



WYKŁAD
FIZYOLOGII ROŚLIN

ze szczególnem uwzględnieniem roślin uprawnych

PRZEZ

Dr. A. B. FRANKA

Profesora Królewskiej Szkoły Wyższej Rolniczej w Berlinie.

PRZEŁOŻYŁ

W. M. Kozłowski.

Z 52' rysunkami w tekście.

Cena rs. 1 k. 20.

Z zapomogi Kasy pomocy dla osób,
pracujących na polu naukowym,
imienia Józefa Mianowskiego.

WARSZAWA.

Główny skład w księgarni E. Wende i S-ka.

—
1896.



WYKŁAD
FIZYOLOGII ROŚLIN

ze szczególnem uwzględnieniem roślin uprawnych

PRZEZ

Dr. A. B. FRANKA

Profesora Królewskiej Szkoły Wyższej Rolniczej w Berlinie

PRZEŁOŻYŁ

W. M. Kozłowski.

Z 52 rysunkami w tekście.

Cena rs. 1 k. 20.

Z zapomogi Kasy pomocy dla osób,
pracujących na polu naukowym,
imienia Józefa Mianowskiego.

WARSZAWA.

Główny skład w księgarni E. Wende i S-ka.

—
1896.



8227

Дозволено Цензурою.
Варшава, 16 Апрѣля 1896 г.

Ze wszystkich działów botaniki fizyologia roślin, jako badająca objawy i warunki życia, największe zainteresowanie zdolna jest obudzić w myślącym umyśle; obok tego ma ona jeszcze i z czysto praktycznych względów pierwszorzędne znaczenie. Dla rolnika, ogrodnika lub leśnika fizyologia roślin ma tak bezpośrednią doniosłość, jak żadna inna gałąź nauk przyrodniczych. Jeżeli zadaniem rolnika jest stworzenie najkorzystniejszych warunków dla rozwoju roślin przez niego hodowanych, to, aby w tym kierunku mógł on kroczyć ze świadomością i zrozumieniem rzeczy, musi przedewszystkiem znać te warunki życia, a więc być obznajmionym z tem, czego właśnie uczy i czem się zajmuje fizyologia roślin. Nauka ta ma dla rolnika lub ogrodnika takie samo znaczenie, jak fizyologia człowieka dla higienisty lub lekarza. Wobec wielkiego tak teoretycznego jak i praktycznego znaczenia fizyologii roślin, dowodem wielkiego ubóstwa naszej literatury naukowej jest to niezawodnie, że nie posiadamy w języku polskim żadnego odpowiedniego podręcznika do tego przedmiotu. Podręcznik taki byłby ze wszech miar pożądanym nietylko dla młodzieży uniwersyteckiej poświęcającej się naukom przyrodniczym, nietylko dla uczniów szkół rolniczych, ale także dla wszystkich inteligentnych rolników, leśników i ogrodników pragnących zapoznać się z dzisiejszym stanem tej tak ważnej dla ich zawodu nauki.

Niezawodnie byłoby rzeczą najbardziej pożądaną, ażeby który z naszych specjalistów zajął się opracowaniem odpowiedniego podręcznika oryginalnego, ale rzecz jest zbyt ważna i pilna, by spokojnie czekać zanim to nastąpi. Dlatego to redakcyja Wszechświat uznała za właściwe postarać się o przyswojenie naszemu językowi jednego z podręczników literatury obcej. Wybór padł na podręcznik Franka, nie dlatego, aby go redakcyja uwa-

zała za bezwzględnie najlepszy, ale z tego powodu, że, odpowiadając dzisiejszemu stanowi nauki, jest on z powodu swych rozmiarów i specjalnego uwzględnienia potrzeb rolników szczególnie dla nas stosowny. Jako długoletni profesor szkoły rolniczej w Berlinie, Frank napisał ten podręcznik głównie dla swoich uczniów i uwzględnił w nim szczególnie to, co najbliższej obchodzi rolników. Ponieważ, zdaniem redakcyi Wszechświata, u nas właśnie rolnikom najbardziej potrzebnem jest zazajomienie się z fizyologią roślin, więc dlatego redakcyja sądziła, że podręcznik Franka najlepiej nadaje się do przyswojenia naszemu językowi. Pewną jednostronność, cechującą stanowisko Franka w niektórych ważnych kwestyach, dotyczących żywienia się roślin, redakcyja Wszechświata starała się wraz z tłumaczem skorygować za pomocą uwag zamieszczonych w osobnych dopiskach. Zmianiania tekstu nie uważała redakcyja za właściwe nawet wtedy, kiedy jej zdaniem autor błędnie wypowiada zapatrywanie. Takie zmiany nie zgadzałyby się z lojalnością, do której tłumacz jest wobec autora obowiązany. Z drugiej strony nie podobna było czytelnikowi naszemu bez zastrzeżeń podawać zapatrywań nieraz stanowczo błędnych: dla tego do sprostowania ich wybrano formę dopisków.

Nadto, chcąc zdobyć najzupełniejszą pewność, że książka w taki sposób zmodyfikowana dawać będzie istotny a bezstronny obraz współczesnego stanu nauki, redakcyja Wszechświata zwróciła się do p. E. Godlewskiego, profesora uniwersytetu jagiellońskiego, z prośbą o przejrzenie w rękopiśmie zarówno tekstu samego tłumaczenia, jako też i wspomnianych dopisków. Uprzejmy a niezmiernie cenny współudział tego uczonogo, za który miło nam w tem miejscu złożyć mu szczerze słowa podziękowania, sprawił, że książka, którą przedstawiamy czytającemu ogółowi, z ważnemi zaletami swego oryginału niemieckiego łączy nadto wierne odzwierciedlenie zapatrywań ogółu uczonych współczesnych.

Redakcyja Wszechświata.

SPIS RZECZY.

	<i>Str.</i>
Wstęp. Komórki jako najprostsze narządy rośliny	1
Część I. Zjawiska fizyczne w roślinach.	
I. Światło i ciepło w stosunku do roślin	9
II. Budowa cząsteczkowa i nasiąkliwość utworów organizowanych	11
III. Ruchy utworów protoplazmatycznych	14
IV. Osmoza i jędrność komórek roślinnych	18
V. Wzmocnienie rośliny	21
VI. Napięcie tkanek	30
VII. Wzrost	32
1. <i>Wielkość wzrostu</i>	41
2. <i>Prędkość wzrostu</i>	42
3. <i>Trwanie wzrostu</i>	43
4. <i>Zależność wzrostu od czynników zewnętrznych</i>	45
VIII. Ruchy roślin	52
1. <i>Nutacja</i>	54
2. <i>Wicie się</i>	55
3. <i>Ruchy peryodyczne czyli sen roślin</i>	57
4. <i>Ruchy wywołane przez bodźce</i>	61
5. <i>Geotropizm</i>	64
6. <i>Heliotropizm</i>	68
7. <i>Zmiany kierunku spowodowane przez inne bodźce</i>	71
8. <i>Ruchy higroskopowe</i>	71
IX. Siły organotwórcze	72
Część II. Wymiana substancji w roślinie.	
Dział I. Własności chemiczne roślin	77
„ II. Odżywianie się roślin	81
A. Sprawy towarzyszące przyjęciu pożywienia	81
I. Wchłanianie gazów	81
II. Wchłanianie i przenoszenie wody oraz ciał w niej rozpuszczonych	87
1. <i>Organy chłonnae</i>	87

	Str.
2. <i>Sprawy zachodzące podczas wchłaniania</i>	92
3. <i>Wyziewanie</i>	96
4. <i>Ruch wody w roślinach</i>	100
B. Materiały pożywne	117
I. Pierwiastki substancji organicznej czyli palnej: węgiel, wodór, tlen i azot	120
1. <i>Dwutlenek węgla i woda jako pożywienie roślin zielonych</i>	121
2. <i>Sole amonu, azotany i azot wolny jako pokarm azotowy roślin zielonych</i>	131
3. <i>Związki organiczne jako pożywienie roślin</i>	144
A. <i>Roztocze</i>	145
B. <i>Pasorzyty</i>	152
C. <i>Rośliny owadożerne</i>	155
II. Pierwiastki substancji niepalnej czyli pożywienie mineralne	156
1. <i>Siarka</i>	156
2. <i>Fosfor</i>	15
3. <i>Chlor</i>	158
4. <i>Krzem</i>	158
5. <i>Potas</i>	159
6. <i>Wapień</i>	161
7. <i>Magnez</i>	163
8. <i>Żelazo</i>	164
9. <i>Inne pierwiastki</i>	165
Dział III. Substancje organiczne, sposób ich powstawania i znaczenie dla rośliny	166
Rodział I. Znaczenie związków organicznych dla rośliny	
I. <i>Materiały budowlane</i>	166
II. <i>Związki służące do przyswajania i trawienia</i>	167
III. <i>Formy przechodnie</i>	167
IV. <i>Substancje zapasowe</i>	171
1. <i>Substancje zapasowe nasienia</i>	173
2. <i>Materiały zapasowe w zimujących organach roślin trwałych</i>	176
3. <i>Materiał zapasowy drewna i łyka</i>	178
4. <i>Wydzielny i inne produkty końcowe wymiany substancji</i>	183
a. <i>Wydzielny naskórkowe</i>	183
b. <i>Wydzielny wewnętrzne</i>	184
Rodział II. Pojedyncze substancje roślinne	188
I. Wodany węgla	
A. <i>Gromada błonnikowa</i>	188
B. <i>Gromada cukru gronowego</i>	196
C. <i>Gromada cukru trzcinowego</i>	199
II. <i>Substancje niby-eukrowe</i>	199
III. <i>Glukozydy</i>	200
IV. <i>Substancje wyciągowe gorzkie</i>	202
V. <i>Kwasy organiczne roślinne</i>	202

	<i>Str.</i>
VI. Tłuszcze	208
VII. Olejki lotne	209
VIII. Żywice	211
IX. Zasady roślinne czyli alkaloidy	211
X. Ciała białkowane	212
XI. Fermenty	218
XII. Amidy	220
XII. Barwniki	221
Dział IV. Opróżnienie organów pozbawionych czynności	227
„ V. Oddychanie roślin	228

Część III. Rozmnażanie się roślin.

I. Rozmnożenie wegetacyjne	236
II. Rozmnożenie przez pośrednictwo zarodników	238
1. Zapłodnienie	239
2. Kiełkowanie	250
3. Stosunek potomności do rodziców	254

Wstęp.

Komórki jako najprostsze narządy rośliny.

Badając pod drobnowidzem cionkie skrawki jakiegokolwiek części rośliny, przekonamy się, że nie składa się ona z masy jednolitej, lecz z licznych bardzo drobnych najprostszycch organów czyli komórek. Jakkolwiek rozmaite są te komórki, we wszystkich jednak rozróżnić możemy 2 główne części składowe: powłokę czyli błonę komórkową, utworzoną z substancji stałej i zawartą w niej ciekłą lub miękką masę, w której zanurzane są często rozmaite ciała stałe; nazywamy ją zawartością komórki (ob. fig. 1). Komórki, będąc ściśle z sobą połączone i zrosnięte błonami, stanowią jedyne twory, z których się składa ciało rośliny; stanowią one zarazem organy, w których odbywają się wszystkie objawy życia rośliny. Poznanie tych organów elementarnych jest więc niezbędnym wstępem do fizjologii roślin.

Komórki, wchodzące w skład roślin wyższych, jakie widzimy na przekrojach korzenia lub łodygi, liścia, owocu lub nasienia, różnią się bardzo swoją wielkością. Zwykle granice są od 0,02 do 0,2 mm. średnicy, czyli komórki nie są widzialne dla oka nienzbrojonego. Tylko niektóre z nich wyrastają w długie włókniste lub rurkowate twory, inne znów (na powierzchni roślin) przeistaczają się we włoski i te mogą być dostrzeżone gołym okiem, osiągając bowiem niekiedy długości kilku milimetrów lub nawet centymetrów. Z drugiej znów strony najniższe rośliny jednokomórkowe, t. j. grzyby rozszczepkowe czyli bakterye, są tak małe, że zaledwie wynoszą kilka tysięcznych części milimetra.

Ponieważ komórki pełnią w żywej roślinie nader rozmaite funkcje, posiadać przeto muszą najrozmaitsze własności. We

wszystkich wypadkach, w których mamy dokładniejszą znajomość czynności komórki, daje się dostrzedz ścisły związek pomiędzy osobliwościami jej kształtów i własnościami jej błony lub zawartości a jej przeznaczeniem fizyologicznem. Rozmaitość więc form komórkowych, które wykazuje anatomia roślin wyloma-

Fig. 1.

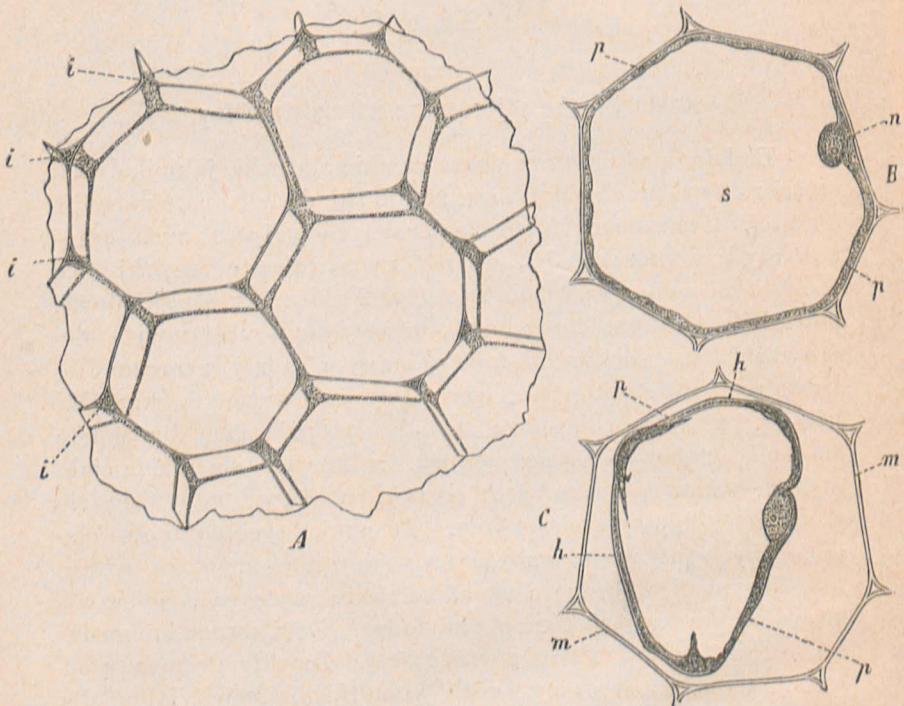


Fig. 1. Komórki z rdzenia łodygi kukurydzy (znacznie powiększone).
A Wielościennie komórki spojęne z sobą; w narożach i wzdłuż krawędzi znajdują się przerwy pomiędzy błonami sąsiednich komórek wypełnione powietrzem (przestwory międzykomórkowe *iii*).
B Żywa komórka z zawartością. Wewnątrz błony znajduje się cienka warstwa protoplazmy, tworząca t. zw. woreczek pierwotny *p*, który otacza przestrzeń, wypełnioną cieczą przezroczystą t. zw. sokiem komórkowym *s*; *n* jądro.
C Komórka *B* w stanie plazmollyzy; woreczek pierwotny *p* skuczony i odciągnięty od błony *m*. W *hh* widać, że protoplazma posiada na stronie zewnętrznej i wewnętrznej przejrzyste warstwy gęstsze (hyaloplazma).

czyć się daje na podstawie ich czynności. Z wyjątkiem niższych roślin jednokomórkowych, znajdujemy w królestwie roślinnym daleko posunięty podział pracy; pojedyncze czynności odbywają się w odpowiednio ukształtowanych komórkach, podobnie jak u zwierząt o wyższej organizacyi, które posiadają osobne organy dla odrębnych funkcji.

