy za zupełnie chybione, a zarzuty jego przeciwko zapatrywaniu się nowszej fizjologii na rolę skrobi w gałeczkach zieleni, uznać za bezzasadne.

Utrzymujemy zatem w całej mocy zdanie, że skrobia w gałeczkach zieleni jest istotą wytworzoną w czasie sprawy przyswajania, z kw. węglowego i wody. Ze względu na rozprawę, jaka przy przedstawieniu niniejszej mojej pracy na posiedzeniu wydziału przyrodniczego Akademii Umiejętności miała miejsce, winien jestem jeszcze dać wyjaśnienie, jak zdanie powyższe rozumieć należy. Otóż, mówiąc, że skrobia w gałeczkach zieleni z rozkładu kw. węglowego i wody powstaje, nie rozumię przez to, aby to powstawanie miało miejsce zupełnie bezpośrednio, bez żadnych innych przejściowych działań chemicznych, — ale tylko to, że jakiegokolwiek byłyby te działania, ostatecznym a zarazem pierwszym widocznym ich wypadkiem, jest wytworzenie się skrobi. Tworzenie się skrobi w roślinach, wyrażają zwykle wzorem:



Wzór ten, wskazuje ostateczny wypadek sprawy przyswajania, ale bynajmniej nie ma znaczyć, że przebieg jego tak bezpośrednio się odbywa, jak ten wzór

¹⁾ *Nobbe Schroeder u. Erdmann. Ueber die Organische Leistung des Kalium in der Pflanze. Chemnitz. 1871.*

wyraża. Jakie przemiany chemiczne towarzyszą sprawie przyswajania u roślin, tego zupełnie nie wiemy; a cześć przypuszczenia, jakiego w tym względzie robić można, w niczem nie przyczynią się do wyjaśnienia sprawy. Teoryje takie jak LIEBIGA lub ROCHLEDERA, pomimo swego wysokiego zakroju, pomimo stanowczej formy z jaką je ich autorowie wygłaszali, pomimo wreszcie powagi tych autorów,—poszły w zupełne zapomnienie. Aby poznać jak czczemi są przypuszczenia nawet najgenialniejszych uczonych, jeżeli nie opierają się na gruncie doświadczalnym, rozbiéramy je pokrótce. LIEBIG twierdzi, że kw. węglowy nim przejdzie w jakiś wodań węgla, zamienia się pierwój w organiczne kwasy, coraz to uboższe w węgiel. Przeistacza się więc kolejno w kwas szczawiowy, winowy, jabłkowy, cytrynowy it.d. Te zatém jak i inne występujące w roślinach kwasy, uważał LIEBIG jako pośrednie stopnie pomiędzy kw. węglowym a wodańmi węgla. Idąc dalej, sądził LIEBIG, że wyjaśnił znaczenie zasad mineralnych niezbędnych roślinom uważając je jako potrzebne do zubożenia tworzących się w ten sposób kwasów, Nawet zasdom organicznym, t. z. alkaloidom, tę samą przypisywał on rolę; tak, że nieledwie wszystkie związki organiczne w roślinach występujące, znalazły w przypuszczeniu LIEBIGA swoje usprawiedliwienie, i uważane były jako niezbędne czynniki sprawy przyswajania. Ale niestety całe to przypuszczenie nie miało żadnych podstaw;

¹⁾ *Liebig. Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur Pflanzen physiologie. Brunshweig 1865 T. 1. s. 48—50.*

było tylko grą wyobraźni znakomitego chemika. Oprócz pewnika, że w tym samym organie roślinnym i kilka z wyżej wspomnianych kwasów często współcześnie się znajduje, nic więcej na poparcie swego twierdzenia LIEBIG nam nie podaje. Już więc z powodu braku pozytywnych dowodów, przypuszczenia LIEBIGA za naukową teorią brać nie można. Znalazły się też wkrótce i fakta przeciwko niej mówiące. Wykazano, że w wielu przynajmniej wypadkach, kwasy — szczególnie nad ranem — obficie się znajdują, a w ciągu dnia znikają. Gdyby wszakże miały w istocie to znaczenie, jakie im LIEBIG przypisuje, to właśnie w ciągu dnia najwięcej gromadzić by się ich powinno.

Nie wiele szczęśliwsze są przypuszczenia ROCHLEDERA¹⁾. Broni on LIEBIGA przeciwko słusznym zarzutom MOHLA a więc uznaje ich prawdziwość. mimo to jednak ze swój strony stawia nowe przypuszczenia, zupełnie różne od tych jakie postawił LIEBIG. ROCHLEDER sądzi, że kw. węglowy traci tylko połowę ze swego tlenu zamieniając się na tlenek węgla, który łącząc się z wodą wydaje kw. mrówkowy. Dowód tego widzi w syntezie BERTELOTA, który otrzymał kw. mrówkowy przez działanie tlenku węgla na wodę. Rodnik kw. węglowego czyli formyl utworzony w ten sposób, ma się podstawić za wód w materjach roślinnych już istniejących, i tworzyć związki więcej złożone. Z drugiej strony przez zastąpienie tlenu formylu przez wód, będący w stanie rodnia w skutek rozkładu wody, — ma się tworzyć metyl; a gdy w ten

¹⁾ *Chemie u. Physiologie der Pflanzen. Heidelberg 1858.*
str. 108 — 112.