Tych osobliwości budowy komórek, które czynią je zdatnymi do wykonania pewnych czynności nie znajdujemy w bardzo młodych komórkach. Nowe komórki tworzą się przeważnie w miejscach, gdzie odbywa się przyrost rośliny; więc na końcu łodygi i korzenia, w pączkach i t. d. Wzrost bowiem każdej rośliny wielokomórkowej polega nie tylko na zwiększeniu się wielkości komórek, ale i na ciągłym mnożeniu się ich liczby, które w tych właśnie miejscach następuje. W tych t. zw. wierzchołkach czyli punktach wegetacyjnych (fig. 2), wszystkie komórki są jednakowo ukształtowane. Punkty te składają się z tkanki, której komórki są ściśle z sobą połączone, nie zostawiając żadnych przestworów międzykomórkowych; są one przytem drobne i we wszystkich kierunkach mniej więcej jednakowych wymiarów t. j. są równowymiarowe (*tkanka twórcza* czyli *merystema*). Błona ich jest jednostajnie cienka, przezroczysta i bezbarwna, przytem giętka, do pewnego stopnia elastyczna i przepuszczająca wodę. Błony komórek roślinnych składają się z ciała zwanego *blonnikiem*, jestto związek, należący do gromady wodorów węgla. Całe wnętrze komórek wypełnione jest miękką plastyczną, śluzowatą masą, która się wydaje mętną w skutek zawartości licznych bardzo drobnych ziarneczek. Jest to tak zwana *protoplazma* lub plazma, której główną składową część stanowią ciała białkowane nasiąknięte wodą. W protoplazmie każdej komórki daje się dostrzedz dość wielkie ciało okrągłe o ostrym zarysie; jest to jądro, wewnątrz którego znajduje się często jedno lub kilka drobniejszych jasnych ciałek, zwanych jąderkami; jądro składa się również z rozmaitych ciał białkowych. Opisane wyżej ciało protoplazmatyczne stanowi stałą i jedyną zawartość młodych komórek wszystkich roślin. Ale i w starszych komórkach znajdujemy protoplazmę a z niej powstają wszelkie inne utwory, wchodzące w skład komórki. Jest ona podścieliskiem wszystkich objawów życia komórki. Możemy też uważać protoplazmę za jedyną żywą część komórki. Istnieje pod tym względem zupełne podobieństwo pomiędzy

roślinami a zwierzętami, w ciele których wszystkie organy czynne jak nerwy, mięśnie, krew i t. d. składają się z ciał białkawa-

Fig. 2.

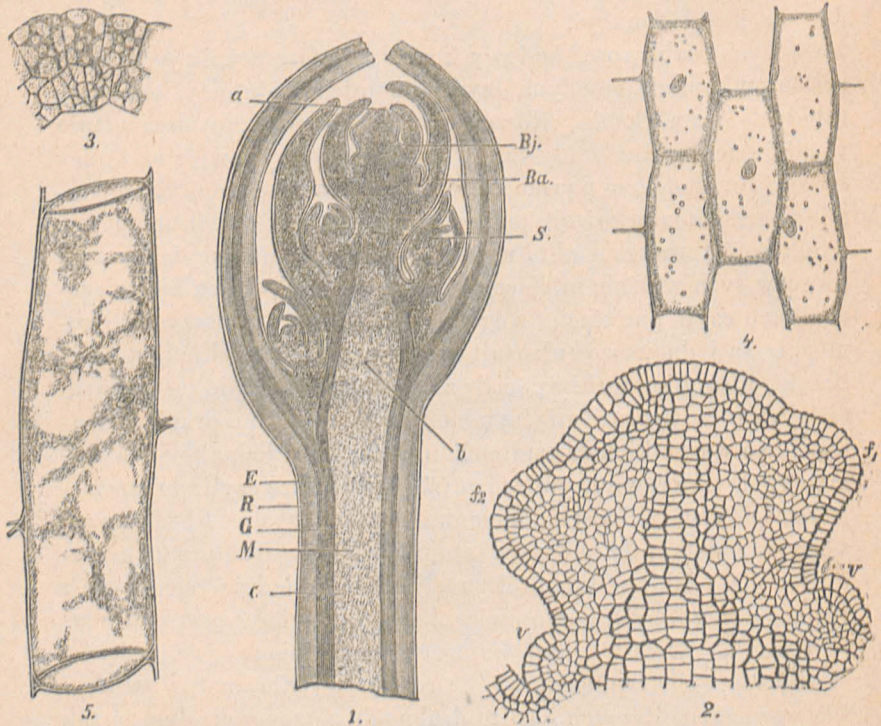


Fig. 2. Rosnący koniec łodygi fasoli (*Phaseolus multiflorus*).

- 1) Cały koniec łodygi (stożek wegetacyjny) słabo powiększony, *a* punkt wegetacyjny łodygi z zawiązkami liści (*Bj* zawiązek bardzo młodego, *Ba* nieco starszego liścia; niżej idą starsze, bardziej rozwinięte); *S* punkty wegetacyjne bocznych pędów (pączków), tworzących się w kątach liści.
- 2) Silniej powiększony punkt wegetacyjny łodygi. Składa się z jednostajnych komórek, gdyż rozmaite tkanki, które dostrzegamy w dojrzałej łodydze (*E* naskórek, *R* kora pierwotna, *G* wiązki naczyniowe, *M* rdzeń w 1) ukazują się dopiero w pewnej odległości od punktu wegetacyjnego; *f*₁ i *f*₂ pierwsze zawiązki liści, *v* punkty wzrostu bocznych pędów. Dla wykazania różnicy wielkości komórek w miarę wzrostu łodygi na fig. 3, 4 i 5 przedstawione są komórki wzięte z miejsc *a*, *b* i *c* fig. 1 przy jednakowym powiększeniu; 3) komórki tkanki twórczej, napełnione plazmą; 4) w stanie wzrostu z przejściową mączką, 5) dojrzałe komórki rdzenia pozbawione już mączki.

tych. Dopóki wielkość komórki nie przekroczyła pewnych granic, protoplazma wypełnia całe jej wnętrze; poniżej jednak, gdy komórka większe przybrała rozmiary, ilość protoplazmy nie wystarcza już do jej zapelnienia, a wtedy powstaje wewnątrz plazmy jedna lub kilka przestrzeni, wypełnionych cieczą wodnistą czyli sokiem komórkowym; są to wodniczki (czyli wakuole). Niekiedy całe wnętrze komórki zajęte jest przez jedną wielką wodniczkę; zawsze jednak przytem zostaje tyle protoplazmy, aby utworzyć ciekłą nieprzerwaną warstwę, przylegającą do błony i zawierającą w sobie jądro. Ta wysięlająca wnętrze komórki warstwa protoplazmy zowie się woreczkiem pierwotnym. Dopóki komórki znajdują się w opisanym stanie, mogą one drogą dzielenia się tworzyć nowe komórki a czynność tę powinniśmy uważać za jedyne ich przeznaczenie na tym stopniu rozwoju. Gdy zaś później przybiorą budowę ostateczną zastosowaną do tej lub innej czynności fizjologicznej tracą zwykle zdolność dzielenia się. Nowe komórki powstawać mogą tylko z gotowych już komórek; możemy więc odróżniać komórkę macierzystą i potomne. We wszystkich tkankach twórczych t. j. w ogniskach wzrostu korzenia, łodygi i liści, powstawanie nowych komórek odbywa się jednakowo, drogą tak zwanego dzielenia się. Każda komórka dzieli się na dwie najczęściej równe sobie nowe komórki przegródką poprzeczną z błonika, powstającą w środku komórki macierzystej (fig. 3). W tej sprawie główny udział bierze protoplazma i jądro. Nowsze poszukiwania wykazały, że dzielenie się komórek zaczyna się od rozdzielenia jąder, tak że jądra komórek potomnych pochodzą z substancji jądrowej komórki macierzystej. Zachodzą przytem zjawiska bardzo skomplikowane, które dawniej brano za zupełne rozpuszczenie się jądra, w rzeczywistości jest to tylko przemiana w ugrupowaniu jego części składowych: jądro rozkłada się przytem na swoje składniki morfologiczne.

Skutkiem tej przemiany z dawnego jądra powstają dwa nowe, dające się widzieć ostatecznie obok siebie (por. fig. 3). Wtedy całe ciało protoplazmatyczne dzieli się na dwa według płaszczyzny, leżącej między nowoutworzonymi jądrami; powstaje między nimi błona, odgraniczająca od siebie utworzone w ten sposób komórki potomne. Każda z młodych komórek wyrasta wkrótce do wielkości komórki macierzystej i może się dzielić na nowo. Powtarza się to w ciągu wielu pokoleń, dopóki komórki

zachowują wspomniane wyżej własności, niezbędne do dzielenia. W punktach wegetacyjnych komórki zachowują wciąż zdolność dzielenia się, dopóki trwa wzrost rośliny, natomiast niżej, gdzie kończy się tkanka twórcza, przybierają one stopnio-

Fig. 3.

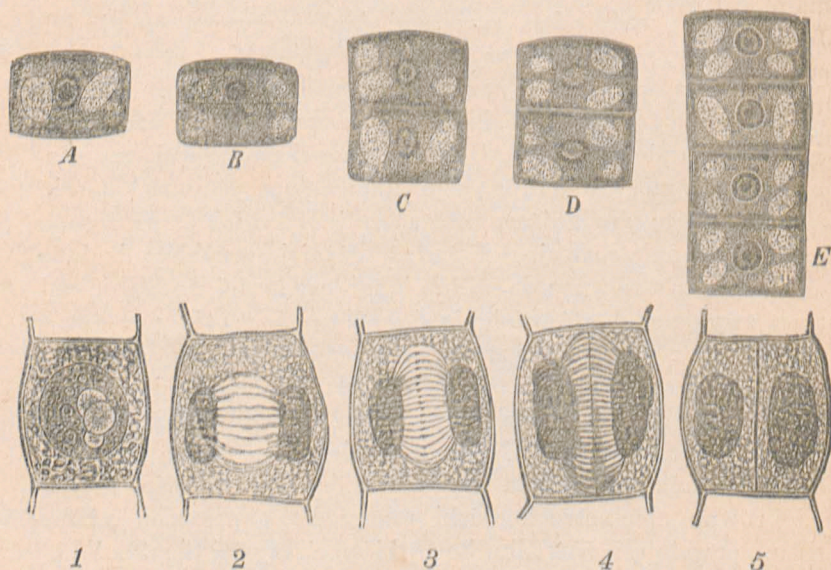


Fig. 3. Dzielenie się komórek.

Z komórki *A* powstają drogą dzielenia dwie potomne *B*, gdy te, dosięgną wielkości komórki macierzystej *C*, dzielą się powtórnie *D* i dalej znowu wyrastają w *E*. 1—5 następujące po sobie fazy dzielenia się przy udziale jądra (karyokinezy). Jądro początkowo zwiększa się, a tworząca siateczkę nić chromatynowa zamienia się na kłębek, który dzieli się na pętlice i tworzy figurę równikową. Każda z pętlic dzieli się na dwie i połówki przenoszą się ku biegunom jądra, które w ten sposób dzieli się na dwa (2), dalej tworzy się blaszka jądrowa (3, 4), z której niebawem powstaje błona (5) ¹⁾.

¹⁾ Zmieniliśmy nieco podpis pod rysunkiem niezbyt dokładny w oryginale. Szczegóły karyokinezy oraz dokładniejszy rysunek znajdzie czytelnik w „Botanice mikroskopowej“ Strasburgera (Warszawa 1887, str. 330—345). Dodały do tego coś i nowsze badania (por. „Wszechświat“ 1892, str. 245 „Nowsze badania nad zapładnianiem“, gdzie opisane są zjawiska przy dzieleniu jąder w woreczku zarodkowym).

wo rozmaite kształty, jakie znajdujemy w dojrzałych częściach rośliny, i zachowują je już stale. Dla tego też powstające w taki sposób tkanki nazywamy tkankami stałymi. Tu komórki przyjmują już znaczenie organów pewnej określonej czynności fizyologicznej; posiadają więc budowę, odpowiadającą rozmaitym ich przeznaczeniom. Zaznaczymy tu w krótkości jak powstają rozmaite utwory rośliny z tych początkowo jednostajnych komórek. Jeśli dalszem przeznaczeniem komórki jest tylko wyrabianie, przechowywanie lub przenoszenie pewnych substancji ulegają one niewielkim zmianom. Wyrastają, błona grubiej umiarkowanie, tak że wewnątrz komórki zostaje znaczna przestrzeń do przyjęcia wytworzonych ciał. Przestrzeń ta może być wypolniona sokiem, zawierającym przechowywane substancje w roztworze; tak np. sole wchłonięte z gruntu przechowują się w komórkach miąższowych korzenia i łodygi, podobnie cukier w komórkach buraka. Gdzieindziej wewnątrz komórki zostaje wypełnione stałymi ciałami uorganizowanymi, np. ziarnkami mączki w kartoflach lub białku nasion; ziarnkami glutenu czyli proteinowymi w niektórych częściach nasionia; kroplami tłuszczu, zawartymi w protoplazmie w nasionach roślin oleistych. Komórki, w których pod wpływem światła wytwarza się z dwutlenku węgla i wody substancja organiczna, znajdują się w liściach, są ułożone w regularne szeregi, i zawierają ziarnka zieleni (chlorofilu), leżące w protoplazmie na wewnętrznej powierzchni błon komórkowych. Te ciała zieleni wykonywają ważną czynność odżywiania rośliny. Inne znów komórki pełnią czynności fizyczne, stosownie do których są przekształcone w rozmaite organy. Tak przenoszenie wody pochłoniętej z ziemi odbywa się przy pomocy długich rurek włoskowatych, przebiegających wzdłuż całej rośliny; są to tak zwane naczynia. Powstają one przez to, że w szeregu komórek, leżących jedna nad drugą, błony poprzeczne zostają rozpuszczone, protoplazma i sok komórkowy znikają, ścianki zaś powstających w taki sposób próżnych rurek otrzymują przez zgrubienie miejscowe błony rozmaite urzeźbienia w postaci pierścieni, węzłownic lub drabinek; zgrubienia te przyczyniają się do spotęgowania sztywności rurki i zwiększenia oporności na ciśnienia boczne. Aby wreszcie zwiększyć oporność rośliny na zginanie, co zwłaszcza potrzebne jest w powietrznych częściach roślin lądowych, niektóre komórki przybierają postać długich włókien z niezwykle zgrubiałymi błonami; zgrubienie dosięga często tego

stopnia, że wewnątrz komórki zostaje zwężone aż do zupełnego znikania. Włókna takie spotykamy w drewnie, łyku i innych tkankach mechanicznych. Nie są one przydatne do żadnych innych czynności i nie biorą żadnego udziału w wymianie substancji, ale służą jako wyborne rusztowanie, wzmacniające roślinę mniej więcej w taki sposób jak szkielet w organizmie zwierząt. Jak u zwierząt około kości tak u roślin około tych mechanicznych tkanek układają się inne węższej budowy komórki i znajdują w nich podporę i ochronę przeciwko wpływom zewnętrznym, którym same nie byłyby w stanie się oprzeć.

Chociaż każda komórka otoczona jest zewsząd błoną, zdaje się jednak, że istnieje połączenie bezpośrednie pomiędzy protoplazmą sąsiednich komórek co czyni zrozumiałą jedność organizmu roślinnego. Jest to zjawiskiem bardzo pospolitem, że błony komórek sąsiednich posiadają z obudwu stron miejsca zciężzone, ściśle sobie odpowiadające, t. zw. kropki. Kropki te najczęściej są zamknięte i służą tylko, jako cieńsze miejsca błony do ułatwienia przesiąkania substancji rozpuszczonych z jednej komórki do drugiej; stwierdzono jednak niejednokrotnie na komórkach mięszu korowego, a zwłaszcza na blaszkach sitowych rurek sitkowych, że cienkie włókna protoplazmy przenikają przez kropki, łącząc bezpośrednio protoplazmę sąsiednich komórek ¹⁾.

¹⁾ Obecność tych połączeń stwierdzona została na bardzo wielu gatunkach roślin wyższych (Kienitz Gerloff w Bot. Ztg. 1891. W 1—5 zbadał ich do 60; por. „Wszecławiat“ 1892, Nr. 6), nie mniej znaleziono je i u wodorostów (Kohl w „Ber. d. deutsch. Bot. Ges.“ 1891, I). Według pierwszego z tych autorów wszystkie komórki mięszowe całej rośliny, prócz komórek zamykających szparki, połączone są przy pomocy nici protoplazmatycznych. Znaczenie tych połączeń polega niezawodnie na przeniesieniu podrażnienia; prawdopodobnie także ułatwiają i przeniesienie ciał chemicznych z komórki do komórki, zwłaszcza takich, które nie mogą przesiąkać przez błonę.

C z ę ś ć I.

Zjawiska fizyczne w roślinach.

Rośliny, również jak i wszystkie ciała przyrody, ulegają ogólnym siłom fizycznym. Dają się w nich jednak dostrzedz jeszcze inne siły, których nie wykazują ciała nieżywe, lub przynajmniej pewne własności wspólne, nie dające się wprost podciągnąć pod ogólne prawa fizyki. Nazywając je siłami życiowymi nie zbliżamy się bynajmniej do ich dokładnego poznania. Przeciwnie, zadaniem fizjologii jest zbadanie tego, w jakim stopniu działanie sił fizycznych zostaje modyfikowane przez osobliwości budowy ciała roślinnego, również i tego, w jaki sposób objawy życia roślinnego dadzą się wytłumaczyć jako ogniwa końcowe w szeregu zjawisk fizycznych lub jako suma tych zjawisk. Jakkolwiek nie przyszło na tej drodze do zadawalającego wyjaśnienia istoty życia, jednak badanie niejednokrotnie przyczyniło się do dokładnego poznania ważnych własności i pojedynczych objawów życia rośliny. Do tych bliżej zbadanych objawów należą: 1) wpływ światła i ciepła na roślinę; 2) budowa cząsteczkowa i zdolność wchłaniania w tkankach roślinnych; 3) ruchy utworów protoplazmatycznych; 4) przesiąkanie i jędrność w komórkach roślinnych; 5) wzmocnienie mechaniczne rośliny; 6) napięcie tkanek; 7) wzrost; 8) ruchy roślin; 9) siły twórcze organów. Zagadnienia te stanowią przedmiot następujących rozdziałów:

I. Światło i ciepło w stosunku do roślin.

1) *Własności optyczne rośliny.* Zachowanie się rośliny wobec promieni światła zależy od własności optycznych błon i zawar-

tości komórek; ponieważ części te są w ogóle przezroczyste, więc światło wnika w roślinę do pewnej głębokości. Stopień jednak *przejrzystości*, w pojedynczych jej częściach jest rozmaity. W miarę bowiem zwiększenia grubości jakiegokolwiek części, a zwłaszcza w obecności barwnych substancyj, światło zostaje coraz mocniej pochłaniane. Część światła zostaje również stracona przez odbicie bądź to gdy promień światła pada na gładką powierzchnię organu roślinnego, bądź gdy przechodzi wielokrotnie z błon komórkowych do przestworów międzykomórkowych lub komórek wypełnionych powietrzem. Dla tego też liczne łupiny nasion, owoców, również jak utwory korkowe lub kora służą jako ochrona od światła wskutek zabarwienia błon i zawartości powietrza w wielu komórkach. Niekiedy pochłaniane bywają przeważnie promienie jednej jakiegokolwiek barwy. Tak liście zielone przepuszczają przez siebie głównie tylko żółte i zielone promienie. Jest to następstwem pochłaniania światła przez chlorofil; światło bowiem przepuszczone przez zielone liście daje widmo podobne do widma chlorofilu.

Błony komórkowe, ziarenka mączki i inne utwory organiczne dzielą z wielu kryształami własność *podwójnego załamania światła*, t. j. rozkładają promień światła na dwa różnie skierowane i spolaryzowane.

Barwa roślin zależy zwykle od obecności odpowiednio zabarwionych substancyj, które znajdują się bądź w błonie komórkowej, bądź wewnątrz komórki w postaci ciałek barwnych lub zabarwionego soku komórkowego. Przeciwnie, białe zabarwienie płatków i t. d. jest następstwem obecności w komórkach lub przestworach międzykomórkowych powietrza, które powoduje wielokrotne odbicie światła; zabarwienie to powstaje więc w taki sam sposób jak białość piany lub śniegu. Fluorescencya bezbarwnych błon komórek, spoczywających na ciemnej tkance jest przyczyną stalowej barwy nasion piwonii i jagód *Viburnum tinus* (kaliny doniczkowej). Niektóre rośliny posiadają za życia własność *świecenia w ciemności*, zwłaszcza niektóre grzyby; tak pewne gatunki zagraniczne bedki (*Agaricus*), również grzybnia i *rhizomorpha Agaricus melleus* w drzewie gnijącym. Pewne laseczniki (bakterye), powodują świecenie gnijącego mięsa ryb, gnijących kartofli i wody morskiej. Zjawisko to, podobne do świecenia fosforu w powietrzu, zależne jest od obecności tlenu, ustaje bowiem w braku tego gazu, prze-

ciwnie zaś wzmagą się w atmosferze czystego tlenu. Znika ono przy osłabieniu energii życia lub wtedy, gdy nastąpi śmierć organizmów; zdaje się że jest w związku z oddychaniem.

2) *Własności cieplikowe roślin.* Temperatura rośliny wzrasta lub opada zależnie od zmian temperatury otaczającego ośrodka. Ponieważ jednak tkanka komórkowa, a zwłaszcza drewno, jest złym przewodnikiem ciepła, więc wewnątrz drzewa nigdy nie osiąga najniższej temperatury powietrza; w lecie zaś najwyższą temperaturę przybiera dopiero wieczorem lub w nocy.

Na temperaturę rośliny wywierają wpływ i inne czynniki; w tej liczbie oddychanie, jako sprawa podczas której wytwarza się ciepło; o tym przedmiocie mowa będzie w rozdziale dotyczącym wymiany substancji. Przeciwnie parowanie roślin oddziaływa jako sprawa pochłaniająca ciepło, zatem oziębiająca roślinę. Czynność ta przeważa najczęściej nad ogrzewaniem spowodowanym przez oddychanie, tak że ogrzewanie się rośliny wskutek tej ostatniej sprawy następuje tylko w wyjątkowych przypadkach. Wielkie masy wody wprowadzone do rośliny przez korzenie powodują również obniżenie temperatury o kilka stopni. Niemniej działa oziębiająco promieniowanie ciepła; czynnik ten, zwłaszcza przy suchem powietrzu w jasne noce, może spowodować, że temperatura rośliny staje się o kilka stopni niższą od otaczającego powietrza. Przeciwnie działanie bezpośrednie promieni słonecznych silnie ogrzewa rośliny; tak w temperaturze 28,1° C. w cieniu spostrzowano na *Sempervivum* (Rojniku) ogrzanie do 52° C. pod wpływem promieni słonecznych; inne rośliny, posiadające cienkie liście rozgrzewały się do 35° C.

II. Budowa cząsteczkowa i nasiąkliwość utworów organizowanych.

Błony komórkowe, będąc nierozpuszczalne w wodzie, posiadają zdolność wchłaniania jej i przepuszczania przez siebie, jakkolwiek przez użycie najpotężniejszych nawet powiększeń nie można w nich wykryć żadnych otworów. Zmusza to nas do przypuszczenia pewnej budowy cząsteczkowej, właściwej tym błonom, również jak i innym utworom uorganizowanym, jak protoplazma, ziarnka mączki i t. d. Własność, wskutek której ciało stałe, nie będąc rozpuszczalnem w cieczy, przepuszcza tę ciecz przez siebie, zwiemy *nasiąkliwością* (*imbibitio*). Aby

ją wytłomaczyć, przypuszczamy, że ciała uorganizowane składają się z cząsteczek odosobnionych, stałych, zwanych *micellami* lub *tagmenami*; cząsteczki te, których wielkość przypuszczalnie znajduje się daleko niżej granicy percepcyi drobnowidzowej, są ułożone w taki sposób, że każda z nich posiada otoczkę wodną, o zmiennej grubości (fig. 4). Micellę należy sobie wyobrazić jako utworzoną z tej samej substancyi chemicznej, z której składa się cały utwór, na czem właśnie polega różnica pomiędzy micellą a cząsteczką chemiczną; również i od fizycznego pojęcia cząsteczki różni się micella tem, że nie jest najmniejszą możliwą cząstką ciała złożonego. Micelle są połączeniami cząsteczek

Fig. 4.

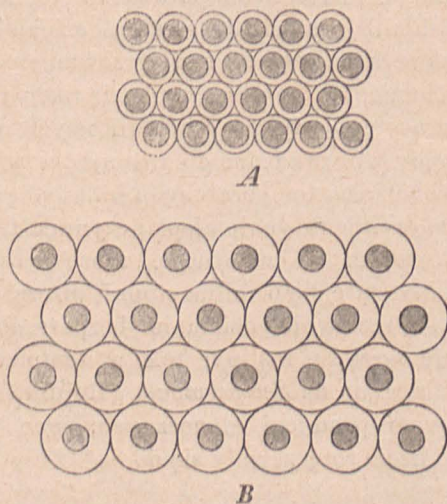


Fig. 4. Schematyczne wyobrażenie budowy ciał uorganizowanych z micelli. Ciemne jądra wyobrażają substancję stałą, stanowiącą micelle, jasne powłoki—otoczki wodne około każdej micelli, zwiększenie tych otoczek wodnych, jakie daje się widzieć na fig. B, powoduje pęcznienie.

fizycznych. Przyciągają się one nawzajem z pewną siłą, która utrzymuje je w spójni. Większe jeszcze atoli przyciąganie istnieje pomiędzy micellami a wodą, tak że w obecności ostatniej tworzą się powłoki wodne około każdej micelli, których grubość jest tem większą, im więcej jest wody i mniejsza się w miarę utraty wody przez parowanie lub działanie odbierających wodę substancyj.

Różne błony, ciała protoplazmatyczne i inne twory komórkowe posiadają zdolność wchłaniania wody w jednakowym stopniu. Nawet w tym samym utworze często dają się dostrzedz naprzemianległe warstwy bogatsze i uboższe w wodę. Na tem spoczywa *warstwowatość* błon wielu komórek o znacznem zgrubieniu powłoki, dająca się widzieć na przekrojach poprzecznych, również i uwarstwienie ziarenek mączki; od tej przyczyny zależy również i *prążkowatość* dająca się obserwować na powierzchni niektórych błon. Dla tego też jedno i drugie znika przy wysuszeniu lub działaniu środków odbierających wodę. Protoplazma, która najczęściej nasiąknięta jest wodą bardzo obficie, wykazuje na powierzchni zewnętrznej, zwróconej ku błonie, zarówno jak i na wewnętrznej, graniczącej z sokiem komórkowym, bardzo ciekłą warstwę gęstej, uboższej w wodę i jednolitej substancji stanowiącej t. zw. *błonekę plazmatyczną* lub *hyaloplazmę* (fig. 1). Błoneka podobna powstaje również wtedy, gdy części żyjącej protoplazmy oddzielają się od głównej masy.

W ścisłym związku ze zdolnością wchłaniania wody zostaje szereg własności wspólnych wszystkim utworom, posiadającym tę zdolność. Ponieważ wchłanianie wody polega na zwiększeniu otoczek wodnych micelli, przez co same micelle oddalają się od siebie, następstwem więc wchłaniania powinno być zwiększenie objętości czyli pęcznienie; przeciwnie strata wody powoduje kurczenie się. Zdolność pęcznienia posiadają w wysokim stopniu niektóre komórki, o grubych błonach i tkanki utworzone z podobnych komórek. Pęcznienie przy tem może być niejednostajne w różnych kierunkach. Tak drzewo pęcznieje najwięcej w kierunku powierzchni pnia, mniej w kierunku promieni, a najmniej w podłużnym. Stosunki wydłużeń w tych kierunkach dla sosny są następujące: 6,18 : 2,41 : 0,76. Dla tego też w wysychających pniach drzew tworzą się szpary podłużne, które się zamykają przy nasiąkaniu wodą. W najwyższym stopniu posiadają zdolność pęcznienia błony, zamieniające się przy nasiąkaniu w galaretowatą masę, np. warstwa śluzowa w nasieniu lnu, wodorosty galarowate, zwłaszcza *Nostocaceae* (Trzęsidłowate); błony te mogą wchłonąć do 200 cz. wody na 1 cz. substancji suchej, gdy drzewo np. wchłania zaledwie $\frac{1}{4}$ cz.

Błony wodą nasiąknięte posiadają większą giętkość; przeciwnie suche części roślin odznaczają się kruchością.

Przyciąganie wody przez micelle ciał nasiąkających wyzwala siłę żywą, która ujawnia się w postaci ciśnienia. Ciśnienie to spostrzegamy przy pęcznieniu drzewa a zwłaszcza nasion; jest ono tak potężne, że podnosi kamienie i rozsadzić może kości czaszki ¹⁾. Plechy wodorostów morskich listownie (*Laminaria*) mogą wchłaniać wodę jeszcze pod ciśnieniem 40 atmosfer.

III. Ruchy utworów protoplazmatycznych.

Protoplazma komórek roślinnych wykazuje podczas życia ruchy niekiedy nieznaczne, często łatwe do spostrzeżenia. W komórkach otoczonych błoną ruchy te mogą się odbywać tylko w ciasnej przestrzeni wewnątrzkomórkowej; ale utwory plazmatyczne, które w pewnym czasie wydostają się z błony na zewnątrz, jak pływki i plemniki skrytokwiatowych, odbywają w wodzie ruchy postępowe, podobne do ruchów wymoczków. Ruch protoplazmy wewnątrz komórki może powodować przeniesienie spoczywających w tej protoplazmie utworów, np. ziarenek chlorofilu.

1) *Ruchy plazmy wewnątrz komórki.* Skoro tylko przestrzeń sokowa odzieliła się od protoplazmy, dają się widzieć w wielu komórkach ustawiczne *prądy* wewnątrz protoplazmy. Niekiedy przylegająca do błony protoplazma krąży w jednym kierunku wzdłuż komórki, jak to daje się widzieć we włoskach korzeniowych żabiścieku (*Hydrocharis*) lub w komórkach łodygi ramiennic (*Chara*); gdzieindziej widzimy liczne cienkie lub grubsze pasy protoplazmatyczne, jakby płynące w rozmaitych, czasem przeciwnych kierunkach, przy tem i położenie tych strumieni zmienia się ustawicznie, gdy jedne ustają, inne zmieniają swój kierunek na odwrotny i t. d. Taki ruch spostrzegać można we włoskach pręcikowych trzykrotki (*Tradescantia*) i innych naziemnych części roślin (fig. 5).

Ruchy te nie dotyczą zewnętrznej błonki plazmatycznej; nie bierze ona w nich udziału; przeciwnie jądro komórkowe i ziarenka chlorofilu, zanurzone w masie plazmy, często przesuwają

¹⁾ Jest to zwyczajny sposób oddzielania tych kości: czaszka napelnia się grochem, który ciągle zwilżamy, pęcznięjąc stopniowo groch rozsada czaszkę na pojedyncze kości według szwów.

ją się z prądem. Przyczyna ruchu protoplazmy nie jest wyjaśniona. Ruch ten jest objawem życia plazmy, ustaje bowiem niechybnie, gdy nastąpi śmierć komórki. Niektóre prądy powstają dopiero wskutek uszkodzenia rośliny; tak w liściach *Elodea*, *Valisneria* i innych daje się dostrzedz krążenie plazmy wewnątrz komórki dopiero wtedy, gdy liście są przekrojone; prąd ten trwa zwykle do śmierci komórki, unosząc liczne ziarnka chlorofilu. Czynniki zewnętrzne wywierają potężny wpływ na ruchy protoplazmy. W braku tlenu ustają one narówni z innymi objawami życia; przeciwnie obecność światła nie jest niezbędną, gdyż prądy mogą odbywać się i w ciemności. Temperatura również wywiera wpływ znaczny: u ramienicy *Chara foetida* ruch staje się najwyższym w 38,1° C.; 0° jest najniższą, a 48,31° C. najwyższą temperaturą, w jakiej daje się jeszcze dostrzedz ruch. Siła ciężenia okazuje wpływ tylko o tyle, że ziarnka mączki i chlorofilu nagromadzają się wskutek własnego ciężaru w części komórki leżącej niżej; na same prądy nie wywiera ona żadnego wpływu. Mechaniczne wpływy jak ciśnienie lub uderzenie, o ile nie są śmiertelne dla komórki, mogą spowodować czasowe ustanie ruchu.

Ruchy ciałek zieleni. Jeśli wielkość i kształt komórki pozwalają na zmianę położenia ciałek zieleni, następuje ona zwykle stosownie do warunków oświetlenia. W świetle rozproszonym ciała zieleni przyjmują położenie powierzchniowe (*Flächenstellung*), to jest układają się na szerokich ściankach komórek, zwróconych prostopadłe do promieni światła; przytem i same ziarnka chlorofilowe, mające kształt spłaszczonego, obrócone są szerszą stroną ku światłu. Położenie to pod wpływem rozmaitych czynników zmienia się na boczno, w którym ziarnka leżą na prostopadłych do poprzednich ściankach komórki. Do tych warunków należą

Fig. 5.