sposób formyl i metyl są utworzone, to już przez podstawienie się rodnika jednego, w miejscu wodu w drugim rodniku, cały szereg homologiczny połączeń grupy tłuszczowej powstać może. Przytém, w miarę potrzeby połączenia już w roślinach się znajdujące mają tracić tlen, albo przybierać wód i węgiel z rozkładu kw. węglowego i wody pochodzące, a w ten sposób tworzyć coraz więcej złożone w tlen coraz uboższe związki. Związki bardziej złożone mają się znów pod wpływem pewnych fermentów rozpadać na prostsze. Tworzenie się wodanu węgla wyprowadza ROCHLEDER od glikosidów, które rozszczepiając się—dają glikosę i resztę. Glikosa, może zmieniać się na inne wodany węgla; reszta zaś, albo już dalej użytą nie bywa, albo téż może znów przybierać pewne rodnie, tworzące się z rozkładu kw. węgl. i wody, i na nowo później się rozszczepiać. Glykozydom tegy przypisuje ROCHLEDER pierwszorządne znaczenie w życiu roślin; uważa je bowiem za jedyne źródło, z którego wodany węgla powstają. Atoli cały ten gmach przypuszczeń wzniesiony przez ROCHLEDERA, jest tylko jednym z tysiąca przypuszczeń, jakie chemik (obdarzony pewną żywością wyobraźni) o przebiegu sprawy przyswajania wytworzyć sobie może, a za których prawdziwością tak mało przemawia, że nawet zbijanie ich jest prawie rzeczą zbyteczną.

Gdyby pierwsze przemiany chemiczne kw. węgl. i wody, odbywały się w taki i tak różnorodny sposób jak sobie ROCHLEDER wyobraża to trudnoby nawet pojąć, dla czego zawsze — taka sama albo mało co różna obojętność tlenu, zostaje przez liście wydzieloną, jaką jest pochłonięta objętość kw. węglowego.

Glykosydy nie mogą téż mieć znaczenia takiego, jakie im ROCHLEDER chce nadawać już dla tego, że głównym ich siedliskiem nie są liście, w których właśnie wodany węgiel się wytwarzają, ale najczęściej kora, lub nawet korzenie roślin. Trzymając się ściśle spostrzeżonych zjawisk, to tylko na pewno powiedzieć możemy że: ostatecznym wynikiem rozkładu kw. węglowego i wody — jest skrobia, żadnych zaś pośrednich istot pomiędzy nią a materiałami surowými, z których powstaje dotąd nie znamy. Bacząc zaś na szybkość z jaką skrobia powstaje, na stały i niezmienny stosunek między ilością pochłoniętego kw. węglowego i wydzielonego tlenu, za rzecz prawdopodobną uznać musimy; że nawet skrobia lub przynajmniej ciało jednego z nią składu, jest pierwszym produktem z kw. węglowego i wody w roślinie powstającym. W jaki sposób czynność tego powstawania skrobi się odbywa, jaki udział biorą w nim istoty organiczne już w roślinie zawarte i sole mineralne do tego niezbędne, jaką przytém rolę odgrywa pierwoszcze, a jaką sam barwik zieleni? — są to wszystko pytania, na które w dzisiejszym stanie nauki żadnej odpowiedzi dać nie jesteśmy w stanie; i póki doświadczalnego gruntu nie będziemy mieć pod nogami, najlepiej poprzestać na wyznaniu naszej w tym względzie niewiadomości.

Fig. 1.

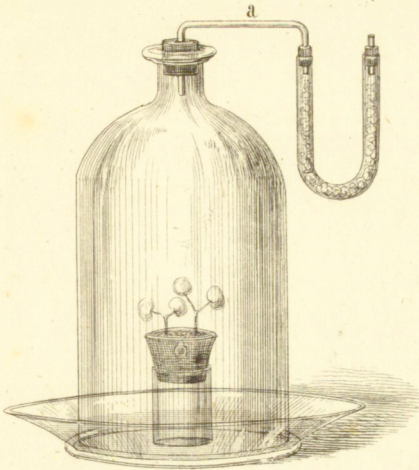


Fig. 3.

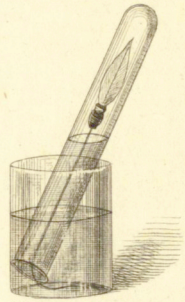
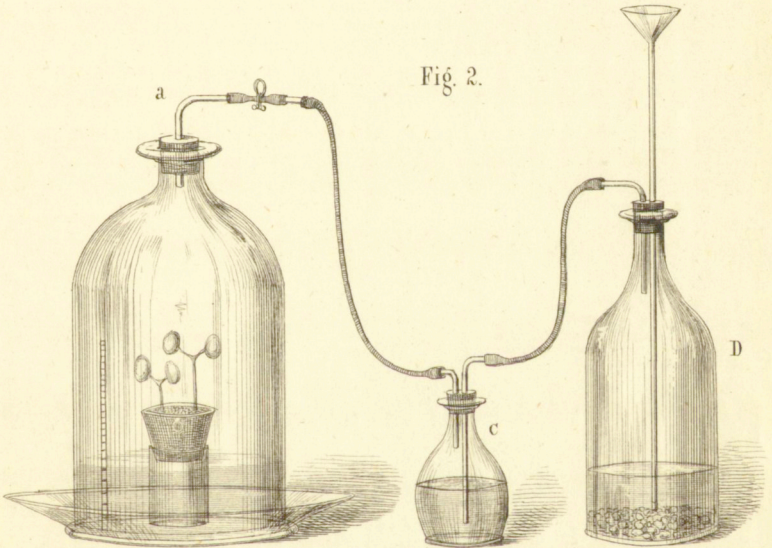


Fig. 2.



D^{ra} Godlewskiego o skrobi w aleczkach zieleni.