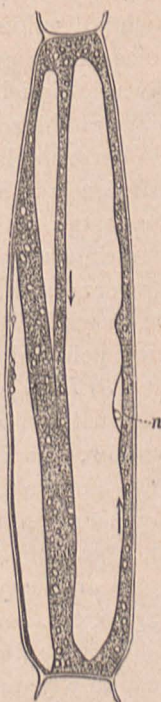


Fig. 5. Komórka z włoska precilkowego trzykrotki *Tridacenia* [virginica] ze strumieniem protoplazmy. Wskazówki pokazują kierunek ruchu strumienia; *n* jądro, które jest unieszone przez prąd plazmy; pow. 300 razy.

nasamprzód bezpośrednio światło słoneczne, bardzo mocne oświetlenie powoduje nawet nagromadzenie ziarenek chlorofilowych w jednym lub kilku rogach komórki. Położenie boczne następuje również wskutek długiego zaciemnienia, obniżenia temperatury, uszkodzenia danej części rośliny lub jej starości. W komórkach palisadowych liści ciała chlorofilowe stale spoczywają na dłuższych ściankach, to jest w położeniu bocznym, gdyż przesuwanie się ich jest tu niemożliwe wskutek wąkości komórek. Ziarenka chlorofilu w świetle rozproszonym posiadają kształt zwykle bardzo spłaszczony; przeciwnie w bezpośrednich promieniach, również jak i w ciemności ściągają się one znacznie, przyjmując postać okrągłą. Wszystko to świadczy, że w świetle umiarkowanym ciała zieleni dążą do obrócenia największej powierzchni ku źródłu światła, aby jaknajlepiej je zużytkować; we wszystkich zaś warunkach szkodzących przyswajaniu przyjmują położenie i postać wręcz przeciwną.

3) *Ruch przENOŚNY swobodnych utworów plazmatycznych.* Pływki wodorostów i wielu grzybów, służące do rozmnożenia tych organizmów, również jak *plemniki* mchów i roślin skrytokwiatowych naczyniowych, których czynność polega na zapłodnieniu organów żeńskich, są drobnymi, nagimi ciałami protoplazmatycznymi, pływającymi swobodnie w wodzie po wydobyciu się z komórki macierzystej. Ruch przENOŚNY udziela się tu przy pomocy rzęs, t. j. bardzo cienkich nici plazmatycznych; pływki posiadają zwykle dwie takie nici, plemniki zaś bywają niekiedy wydłużone w jedną rzęsę lub mają ich kilka. Pływanie odbywa się przy pomocy żywych ruchów tych rzęs, podobnych do ruchów zwijającego się bata; koniec na którym umieszczone są rzęsy, zwrócony jest przy pływaniu naprzód; pływanie odbywa się w kierunku osi podłużnej pływki, posiadającej najczęściej postać jajowatą. Ruch postępowy może być prosto-lub krzywo-linijsny. Towarzyszy mu obrót naokoło osi pływki. Inne swobodne utwory protoplazmatyczne wykazują *ruch amebowy* (pełzający). Polega on na tem, że ciało protoplazmatyczne, spoczywające na jakimkolwiek stałym podścielisku, zmienia kształt swój, przolewując masę plazmy z jednej części w drugą, przez co jednocześnie przesuwają się powoli pełzając po podścielisku. Takie ruchy właściwe są powstającym z pływek *pełzakom* śluzowców, również i tworzącym się ze spojenia licznych pełzaków *plazmodyom* tych organizmów; ostatnie często dosięgają znacznej wiel-

kości i podobne są do śluzu, ciągle zmieniającego swą postać. W plazmodyach obok zmiany kształtu dają się widzieć bardzo wyraźne strumienie protoplazmatyczne.

Czynniki zewnętrzne wywierają bardzo często znaczny wpływ na ruchy wolnych ciał protoplazmatycznych. Należy tu szczególnie wpływ światła na kierunek ruchu; zielone pływki wodorostów i niektóre plazmodya są czule na światło. Gdy pływki takie, umieszczone są w naczyniu z wodą, jedno z nich zgromadzają się w stronie naczynia ku oknu obróconej, inne w przeciwnej; jedno poszukują światła, inne unikają go. Ruch ku światłu lub od niego zostaje spowodowany jedynie przez skierowanie długiej osi pływki w taki sposób, że rzęsy zostają albo zwrócone ku światłu, albo odwrócone od niego; albowiem kierunek ruchu od tego zależy. Wrażliwość na światło bywa przytem rozmaita; w świetle rozproszonem pływki tej samej rośliny zachowują się raz dodatnio raz ujemnie; silne oświetlenie powoduje najczęściej, chociaż w niejednakowym stopniu, ruchy ujemne (t. j. oddalanie się od źródła światła). Lecz nawet w jednostajnem świetle taż sama pływka może zmienić czulość na światło z dodatniej na ujemną. Ruchy od światła zostały stwierdzone i dla niektórych plazmodyów ¹⁾. Siła ciężonia wpływa również na kierunek ruchu; *wrażliwemi na ciężenie (geotaxis)* są niektóre pływki, odbywające w wodzie ruchy ku górze, a może i plazmodya niektórych śluzowców wpełzające często na pewną wysokość wzdłuż łodygi roślin. Plazmodya te są również *reotropiczne* (czule na ruch wody), t. j. pełzną w kierunku przeciwnym strumieniowi wody, płynącemu po podścielisku, na którym spoczywają; nie mniej są one i *hydrotropiczne* (czule na wilgoć), t. j. przy niejednostajnej wilgotności podścieliska wyszukują miejsc wilgotniejszych, a później (ku czasowi tworzenia zarodni) unikają wilgoci i podnoszą się wyżej. Wreszcie i bodźce chemiczne mogą wpływać na kierunek ruchu. Zostało to dowiedzionem dla plemników; plemniki paproci ulegają przyciąganiu przez roztwór kwasu jabłkowego umiarkowanie stężony, gdy przeciwnie, mocne roztwory działają odpychająco; dla plemników mchów liściastych za bodziec służy cukier trzcinowy. Pływki o ile się zdaje nie są wrażliwe na bodźce chemiczne.

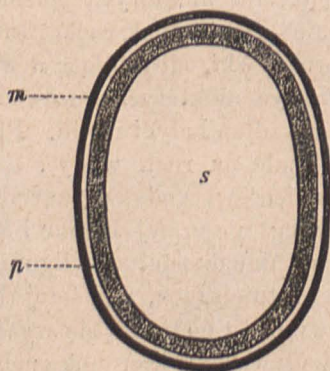
4) *Ślizganie się oscyllaryj, okrzemek i desmidyj*. Znane są rozmaite ruchy, właściwe tym wodorostom, zamkniętym w błony. Ruchy te, zdaje się, że po części przynajmniej zależą od wpływu

światła. Najbardziej uderzającymi są ruchy naprzód i w tył wielu okrzemek; również ruchy postępowe, połączone z obrotem naokoło osi, jakie widzimy u oscyllaryj. Wodorosty te nie mają żadnych rzęsów; czy przyczyną ruchu są bardzo drobne niedostrzegalne nici plazmatyczne, wychodzące przez otwory w błonie, czyli też wypychana z jednej strony woda, zostaje dotąd nierozstrzygniętem.

IV. Osmoza i jędrność komórek roślinnych.

Jeśli dwa roztwory niejednakowych ciał zostaną oddzielone błoną, przepuszczającą jeden z nich lub obadwa, to roztwory te mieszają się z sobą w rozmaitym stopniu. Zjawisko to fizyczne, zwane osmozą, daje się spostrzegać i w komórkach roślinnych w stosunku do zawartych w ich wnętrzu lub otaczających je cieczy. Na tem zjawisku podstawowem spoczywa nie tylko przyjmowanie rozpuszczonych substancyj pokarmowych, lecz i przenoszenie rozmaitych ciał z jednych tkanek do innych.

Fig. 6.



Załączona tu fig. 6 może służyć za schemat osmotycznie czynnej komórki, na którym dadzą się wyjaśnić wszystkie objawy, jakie zależnie od warunków danych zająć mogą. Jeśli na zewnątrz komórki znajdzie się ciecz innego składu niż zawarty w niej otoczony błoną i woreczkiem pierwotnym sok komórkowy, gdy np. tą cieczą zewnętrzną będzie woda,

zawierająca bardzo małe ilości soli mineralnych, jak to zwykle bywa w wodzie gruntowej lub w sztucznych roztworach do hodowli roślin, to pewna ilość roztworu tego powinna dostać się do wnętrza komórki. Nastąpić to może jednak tylko w takim razie, kiedy zarówno błona komórkowa jak i woreczek pierwotny, a zwłaszcza błonka hyaloplazmy, przepuszczają ciecz daną. Stosuje się to atoli nie do wszystkich cieczy i nie do wszystkich komórek. Co do wody i rozcieńczonych roztworów, przepuszczalność błon jest bardzo niejednostajną; najłatwiej

przesiagakają te ciecze przez błony z czystego błonnika, jakie spotykamy w komórkach mięszszowych, lub przez słabo kutynizowane błony naskórka korzeniowego i włószników. Mocno kutynizowane komórki naskórka wielu liści, również jak inne utwory korkowe z wielką trudnością przepuszczają wodę. Daje to ważne wskazówki co do tego, jakie komórki mogą służyć do przyjęcia cieczy wodnistych, które są zwykłym pożywieniem roślin w stanie natury. Wobec różnych substancji rozpuszczonych w wodzie niejednakowo zachowują się części komórki, przez które odbywa się przesiagakanie. Tak np. roztwory wodne barwników po większej części łatwo przesiagakają przez błonę; protoplazma jednak zwykle nie przepuszcza ich przez siebie ¹⁾; dla tego też rośliny z nieuszkodzonym korzeniem, zanurzone w roztworze barwnika, nie wykazują ani śladów zabarwienia soku komórkowego. Tak więc przepuszczalność błony i woreczka pierwotnego dla jednych substancji, a nieprzepuszczalność dla innych, stanowi o tem, jakie ciała mogą się dostać do wnętrza komórki; podobne własności w stosunku do ciał rozpuszczonych w soku komórkowym decydują o tem, jakie z nich mogą wydostać się na zewnątrz. Wszystkie ciała, które się dostały do wnętrza komórki drogą osmozy, mogą w ten sam sposób wędrować do innych komórek; nie stosuje się to jednak do wszystkich ciał, które zostały utworzone wewnątrz komórek. Niektóre z nich, jak np. sole lub amidy, przesiagakają przez protoplazmę i błonę, mogą więc wędrować z komórki do komórki. Innych protoplazma, dopóki żywa, nie przepuszcza, utrzymując je stale w komórkach, w których ciała te powstały. Stosuje się to np. do kwasów wolnych, często znajdujących się w soku komórkowym. W zetknięciu z kwasami chlorofil ulega bardzo prędko rozkładowi; ponieważ zaś ciałka chlorofilowe, które zawsze są zanurzone w plazmie, nie ulegają żadnej widocznej zmianie w komórkach, posiadających sok mocno kwaśny, dopóki komórki te pozostają żywymi, mamy więc w tem dowód, że protoplazma tych komórek nie wciąga w siebie kwasu, lecz utrzymuje go zamkniętym w soku komórkowym. To samo stosuje się do barwników, rozpuszczonych w soku ko-

¹⁾ Przed kilku laty PFEFFER wykazał, że niektóre barwniki anilinowe mogą z zewnątrz być pobierane przez niektóre żyjące komórki a nawet gromadzą się wtedy w znaczniejszej ilości w soku komórkowym.

mórkowym niektórych roślin, np. ponsowego i niebieskiego w burakach i kapuście. Za dowód, że protoplazma nie przepuszcza tych barwników, służy to, że części żywej rośliny nie barwią wody i że w tkance takich roślin znajdujemy komórki z sokiem zabarwionym obok innych, posiadających sok zupełnie bezbarwny. Z własności więc osmotycznych komórki można wyprowadzić wnioski nie tylko co do wchłaniania i przewodnictwa rozmaitych ciał, lecz i co do znalezienia się lub utrzymania innych w określonych częściach rośliny.

Śmierć protoplazmy zmienia jej własności osmotyczne, gdyż pewne roztwory, których protoplazma żywa nie przepuszcza, jak roztwory kwasów i barwników, przesiąkają z łatwością przez protoplazmę zabita. W tem leży przyczyna znanego zjawiska, że części rośliny, zabite przez mróz lub silne ogrzanie, po zanurzeniu w wodzie, oddają jej owe ciała.

Według praw osmozy ciało znajdujące się na zewnątrz komórki, dopóty może być przez nią wchłaniane, dopóki koncentracja roztworu w komórce nie stanie się taką, jaka jest na zewnątrz; ponieważ jednak komórka chłonna oddaje część wchłoniętej substancji innym otaczającym ją komórkom, więc wsiąkanie ciała, znajdującego się na zewnątrz, może trwać przez długi czas. Ciało to może nawet być doszczętnie wchłonięte, jeśli w komórce przerabia się na inne ciała, tak, że stopień koncentracji, któryby stał na przeszkodzie dalszemu wchłanianiu, nigdy nie zostaje osiągnięty w jej wnętrzu.

Na osmozie polega również ów stan komórek i całych części roślin, który nazywamy jędrnością. Ciała rozpuszczone w soku komórkowym wywierają przyciąganie osmotyczne na wodę, znajdującą się na zewnątrz; wskutek tego znaczne ilości wody zostają wchłonięte, co powoduje ciśnienie hydrostatyczne zawartości komórkowej na błonę, która się pod jego wpływem rozciąga. Ztąd powstają siły napięcia pomiędzy zawartością komórki a błoną, nadającą komórce tęgosc, którą oznaczamy wyżej podanym terminem. Największa jędrność wytwarza się oczywiście przez zanurzenie komórki w czystej wodzie; niektóre komórki, np. ciała pyłkowe, zostają przez powstające wskutek tego ciśnienie rozerwane. Roztwory wodne tem mniej się przyczyniają do zwiększenia jędrności, im większa jest ich koncentracja. Przy pewnym stopniu koncentracji roztworu, komórki tracą zupełnie jędrność; zmiany, którym ulegają wów-

czas, nazywamy *plazmolizą*. Skoro bowiem przyciąganie wody przez ciecz, do której wkładamy komórkę, jest większe niż soku komórkowego, część wody występuje wskutek osmozy z komórki nazewnątrz. Powoduje to zmniejszenie ciśnienia hydrostatycznego i komórka przechodzi ze stanu jędrności w stan wiotki. Jeśli plazmoliza trwa dłużej, komórka traci więcej wody i protoplazma ściąga się, oddalając się od błony. Jędrność może być również usunięta przez parowanie wody, zawartej w komórkach; sprowadza to wiotkość więdnących roślin.

V. Wzmocnienie rośliny.

Ciało rośliny powinno stawiać opór rozmaitym siłom mechanicznym. Powietrzne jej części potrzebują przeważnie oporności trojakiej. Łodygi, a zwłaszcza pnie drzew, powinny być tak wzmocnione, aby mogły dźwigać swój własny ciężar, nie ulegając zmiążdżeniu; powinno więc mieć *oporność na zgniatanie* czyli stawiać opór sile, cisnącej wzdłuż osi. Też same części, równie jak gałęzie i ogonki liści muszą się sprzeciwiać złamaniu, t. j. sile, działającej prostopadle do osi, a wynikającej z ciężar zawieszonych na nich organów lub zgięć spowodowanych przez wiatry i burze; potrzebna tu więc względna oporność czyli *oporność na zgięcie*. Wszystkie cieńsze części powietrzne, jak łodyga, liście, ogonki liściowe muszą być wzmocnione przeciw rozdarciu siłą, wyciągającą je w kierunku osi, jak to bywa np. podczas miotania przez burzę; powinny posiadać bezwzględną oporność, czyli *oporność na rozciąganie*. Tylko niektóre części roślin jak orzechy, lub ziarenka powinny stawiać opór zmiążdżeniu przez siłę bezpośrednio na nie oddziaływającą: *oporność na zmiążdżenie*.

Rośliny posiadają osobne tkanki, którym zawdzięczają rozmaite rodzaje oporności. Przekonywa nas o tem najlepiej okoliczność, że człowiek używa różnych części roślin do tych samych celów mechanicznych, jakim służyły za jej życia. Pień drzewa posiada oporność na zgniatanie dzięki zawartemu w nim drewnu; używamy też przeważnie drągów lub słupów drewnianych do podparcia; włókien łykowych, nadających roślinie szczególną oporność na wyciąganie, używamy w tych wypadkach,

gdzie potrzebujemy oporności tego rodzaju, t. j. na sznury, liny, tkaniny. Ich przydatność w tym celu tłumaczy się osobliwą budową komórek, wchodzących w skład tkanki mechanicznej. Wspólną wszystkim cechą są mocno zgrubiałe ścianki; zgrubienie błony dochodzi niekiedy do tego stopnia, że zapełnia całkowicie przestrzeń komórkową; komórka taka więc staje się niezdatną do wszelkiej innej czynności prócz mechanicznej. Tkanki mechaniczne możemy porównać do kości w organizmie zwierząt. Jak szkielet utrzymuje na sobie miękkie części ciała, tak pierwiastki mechaniczne tworzą w roślinie podpory, na których spoczywają węższe tkanki, służące do innych celów fizyologicznych.

Gdzie przeznaczeniem tkanki jest oporność na ciśnienie, jak w skorupach orzechów, w ziarnach owoców pestkowych, w korze drzew tam komórki posiadają postać prawie równowymiarową (są równie długie jak szerokie i grube); są ściśle z sobą spojone, nie tworząc żadnych przerw; błony tych komórek mocno są zgrubiałe, zwykle zdrewniałe lub kutynizowane, a często nasiąknięte ciałami mineralnymi, które nadają im wielką twardość.

Części roślin, wzmocnione na zgniatanie, wyciąganie i zgięcie, zawierają komórki mechaniczne nie tylko grubością ścian, ale kształtem swoim odpowiadające temu przeznaczeniu; komórki te wyciągnięte są w mniej lub więcej długie włókna, zwężone końcami tkwiące między sobą i mocno z sobą spojone. Takie włókniste komórki ułożone są w podłużnym kierunku względem osi odpowiedniej części rośliny (por. fig. 7 i 10). W anatomii roślin takie długie zwężone na końcach komórki nazywają się włóknistymi (*prosenchyma*) dla wyróżnienia od krótszych, mających wymiary bardziej jednostajne i najczęściej cienkie ścianki; te ostatnie łatwo ulegają rozerwaniu i nie mogą służyć do wzmocnienia rośliny; nazywamy je *miękkiszowemi* (*parenchyma*).

Układ tkanek wzmacniających roślinę odpowiada zasadom mechanicznym stosownie do ich przeznaczenia. Rola ta przypada rozmaitym tkankom, które opisuje szczegółowo anatomia roślin. U dwuliścieniowych ciało drzewne nadaje pniom, konarom i gałęziom oporność na zgniatanie i zginanie (fig. 7). Masa zasadnicza drewna tych roślin składa się z grubościennych mo-

Fig. 7.

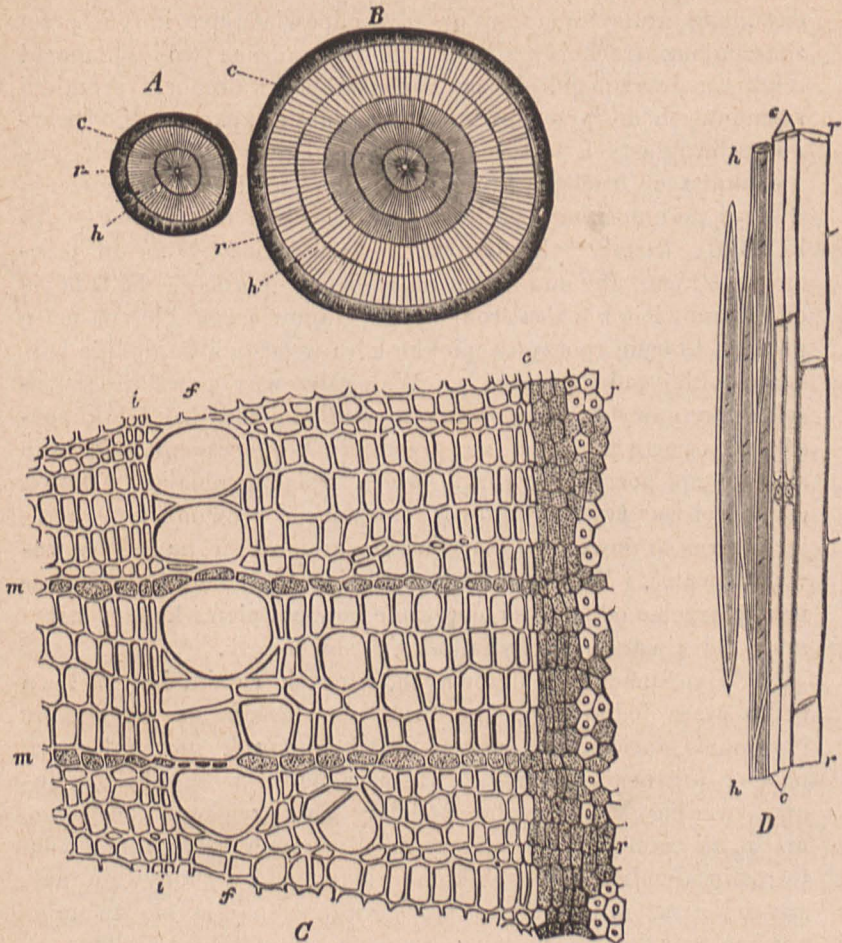


Fig. 7. Wzmocnienie pnia przez corocznie narastające drewno.

A przekrój 2-letniego pnia lipy; *B* takiegoż 5-letniego pnia. W obu pod kora znajduje się pierścień miazgowy *c*; wytwarza on drewno *h*, składające się w dwuletnim pniu z dwu, w pięcioletnim — z pięciu pierścieni rocznych. *C* przekrój poprzeczny drewna mocno powiększony; *m* promienie rdzeniowe; otwory większe *f* stanowią przecięte naczynia; reszta składa się z włókien drewnych. W *c* znajduje się miazga, złożona z komórek twórczych (merystematycznych), t. j. posiadających clenkie, niezdrewniałe ścianki, bogatych w plazmę i zdolnych do dzielenia się; *r* granicząca z miazgą część kory. W *D* przedstawione są komórki miazgi *cc* w przekroju podłużnym; na lewo od nich *h* powstałe z nich i należące już do drewna komórki drzewne, włókniste, szpiczastymi końcami wsiskające się jedne między drugie; *r* komórki kory.

eno spojonych komórek włóknistych (komórki drzewne); pomiędzy niemi umieszczone są organy, odpowiadające innym przeznaczeniom: trachoidy i naczynia, prowadzące wodę; komórki miękiszu drzewnego, służące zarówno jak i komórki promieni rdzeniowych do przechowania materiałów zapasowych. Drewno roślin iglastych jest jednostajne; składa się ono wyłącznie z włóknistych tracheid, które służą zarazem i do przenoszenia wody i do umocnienia rośliny, mają bowiem dość grube ścianki. Cały kształt ciała drzewnego jest obliczony na to przede wszystkim, aby mu nadać największą oporność. Składa się ono mianowicie z waleca środkowego, stanowiącego główną masę pnia, na którym spoczywa miękka kora w postaci względnie bardzo cienkiej powłoki (fig. 7). Walec drzewny powstaje z wiązek naczyniowych, ugrupowanych w młodej lodydze w taki sposób, że tworzą pierścień na przecięciu poprzecznym; wiązki te zlewają się później w rurkę, która wciąż grubiejąc wskutek czynności warstwy miazgowej, otaczającej drewno i wytwarzającej coraz to nowe jego pierwiastki, zamienia się na próżny wewnątrz walec. W taki sposób czyni się zadość coraz to wzrastającej potrzebie odporności, corocznie bowiem pień i konary otrzymują nową warstwę drewna, tak zw. słój roczny.

W roślinach nie drzewnych, których cienka lodyga trwa tylko przez jedno lato, oporność, a zwłaszcza na wyciąganie i zginanie, osiąga się przez układ komórek mechanicznych postaci próżnego wewnątrz waleca, zgodnie z zasadą mechaniki, według której walec podobny znosi większe obciążenie, niż z tej samej ilości materiału utworzona szyna masywna. U roślin dwuliścieniowych komórki drzewne wykonywają najczęściej zarazem i czynność mechaniczną; spajają się tu mianowicie wiązki naczyniowe, tworzące początkowo jeden lub kilka pierścieni, w jeden walec próżny, otaczający bardzo znaczny, często wydrążony rdzeń. Obok tego znajdujemy niekiedy inną tkankę mechaniczną, posiadającą przeważnie ogromną oporność na wyciąganie; stanowią ją t. zw. *włókna lękowe* czyli *komórki sklerenchymatyczne* ¹⁾. Komórki te tworzą wiązki, leżące na

¹⁾ Po polsku *twardzielowce*; wolelibyśmy wyraz ten usunąć dla uniknięcia pomieszania pojęć; *twardzielą* bowiem w przeciwstawieniu do *bieli* nazywa się starsza zabarwiona i chemicznie zmieniona część pnia. Prz. tl.

zewnątrz pierścienia drzewnego, a więc w pobliżu powierzchni lodygi, od której oddziela je kilka warstw miąższu korowego. Są

Fig. 8.

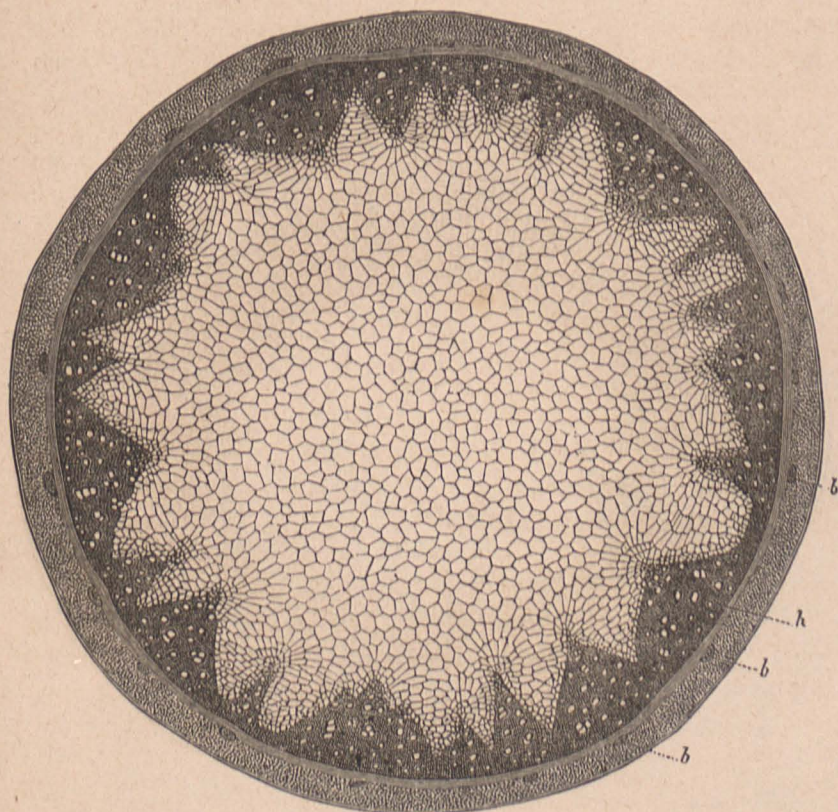


Fig. 8. Wzmocnienie lodygi ziół przez sam pierścień drzewny.

Przecięcie poprzeczne lodygi słonecznika; naokoło rdzenia, składającego się z wielkich komórek, widzimy zamknięty pierścień drzewny *h*, utworzony z wązkich komórek włóknistych i pojedynczych naczyń szerszych. Włazki lykowe *bbb* są bardzo nieznaczne w porównaniu do drewna i nie przyczyniają się prawie wcale do wzmocnienia rośliny. Kora, leżąca pomiędzy naskórkiem a pierścieniem drzewnym, składa się, z wyjątkiem tych włazek, z komórek miąższowych o cienkich ściankach. Słabo powiększone.

to długie włókna, których zaostrome końce tkwią pomiędzy sobą; posiadają one ścianki mocno zgrubiałe. U niektórych roślin

włókna te są bardzo mało rozwinięte w porównaniu do pierścienia drzewnego, tak np. w łodydze słonecznika (*Helianthus*), w której cała prawie czynność mechaniczna przypada w udziale drewnu (fig. 8). W łodydze lnu przeciwnie wiązki łykowe two-

Fig. 9.

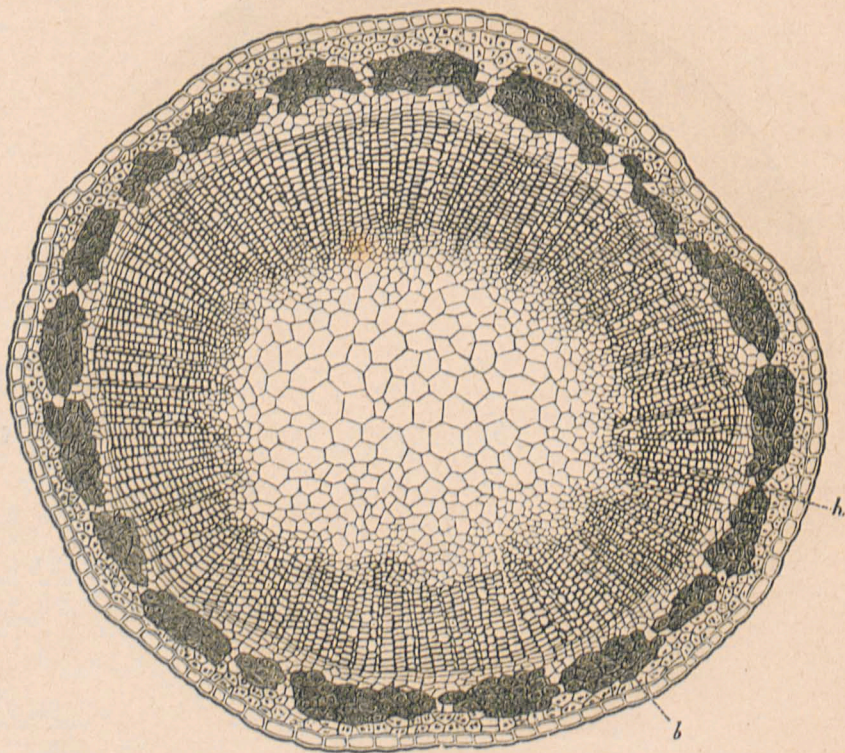


Fig. 9. Wzmocnienie łodygi ziół przez pierścień drzewny i łykowy. Przekrój poprzeczny łodygi lnu; do wzmocnienia służy nie tylko pierścień drzewny *h*, lecz zarówno i mocno rozwinięty pierścień łykowy kory *b*. Słabo powiększony.

rzą potężny pierścień, nie ustępujący prawie co do grubości drewnu (fig. 9). Komórki kory, leżące wprost pod naskórką, przybierają niekiedy postać tkanki mechanicznej zwanej *kolenchymą* (zwarcicą). Komórki składające tę tkankę mają kształt wydłużonych słupków z poziomymi lub skośnymi ściankami poprzecznymi i są ściśle między sobą spojone. Podobnie jak

i komórki miększu korowego zawierają one znaczną przestrzeń wewnątrzkomórkową, wypełnioną protoplazmą, ziarnkami chlorofilu i sokiem komórkowym; błony ich jednak mają mocno zgrubiałe krawędzie, podczas gdy części środkowe ścianek bocznych, którymi się one stykają, zarówno jak i ścianki poprzeczne, są tak cienkie, jak w innych komórkach korowych.

Kora wewnętrzna często bywa otoczona warstwą kolenchyny; w większej ilości jednak występuje ta tkanka tam, gdzie tworzy odosobnione wiązki; z takich wiązek składają się najczęściej wystające żebra, jakie widzimy np. na łodygach baldaszkowatych.

W łodydze roślin jednoliścieniowych, a zwłaszcza w źdźbłach traw, walec wydrążony tkanki wzmacniającej powstaje w inny sposób, bez udziału wiązek naczyniowych; wiązki te bowiem nie tworzą tu pierścienia zwartego, lecz rozproszono są na całym przecięciu poprzecznym łodygi. Znajdujemy tu wprost pod naskórkiem pierścień tkanki sklerenchymatycznej; jeśli przytem łodyga zawiera jeszcze miększ chlorofilowy, ten ostatni tworzy pojedyncze pasy, bądź to w przerwach pierścienia sklerenchymatycznego, bądź w wyżłobieniach, znajdujących się na zewnętrznej jego stronie; w tym wypadku ciało mechaniczne ma postać walca rynienkowatego (fig. 10).

Ogonki i nerwy liści, również jak inne wydłużone utwory liściowe, są najczęściej wzmocnione przez wiązki włókien litych lub komórek kolenchymatycznych leżące u powierzchni.

Części roślin podziemne lub podwodne posiadają zwykle tylko oporność na wyciąganie. Dla tego też w łodygach roślin wodnych, w korzeniach i korzeniakach (klęczach) tkanki mechaniczne, t. j. wiązki naczyniowe i włókniste, zajmują położenie środkowe, zgodnie z zasadą, że o oporności na wyciąganie stanowi nie kształt, lecz wielkość przecięcia poprzecznego.

Zdarza się niekiedy, że z dwu części rośliny, zostających w związku z sobą, jedna służy drugiej za podporę. Tak np. w źdźbłach traw pochwa liściowa, otaczająca łodygę, przyczynia się do jej wzmocnienia. Pochwa ta przymocowana jest u kolanka i obejmuje międzywęźle do znacznej wysokości. Każde międzywęźle ma strefę przyrestu, czynną w ciągu dłuższego czasu, a leżącą tuż nad kolankiem; miejsce to składa się z komórek delikatnych, znajdujących się w stanie dzielenia i wzrostu, bez wyrobionych tkanek mechanicznych. Jeśli podciąć pochwę liściową tuż nad

Fig. 10.

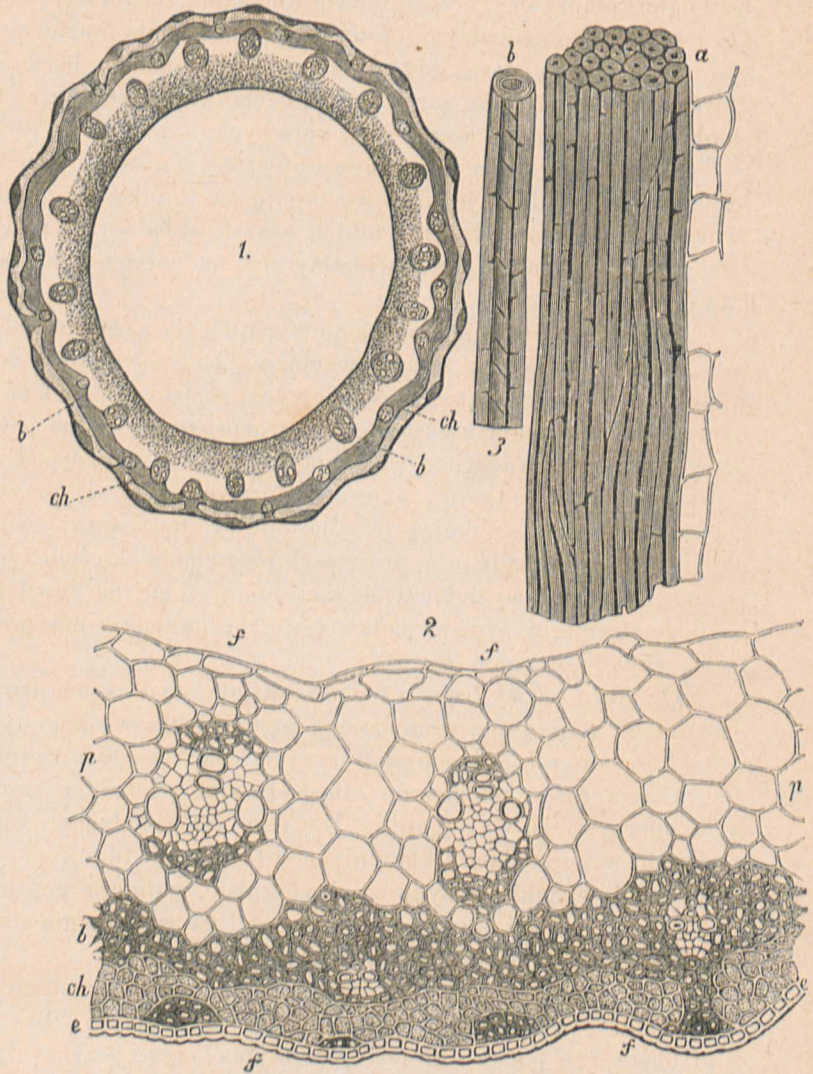


Fig. 10. Wzmocnienie źdźbła trawy.

Zdźbło żyta w przekroju poprzecznym. Wewnątrz obszerne wydrążenie rdzeniowe; pierścień wzmocnienia *b*, leżący w pobliżu naskórka, składa się z włókien lykowych; pomiędzy nim a naskórkiem leży tkanka przyswajająca, składająca się z zielonych komórek miąższowych *ch*.

2. Część fig. 1-ej znacznie powiększona, aby pokazać budowę warstwy lykowej *b*, składającej się z grubościennych komórek; *ch* tkanka przyswajająca, położona na

zewnątrz pierścienia łykowego, składająca się z komórek o ściankach niezgrubiałych; podobnie ścianki posiadają komórki rdzenia *p*, nie zawierające chlorofilu. W punktach *ff* dają się widzieć rozmaitej grubości wiązki naczyniowe, wzmocnione z obu stron przez włókna łykowe, *e* naskórek.

3. Wiązka włókien łykowych widziana z boku (*a*) u góry poprzecznie przecięta; z prawej strony kilka graniczących z nią komórek cienkościennej. Włókna łykowe utworzone są z długich grubościennych komórek zastrzeżonych końcami tkwiących między sobą i ściśle spojonych; *b* część włókna mocno powiększona, aby pokazać grubą powłokę z ukośnymi kropkami szparkowatymi.

kolankiem, to zdźbło zgina się prawie od własnego ciężaru w miękkim miejscu nad kolankiem, które zostało pozbawione oporności wskutek usunięcia pochwy liściowej, zaopatrzonej obficie w tkanki mechaniczne.

Pojedyncze tkanki wewnątrz rośliny, odznaczające się większą delikatnością, bywają również wzmocnione przez otaczające je lub naprzemian z niemi ułożone tkanki mechaniczne. Tak np. każda z licznych wiązek naczyniowych, przebiegających w łodydze kukurydzy, jest otoczona pochwą włókien sklerenchymatycznych. Również w łodygach ziół dwuliścieniowych, w pniu i konarach drzew wyżej wspomniane włókna łykowe służą ku ochronie łyka miękkiego czyli floomy, otaczając ją nazwewnątrz lub leżąc między jej warstwami.

Blizsze poszukiwania wykazały, że komórki mechaniczne, a zwłaszcza włókna łykowe, posiadają własności fizyczne, czyniące je szczególnie przydatnymi do tego zadania. Rozciągliwość we włóknach sklerenchymatycznych dosięga 0,44—1,5% bez przekroczenia granicy sprężystości. Mają one również bardzo wielką wytrzymałość, t. j. siła ciągnięcia, przy której włókna te rozrywają się wskutek wyciągania, jest bardzo znaczną; jest ona dla włókien tych zwykle prawie takaż jak i wytrzymałość sprężysta, t. j. siła, która jest w stanie wydłużyć je do granic sprężystości, wynosząca dla włókien sklerenchymatycznych 15 — 20 kilogramów, niekiedy nawet 25 na 1 mm² przecięcia.

Normalny rozwój tkanek mechanicznych w powietrznych częściach rośliny zależny jest od wpływu czynników zewnętrznych, pomiędzy którymi najważniejszym jest *wpływ światła*; tkanki te bowiem najmocniej są rozwinięte w roślinach wystających przy mocnym oświetleniu; słabsze są w tych, które



rosną w miejscach ocienionych i najsłabsze u rosnących w ciemności. Daje się przytem dostrzedz zarówno mniejsze zgrubienie ścian komórek sklerenchymatycznych, kolenchymatycznych i włókien drzewnych, jako też zmniejszenie ich ilości. Dla tego też sztywność łodygi jest tem mniejszą, im więcej ocienione miejsce, w którym wyrasta roślina; różnica ta występuje bardzo wybitnie jeśli porównamy rośliny pokojowo z polnemi; rośliny wyrastające w zupełnej ciemności wykazują prócz nienormalnego wzrostu, o czem jeszcze będzie mowa w jednym z następnych rozdziałów, szczególną wątłość łodygi, świadczącą o tem, jak słabo rozwinięte są w niej tkanki mechaniczne. Pokładanie się zboża łatwo wytłomaczyć na podstawie tylko co wspomnianych faktów; jest ono skutkiem niedostatecznej sztywności dolnej części łodygi, która zależy od zbytniego ocienienia. Dla tego też zjawisko to występuje tylko tam, gdzie zboże rośnie gromadnie i gęsto, nigdy zaś na pojedynczo swobodnie rosnących źdźbłach lub w rzadkiem zbożu; rzadziej przy szerokorzutowym niż kupkowym siewie. Dla tego częściej daje się spostrzeżać u gatunków zbóż o licznych i szerokich liściach, dających wiele cienia; najczęściej więc na pszenicy.

VI. Napięcie tkanek.

Rozmaite tkanki, z których spojenia powstaje ciało roślinne, są zwykle w stanie napięcia, wynikającym ztąd, że jedne z nich mają więcej dążności do rozprężania się, niżeli dopuszczają inne, z którymi są ściśle związane, a które swoją drogą mają dążność do kureczenia się w większym stopniu niż na to pozwalają pierwsze. Jeżeli oddzielimy od siebie dwie tkanki podobne, to jedna z nich wskutek niehamowanej już przez drugą sprężystości wyciągnie się, druga skurczy, a więc jedna stanie się dłuższą, druga krótszą niż były, gdy były razem spojone. W roślinie tedy, do której należały, pierwsza z tych tkanek była w stanie *napięcia dodatniego* czyli *ściśnionej* (tkanka wydłużająca się); druga w stanie *napięcia ujemnego* czyli *rozciągnięta*. Bardzo młode części roślin nie mają żadnego napięcia, gdyż złożone są z tkanki twórczej jednostajnej, wśród której nie wytworzyły się jeszcze części o własnościach odmiennych. Skoro to jednak na-

stąpi, występują natychmiast napięcia względne rozmaitych tkanek. Siły, powodujące dążność do rozprężenia, są wynikiem wzrostu i jędrności komórek. Dla tego napięcie tkanek występuje najmocniej w tych częściach rośliny, które energicznie rosną; maleje ono w miarę osłabienia wzrostu i staje się najmniejszym w częściach, które już nie rosną wcale. Napięcie to wzrasta bardzo znacznie jeżeli zanurzymy skrawki rośliny w wodzie, podwyższa się bowiem przytem jędrność komórek pęczniającej tkanki.

W łodygach roślin dwuliścieniowych rdzeń, dopóki jest żywy i składa się z komórek soczystych, zostaje w stanie ściśnionym wobec innych tkanek, t. j. wiązek naczyniowych, kory i naskórka; jeśli za pomocą odpowiednich przecięć podłużnych oddzieli walec rdzeniowy od tych tkanek, to walec ten wydłuża się znacznie, zwłaszcza przy zanurzeniu w wodzie. W łodydze takiej istnieje więc *napięcie podłużne*. Jeżeli łodygę podobną przecniemy wzdłuż, to obie połowy oddalają się od siebie, wyginając się na zewnątrz wskutek wydłużenia rdzenia. Jeżeli w ten sposób przekrojoną łodygę umieścimy w wodzie, wykrzywienie staje się jeszcze wydatniejszym, dochodząc niekiedy do zupełnego skręcania się w postać loków, jak to widzicie można na osi kwiatowej mniszka lekarskiego (*Taraxacum officinale*). W wielu łodygach istnieje zarówno i *poprzeczne napięcie*; tkanki obwodowe są przy tem w stanie napięcia ujemnego, t. j. rozciągnięte przez wewnętrzne; daje się to poznać po skurczeniu oddzielonego od rośliny pierścienia kory, lub po oddaleniu się brzegów nadeęcia podłużnego. Pomiędzy naskórkiem a korą istnieje również napięcie, gdyż kora ma dążność do rozszerzania się, ale ściśnięta jest przez naskórek. Nawet pojedyncze warstwy samego naskórka znajdują się w stanie wzajemnego napięcia; mianowicie nadskórek, pokrywający komórki naskórka, jest w napięciu ujemnym, t. j. rozciągnięty przez niekutynizowane ścianki tych ostatnich. Dla tego oddarty paseczek nadskórka zwija się wklęsłością na zewnątrz.

Napięcie tkanek jest niejednostajne w różnych godzinach dnia. Największe jest przed wschodem słońca; później opada stopniowo do pewnego minimum, przypadającego na południe lub popołudniowe godziny, następnie zwiększa się do poranku. Peryodyczność ta ulega zmianom przy stosownych zmianach warunków oświetlenia, jest więc spowodowaną przez oświetlenie

dziennie; jednak związek pomiędzy oświetleniem a peryodycznością w napięciu tkanek nie jest bliżej wyjaśniony.

VII. Wzrost.

Zwiększenie objętości części rośliny może nastąpić przez pęcznienie lub podwyższenie jędrności tkanek, t. j. przez samo pobieranie wody. Zupełnie innym zjawiskiem jest wzrost; polega on na tworzeniu się nowych micell pomiędzy istniejącymi; tkance więc, która urosła, nie może być przywrócona objętość pierwotna przez odjęcie wody, jak to ma miejsce z tkanką napęczniałą.

Wzrost składowych części komórki. Wszystkie prawie utwory uorganizowane komórki wykazują w ciągu pewnego czasu wzrost; daje się to szczególnie widzieć na błonach komórkowych i ziarnkach mączki. Błona wzrasta zarówno z powierzchni jak i na grubość. W młodych komórkach tkanki twórczej błona stanowi cienką, jednostajną otoczkę. Przez wzrost powierzchni błony komórka staje się większą, lub też wydłuża się, jeżeli wzrost przeważa w jednym kierunku. Skutkiem wzrastania błony na grubość powstają komórki sklerenchymatyczne i inne pierwiastki tkanek mechanicznych. W komórkach połączonych w tkanki możliwe jest tylko grubienie dośrodkowe, t. j. od strony wewnętrznej błony, gdyż na zewnątrz komórki takie stykają się z sobą. Grubienie to może dochodzić do zupełnego prawie zanikania przestrzeni wewnątrzkomórkowej (fig. 11). Jeżeli grubienie odbywa się niejednostajnie na całej powierzchni komórki, to powstają urzeźbienia błony na wewnętrznych ściankach, które w anatomii roślin są opisywane jako pierścieniowe, wężownicowe, siatkowate, drabinkowate lub kropkowane. W komórkach, których ścianki zewnętrzne są wolne, błona może otrzymywać zgrubienia na stronie zewnętrznej wskutek wzrostu odśrodkowego, w taki sposób powstają rozmaite urzeźbienia ciałek pyłkowych. Co do sposobu wzrastania na grubość istnieje dawny spór, toczący się o to, czy wzrost ten odbywa się przez nakładanie nowych warstw jedna na drugą (*appositio*), czy też przez wstawienie nowych micell między istniejące (*intussusceptio*), innymi słowy idzie o to, czy warstwowatość błony komórkowej jest wynikiem stopniowego osadzania się warstw błonnika, czy późniejszego różniczkowania jednostajnej z początku masy na warstwy roz-

maitej gęstości, z których każda dochodzi do grubości ostatecznej przez wstawienie nowych micelli. W większej części wypadków tworzenia się grubych błon warstwowatych można się przekonać, że warstwy powstają istotnie przez różnicowanie się błony, nie zaś przez stopniowe osadzanie jednej na drugiej; w bardzo grubych zaś błonach przynajmniej warstwy wewnętrzne przez dalsze różnicowanie się przyczyniają się do wzrostu błony na grubość. Prowadzi to do wniosku, że nie tylko wzrastanie

Fig. 11.

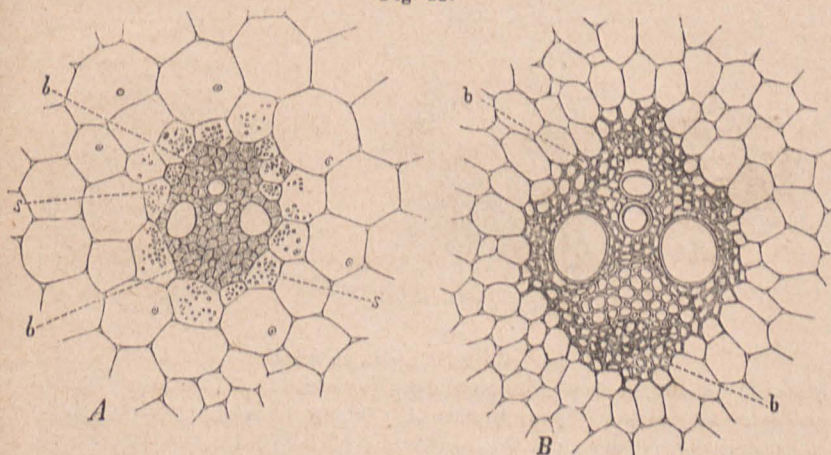


Fig. 11. Grubienie błon włókien lękowych.

Przekrój poprzeczny wiązki naczyniowej z łodygi kukurydzy: *A* bardzo młodej; *B* w stanie dojrzałym jednakowo powiększone. Wiązka otoczona jest tkanką rdzenia, złożoną z wielkich komórek.

W stanie dojrzałym; *B* wiązka otoczona jest pierścieniem włókien sklerenchymatycznych *b*, których błony (na rysunku zacieniwane) są tak grube, że przestrzeń wewnątrz komórek została znacznie zwężoną. W stanie młodym *A* pochwa ta lękowa nie jest jeszcze rozwinięta; komórki obwołowe (*b*) wiązki mają cienkie ścianki. Materiałem do wzrastania błon na grubość są ziarenka mączki, nagromadzone w komórkach rdzenia *s*, otaczających wiązkę naczyniową (pochwa mączkonośna); po wytworzeniu włókien lękowych w *B* materiał ten został wyczerpany.

błony z powierzchni odbywa się przez wstawienie nowych micelli błonnika w przestworach między już istniejącymi, gdyż inaczej nie możemy wzrostu tego wytłumaczyć, ale i grubienie powłoki postępuje tą samą drogą¹⁾. Sposób wzrastania ziarenek mączki

¹⁾ Większość botaników sądzi znowu dzisiaj, że grubienie błon odbywa się nie przez wkładanie nowych micelli między dawniejsze, ale przez odkładanie się coraz nowych warstw na wewnątrz już istniejących.

zmusza nas również do przypuszczenia wzrostu przez intussuscepcję, nie zaś przez osadzenie nowych cząstek z powierzchni, jak to bywa np. przy wzrastaniu kryształów. Ziarnko mączki dojrzałe (np. w kartoflu) składa się z wielu warstw, włożonych jedna w drugą i leżących naokoło nieśrodkowo położonego ogniska. Taki wygląd spowodowany jest przez to, że całe ziarnko składa się z naprzemianleżących warstw substancji gęstszej,

Fig. 12.

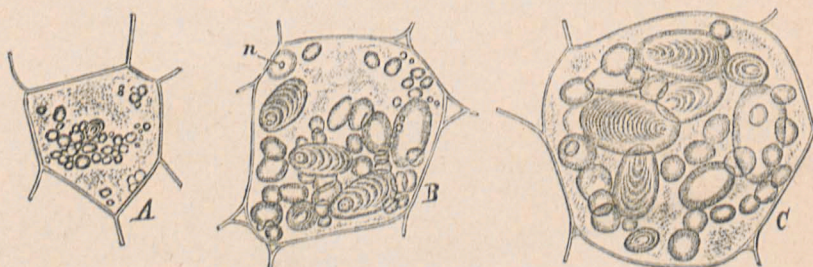


Fig. 12. Wzrastanie ziarenek mączki.

Komórki bulwy kartoflanej różnego wieku z zawartymi w niej ziarnkami mączki; wszystkie są jednakowo powiększone: *A* z bulwy mającej 0,5 cm średnicy, *B* z podobnej o średnicy 2 cm, *C* z zupełnie dojrzałej. W *A* ziarnka mączki nie przenoszą 13,5 mikromilimetrów (mikromilimetr = $\frac{1}{1000}$ mm) średnicy; w *B* mają do 35, w *C* do 54 mikr. Na większych ziarnkach daje się widzieć wyraźnie uwarstwienie ekscentryczne, które zwiększa się wskutek różniczkowania wewnętrzznego w miarę wzrostu. W *n* jądro.

zawierającej mniej wody i rzadszej, bogatszej w wodę; przytem jednak warstwy zewnętrzne są zawsze gęstsze, warstwy zaś wewnętrzne bardziej wodniste. W młodych bulwach ziarnka mączki są bardzo małe, nie posiadają uwarstwienia i składają się wyłącznie z substancji gęstszej (fig. 12). Winniśmy więc przypuścić, że i tu wzrost odbywa się przez intussuscepcję i późniejsze różnicowanie się warstw. Wzrost więc utworów uorganizowanych odbywa się w taki sposób, że w substancji ciała wzrastającego z roztworu materiału plastycznego osadzają się micelle substancji chemicznej, z której twór ten się składa, zajmując miejsce pomiędzy gotowymi już micellami. W jakiej postaci chemicznej wchodzi materiał plastyczny do wzrastającego utworu bliżej nie wyjaśniono; w każdym razie musi to być jakiś związek

rozpuszczalny w wodzie, pochodzący bądź z tej samej bądź z sąsiednich komórek. Obecność protoplazmy żywej zdaje się że jest ku temu niezbędną, gdyż błony komórkowe wzrastają tak na grubość jak i z powierzchni tylko wtedy, gdy żywa torebka plazmatyczna zostaje z niemi w styczności; wzrastające ziarnka mączki również są zawsze zanurzone w żywej plazmie. Na czem jednak polega udział protoplazmy we wzroście — niewiadomo.

Wzrastanie całej rośliny polega na sumowaniu nieznaczących przez się przyrostów pojedynczych komórek. Jeżeli cała roślina składa się z jednej komórki, jak to widzimy u wielkich wodorostów jednokomórkowych, woszeryi, kaulerpy i innych, to wzrost komórki z powierzchni jest przyczyną wzrostu całej rośliny. W innych roślinach ta tylko zachodzi różnica, że obok wzrostu komórek, zachodzi również dzielenie się ich przegródkami poprzecznymi, czyli wzrost połączony jest z rozmnożeniem komórek. Komórka dzieli się początkowo na dwie równe komórki siostrzane (por. fig. 3), z których każda jest o połowę mniejsza, niż komórka macierzysta, później zaś wyrasta do jej wielkości. Łatwo zrozumieć, że przez samo rozmnożenie się komórek nie mogłaby wzrastać roślina, gdyż przestrzeń, zajęta przez komórki, powstające wskutek podziału, zostawałaby równą tej, jaką zajmowały komórki macierzyste; przyrost więc wielkości, bądź komórki, bądź całej rośliny, polega na wzroście z powierzchni błony komórkowej. Dzielenie się ustawiczne komórek powoduje zwiększenie się ich ilości przy wzrastaniu rośliny, same zaś komórki w roślinie dorosłej nie są większe niż w młodej. W największej części organów rośliny przeważa wzrost w jednym kierunku jakimkolwiek: korzenie, łodygi, ogonki liściowe i osie kwiatowe rosnące przeważnie na długość; blaszki liściowe na powierzchnię; pnie drzew tylko na grubość. W każdym takim wypadku do wzrostu części rośliny przyczyniają się oczywiście te błony, które są równoległe do kierunku wzrastania; dla tego np. części roślin, energicznie rosnące na długość, składają się z komórek, wydłużonych w tym samym kierunku. Ogólnem jest prawidłem, że przy dzieleniu się komórek w organach rosnących powstające błony poprzeczne są prostopadłe do kierunku wzrostu; wynika ztąd, że ilość komórek mnoży się przeważnie w tym kierunku i że komórki w taki sposób powstające ułożone są w szeregi podłużne w kierunku wzrostu (fig. 2).

Roślina nie rośnie tak jak zwierzę, którego członki zwiększają się proporcjonalnie podczas całego okresu wzrostu. Gdy roślina wychodzi z kielkującego nasienia, wzrastanie już jest ograniczone do pewnych punktów lub części; a przez cały czas wzrostu rośliny niektóre części jej zachowują swą wielkość pierwotną, podczas gdy wzrastanie odbywa się tylko w pewnych oznaczonych punktach. Punkty takie nazywamy *punktami wegetacyjnymi* w organach rosnących na długość; tam zaś gdzie mamy dół czynienia z pierścieniem, za sprawą którego organ wzrasta na grubość, pierścień ten zowiemy *wegetacyjnym* lub *pierścieniem zgrubienia*. Stosownie do przeznaczenia swego części te składają się z komórek zupełnie odrębnych; tkanka ich zowie się *tkanką twórczą* (*merystemą*). Komórki tej tkanki powinny posiadać zdolność dzielenia się i wzrostu; są to więc względnie niewielkie komórki, o mniej więcej jednostajnych wymiarach, cienkich ściankach, wypełnione są protoplazmą i zawierają wielkie jądra; komórki te dzielą się ustawicznie, wskutek czego leżą w szeregach zbiegających się ku punktowi wegetacyjnemu, zgodnie z prawem prostopadłego do kierunku wzrostu wytwarzania przegródek. W częściach dorosłych tych samych organów znajdujemy komórki tkanki twórczej przekształcone na inne, stanowią one *tkanki stałe*; komórki tu nie posiadają zdolności dalszego wzrostu, lecz zmienione są odpowiednio do czynności organów, w których skład wchodzi. Pomiędzy komórkami tkanki twórczej i stałej znajdujemy formy pośrednie, w których dostrzegamy przejścia stopniowe od wzrastających części organu do trwałych.

Wszystkie korzenie i największa część łodyg wzrasta w wierzchołku; mają więc *punkt wegetacyjny końcowy*. Jeżeli na wzrastającym swobodnie (nie zakopanym w ziemi) korzonku grochu lub fasoli zrobimy farbą kreski na odległości 1 mm od siebie, to po upływie 24 godzin zauważymy, że tylko na przestrzeni 3—4 mm od końca zwiększyły się wskutek wzrostu odległości pomiędzy kreskami; inne zostają jak były (fig. 16). W cienkich korzeniach jeszcze mniejsza część końcowa bierze udział we wzroście. Istotnie tylko sam koniec korzonka składa się z tkanki twórczej; kilka milimetrów dalej spotykamy już tkanki stałe. Punkt wegetacyjny korzenia okryty jest *kapturkiem* czyli *czepcem korzeniowym* (fig. 13); jest to mała powłoka skórkowata, zrównięta z wierzchołkiem, której przeznaczeniem

jest ochrona delikatnej tkanki twórczej wierzchołka od ciśnienia i innych wpływów szkodliwych. Kapturek składa się z komórek podługowatych zaokrąglonych, nieco większych niż komór-

Fig. 13.

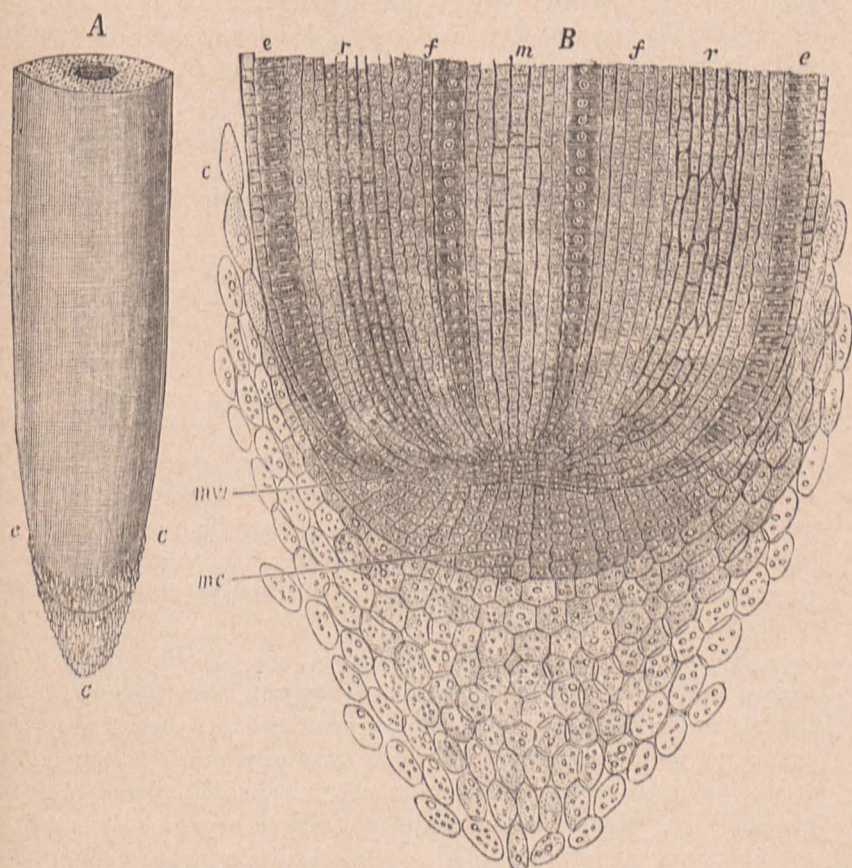


Fig. 13. *A.* Koniec komórki kukurydzy z czepcem *e*, okrywającym punkt wegetacyjl.

B. Przecięcie podłużne przez punkt wegetacyjny. Do miejsca *mw* ciągnie się tkanka twórcza korzenia, utworzona z małych komórek, wypełnionych plazmą i zawierających jądra; komórki te przechodzą stopniowo ku górze w tkanki stałe: *e* naskórek, *r* kora pierwotna, *m* rdzeń, *f* włazki naczyniowe. Z końcem korzenia zrosnięta jest tkanka twórcza czepca *mc*, z której wytwarzają się komórki większe właściwego czepca *c*. Według Sachs'a.

ki tkanki twórczej; zewnętrzna ich warstwa często wykazuje skłonność do przekształcenia śluzowego wskutek pęcznienia. Komórki zewnętrzne czepca, t. j. najstarsze, stopniowo odrywają się, natomiast wewnątrz tworzą się nowe z tkanki twórczej, tak że czepiec odnawia się stopniowo (fig. 13). W łodygach z punktem wegetacyjnym końcowym znajduje się on na samym wierzchołku łodygi i jest otoczony zwykle młodemi liśćmi, z którymi razem tworzy pęczek wierzchołkowy. Międzywęzła są w tym punkcie tak krótkie, że młode liście pokrywają się nawzajem. Punkt wegetacyjny ma postać stożkową lub ściętego stożka, stanowi on zakończenie pędu i składa się całkowicie z tkanki twórczej; nieco niżej wierzchołka dają się widzieć zawiązki pierwszych liści w postaci niewielkich wypukłości, składających się również z tkanki twórczej. Niżej znajdujemy bardziej rozwinięte zawiązki liści, które stopniowo przechodzą w młode liście (fig. 14). Rozgałęzienia korzenia i łodygi powstają również za pośrednictwem punktów wegetacyjnych, tworzących się w łodydze w kątach liści bardzo wczesnie i stanowiących wraz z otaczającymi je liśćmi pęczki kątowe; w korzeniach rozgałęzienia boczne powstają wewnątrz tkanek, mianowicie z perikambium¹⁾; każde z nich leży naprzeciwko jednej z wiązek naczyniowych. Korzenie więc boczne powinny prześwidrować tkankę korową korzenia głównego, ażeby wyjść na zewnątrz. Ponieważ każdy korzonek boczny wyrasta naprzeciwko wiązki naczyniowej, więc rozgałęzienia korzenia tworzą szeregi podłużne, w ilości odpowiadającej ilości wiązek w korzeniu.

Niektóre organy rosnące na długość nie posiadają końcowego punktu wegetacyjnego, lecz środkowy lub podstawowy; to znaczy, że część organu stale zachowująca tkankę twórczą i przyczyniąca się do wzrostu, leży u podstawy organu lub w pewnej środkowej jego części, wierzchołek zaś przeciwnie najwcześniej przestaje wzrastać i stanowi najstarszą część organu. W taki sposób rosną mianowicie długie i cienkie liście roślin jednoliścieniowych, więc wszystkich traw i zbóż (fig. 15), liście roślin wyrastających z cebul i t. d. Wzrost odbywa się tu tylko u podstawy liścia i w pochwie.

W taki sam sposób rosną i te łodygi, które tracą punkt wegetacyjny wierzchołkowy przez wczesne wytworzenie na wierz-

¹⁾ Warstwy komórek otaczających walec środkowy.

chołku kwiatu lub kwiatostanu; tu należą osie kwiatowe wielu jedno- i dwulścieniowych, również źdźbła traw i zbóż. Te osta-

Fig. 14.

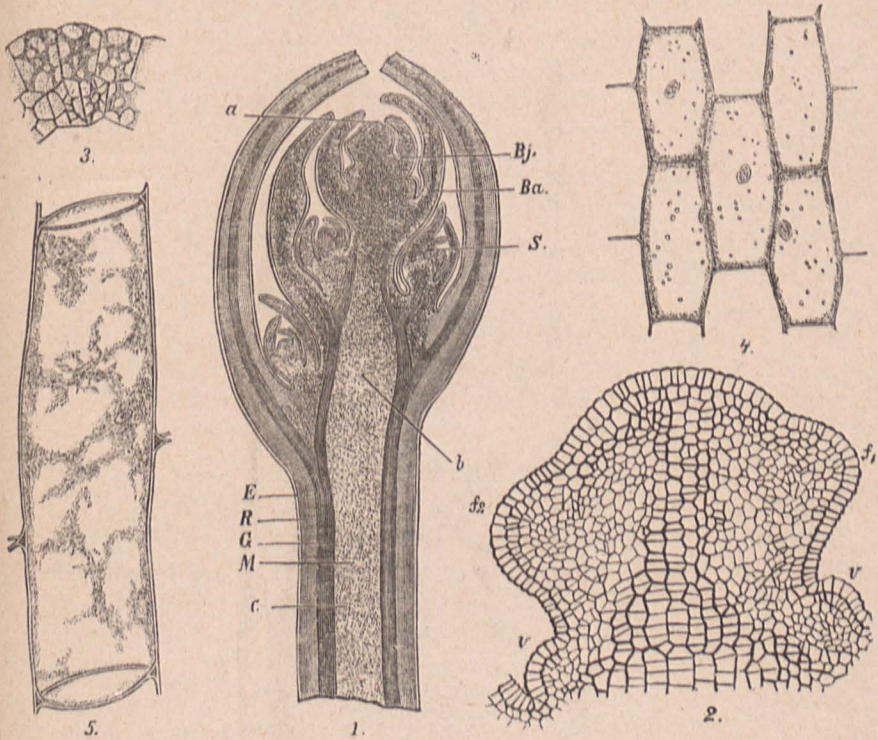


Fig. 14. Rosnący koniec lodygi fasoli (*Phaseolus multiflorus*).

1) Cały koniec lodygi (stożek vegetacyjny) słabo powiększony; *a* punkt vegetacyjny lodygi z zawiązkami liści (*Bj* zawiązek bardzo młodego, *Ba* nieco starszego liścia; niżej idą starsze, bardziej rozwinięte); *S* punkty vegetacyjne bocznych pędów (pączków), tworzących się w kątach liści.

2) Silniej powiększony punkt vegetacyjny lodygi. Składa się z jednostajnych komórek, gdyż rozmaite tkanki, które dostrzegamy w dojrzałej lodydze (*E* naskórek, *R* kora pierwotna, *G* włókni naczyniowe, *M* rdzeń w 1) ukazują się dopiero w pewnej odległości od punktu vegetacyjnego; *f*₁ i *f*₂ pierwsze zawiązki liści, *vv* punkty wzrostu pędów bocznych. Dla wykazania różnicy wielkości komórek w miarę wzrostu lodygi na fig. 3, 4 i 5 przedstawione są komórki wzięte z miejsc *a*, *b* i *c* fig. 1 przy jednakowym powiększeniu; 3) komórki tkanki tworzącej, napelnione plazmą; 4) w stanie wzrostu z przejściową mączką; 5) dojrzałe komórki rdzenia pozbawione już mączki.

tnie mają u podstawy międzywęzła, nad samem miejscem przy-
mocowania pochwy, miękką część, złożoną z tkanki twórczej,

Fig. 15.

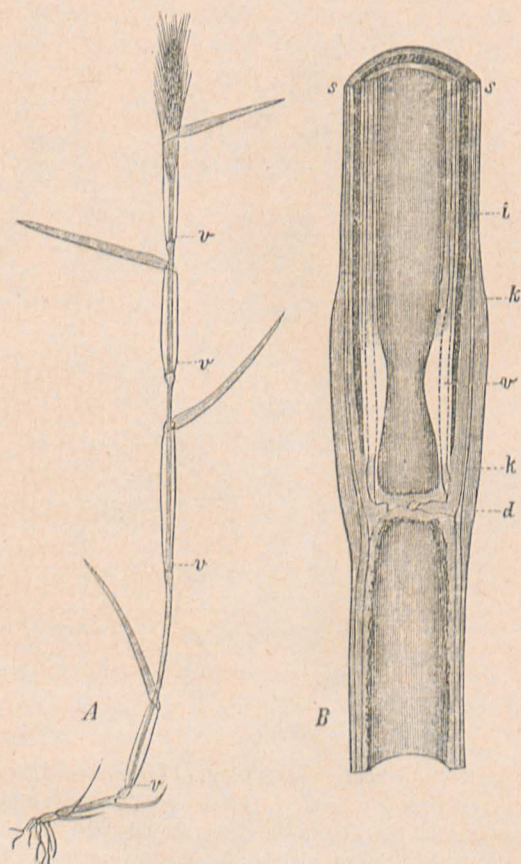


Fig. 15. Wzrastanie źdźbła trawy za pomocą punktu wegetacyjnego środkowego.
A Żdźbło trawy, w którym pochwy liściowe zaznaczone są tylko kreskami;
miejsca zaczernione *v* nad kolankami są punktami wzrostu.

B Część źdźbła, przekrojona podłużnie w węzle (kolanku). U *d* jest granica
dwu międzywęzł; w tem miejscu wydrążenie źdźbła przedzielone jest zawsze
przegórdką; tu przyrasta też pochwa liściowa *ss*, otaczająca międzywęzle wyższe,
tworząc kolanko *kk*. Objęta przez pochwę część źdźbła posiada punkt wegeta-
cyjny w miejscu niezacienionem *v*; przez czynność tej części tkanki wzrasta
źdźbło.

która otoczona jest pochwą liściową, chroniącą ją od uszkodzenia; w niej odbywa się wzrost międzywęzła, wskutek czynności tej części źdźbła międzywęzła wydłuża się, co nadaje szczególnie charakterystyczny wygląd przerastającemu zbożu.

Wzrost na grubość, odbywający się stale w korzeniach, pniach i gałęziach drzew, jest wynikiem czynności *pierścienia zgrubienia* czyli *miazgowego*, t. j. pierścienia tkanki twórczej, leżącego między łykiem a drewnem (fig. 7). Z komórek powstających (drogą dzielenia się) w tym pierścieniu, te które leżą nazewnątrz miazgi precistaczają się w tkankę kory; leżące zaś na wewnątrz — w drewno. Wskutek tego grubieje wciąż drewno przez nakładanie warstw z zewnątrz; łyko zaś w mniejszym stopniu — przez tworzenie się tkanki z wewnątrz. Warstwy powstające w ten sposób w drewnie nazywają się *słojami rocznymi*. Komórki miazgi dzielą się przegródkami podłużnymi, równoległymi do powierzchni pnia, t. j. zgodnie z prawem prostopadłego do kierunku wzrostu tworzenia przegródek. Komórki drewna i promieni rdzeniowych układają się wskutek tego w szeregi promieniowe, t. j. leżące tak, że przecinają pierścień miazgi pod prostym kątem. Linie, wytworzone przez ten układ komórek na przecięciu poprzecznym nazywają się *peryklinicznymi* i *antyklinicznymi*. Pierwsze przebiegają równoległe do powierzchni (pierścienia miazgowy i słoje roczne); drugie je przecinają (promienie rdzeniowe). Wskutek prawa, że ścianki dzielące komórki są prostopadłe do kierunku wzrostu organu, linie antykliniczne są proste tylko wtedy, gdy grubienie jest ściśle współśrodkowe; przeciwnie, jeżeli grubienie z jednej strony postępuje prędzej niż z drugiej, linie te przybierają postać krzywych, zwróconych wypukłością ku stronie przedszego wzrastania; można to widzieć na pniach i konarach niewspółśrodkowo rozwiniętych.

Do dokładnego poznania wzrostu należy ściśle określenie pojęć wielkości, prędkości i trwania wzrostu, oraz poznanie wpływających nań sił zewnętrznych.

I. Wielkość wzrostu.

Wielkością wzrostu nazywa się całkowity przyrost rosnącej części od chwili jej powstania do ostatecznego rozwoju. Wielkość ta jest w pewnych granicach stałą dla każdego gatun-

ku rośliny i dla każdego jej organu, lecz bardzo niejednostajną dla różnych roślin i organów. Pierwsze zawiązki liści, ukazujące się u wierzchołka łodygi, u zbóż i innych roślin o długich liściach, nawet olbrzymich liści palm i bananów, nie różnią się co do wielkości od zawiązków tych organów w roślinach o bardzo małych liściach. Jak wszystkie różnice gatunkowe, nie daje się i ta w sposób zadawalniający wytłumaczyć. Niżej się pokaże, że wpływy zewnętrzne mogą wpływać na wielkość wzrostu jakiegokolwiek organu.

2. Prędkość wzrostu.

Jest to wielkość, o jaką wzrasta oznaczona część rośliny w ciągu dowolnie obranej jednostki czasu. Jeśli obierzemy stałą jednostkę czasu, to możemy porównywać prędkość wzrastania pojedynczych roślin lub ich części. Za pomocą przyrządów odpowiednich, t. zw. *auxanometrów* (wskazówki na łuku; przyrządów samopiszących; mikroskopów do odczytywania), można uwidocznić i zmierzyć nawet nieznaczne przyrosty. Prędkość wzrostu jest w różnych roślinach oraz ich częściach bardzo niejednostajną, jest przytem w wysokim stopniu zależną od sił zewnętrznych, tak że prędkość właściwą pojedynczym gatunkom roślin lub organom można porównywać tylko biorąc pod uwagę warunki jednostajne.

Za przykład szczególniej prędkiego wzrostu służyć może łodyga bambusu, która w czasie najszybszego wzrastania może się wydłużyć o 0,609 — 0,913 m w ciągu 24 godzin. Liść Wiktoryi (*Victoria regia*) wyrasta na 308,3 mm w kierunku podłużnym i na 367 mm na szerokość w ciągu doby. Pręciki żyta i pszenicy, gdy się wysuwają z pod łusk, wyrastają od 2—3 mm do 12—15 mm w ciągu pół godziny. Niektóre większe grzyby odznaczają się również bardzo szybkim wzrostem; tak nóżki *Coprinus* przyrastają o 13,5 mm w ciągu godziny. Niezwykle powolnym wzrostem odznaczają się porosty, okrywające skały i korę drzew; niekiedy w ciągu jednego lub kilku lat zwiększają się one zaledwie o kilka milimetrów.

Prędkość wzrostu nie jest jednostajną od początku do końca; można o tem się przekonać, obserwując takie części roślin, których wzrost nie trwa długo. Na początku odbywa się on powolnie, następnie przyspiesza się coraz więcej do pewnego

maximum i słabnie ku końcowi również stopniowo aż do zupełnego zaprzestania. Tę zmianę prędkości przedstawić można za pomocą krzywej, jaką widzimy na fig. 16; krzywa ta wyobraża prędkości przyrostu, przez które przechodzi każde przecięcie poprzeczne korzonka; podobne krzywe można wyrysować dla prędkości wzrostu łodygi, liścia i t. d. W częściach rośliny, rosnących długo *maximum* może się czas jakiś utrzymywać, przez co krzywa przybiera kształt odmienny. W największej części wypadków największa prędkość wzrostu przypada na 1-szą połowę czasu wzrastania, tak że krzywa wznosi się ku niej stromiej, a spada pochyłej, zbliżając się coraz bardziej ku poziomowi. Charakterystyczny ten przebieg nazywa się *wielką krzywą* lub *wielkim okresem wzrostu*. W granicach tego okresu dają się dostrzedz pomniejsze wahania prędkości wzrostu, które zmierzyć można jedynie przy pomocy bardzo dokładnych przyrządów. Wahania te nie zależą od wpływów zewnętrznych; są one wynikiem nieznanых przyczyn tkwiących w samej roślinie.

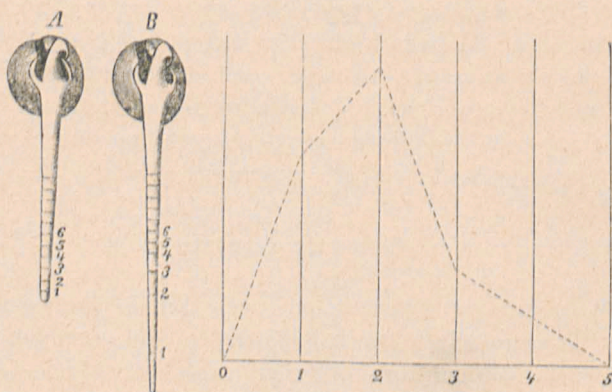
3. Trwanie wzrostu.

Jest to czas upływający od początku do końca wzrostu organu. Trwanie jest bardzo rozmaite dla różnych roślin i organów; w roślinach lub organach krótkotrwałych jest ono nieznaczne: tak rozwój niektórych grzybów, kwiatów i kwiatostanów bywa zakończony w ciągu kilku godzin; w roślinach długotrwałych przeciwnie niektóre organy i tkanki wzrastają z przerwami peryodycznymi przez cały czas życia rośliny; do takich należą np. pączki wierzchołkowe głównego pnia wielu iglastych, pierścień miazgowy wszystkich pni drzewnych.

W naszym klimacie, gdzie wegetacja ulega przerwom w ciągu zimy, trwanie wzrostu roślin wieloletnich zostaje w pewnym stałym związku ze zmianą pór roku, nie odpowiada jednak ściśle długości czasu, w którym temperatura sprzyja wegetacji. Rośliny wiosenne korzystają tylko z niewielu tygodni wiosny. Gdy się rozwiną pączki wiosenne drzew, wzrost nowego pędu ulistnionego trwa bardzo niedługo; wkrótce punkt wegetacyjny przerywa czynność swoją i zamyka się w pączek, spoczywający przez całe lato, jesień i zimę, aż do przyszłej wiosny; tylko wilki na drzewach owocowych, wyrost z pnia ściętych drzew i inne zaopatrzone w obfity pokarm części rosną

przez całe lato. Wzrost pnia na grubość, t. j. tworzenie się pierścieni rocznych drewna, zaczyna się jednocześnie z rozwinięciem liści na wiosnę, nie trwa jednak do zimy, lecz często przerywa się już w sierpniu. W korzeniach drzew, które ziemia chroni od chłodu podczas zimy, grubienie trwa znacznie dłużej; u dębu ustaje ono ku końcowi lutego, u jasionu w marcu u jabłoni i wiśni w kwietniu, aby się rozpocząć na nowo w maju lub czerwcu. Również i wzrost na długość cienkich korzeni drzew trwa jeszcze przez pewien czas w zimie.

Fig. 16.



Wzrost korzenia.

Korzonek grochu został naznaczony kreskami o 1 mm odległymi jak w A; po upływie pewnego czasu położenie kresek zmieniło się na takie, jakie jest w B, co świadczy, że tylko koniec korzonka wzrasta. Niejednostajną prędkość wzrostu części, leżących blisko końca, daje się uwidocznili za pomocą krzywej obok wyrysowanej; jest to *wielka krzywa wzrostu*; przyrosty pojedynczych części między podziałkami 1—5 są podane w odpowiednim powiększeniu jako rzędne; linia kropkowana stanowi krzywą wzrostu.

Z powyższego wynika że pojedyncze części roślin wieloletnich naszego klimatu ulegają corocznej przerwie wegetacji, nie odpowiadającej właściwej zimie. Nie może więc ta przerwa być wynikiem tamującego wzrost obniżenia temperatury w tej porze roku. Bezpośrednio wpływowi temperatury ulegają tylko nieliczne rośliny, jak np. *Bellis perennis* (stokrotka trwała), która może wydawać kwiaty w każdej porze roku, skoro tylko temperatura podwyższy się do pewnego stopnia. Inne przeciwnie

odbywają spoczynek zimowy zawsze w swoim czasie, chociażby warunki zewnętrzne były przyjazne dla wegetacji. Drzewa naszego klimatu, nie mniej jak korzeniaki, bulwy i cebule ziół, zostają w spoczynku w jesieni przy takiej temperaturze, która na wiosnę pobudza je do wzrostu. Przeciwnie w Nicei np., gdzie miejscowe drzewa rozwijają pączki już w styczniu, przeniesione od nas drzewa północne rozwijają się dopiero w kwietniu ¹⁾. Północne zboża przeniesione do klimatów południowych zachowują tam właściwą sobie prędkość dojrzewania; odwrotnie zaś zachowują się zboża południowe przeniesione na północ (t. j. skracają czas wegetacji). Peryodyczność roczna jest więc właściwością roślin, niezależną od czynników zewnętrznych, przynajmniej w pewnych granicach. Wytlumaczyć sobie jej nie umiemy. Nie ulega jednak wątpliwości, że peryodyczność ta w naturalnych warunkach wzrostu rośliny (t. j. w jej ojczyźnie) zostaje w zgodzie z jej potrzebami i jest dla niej korzystną. O pewnej zależności okresu spoczynku od wpływu temperatury zewnętrznej świadczy fakt wcześniejszego rozwijania się pączków podczas wczesnej wiosny. Okres spoczynku nie daje się wprawdzie usunąć, ale może być skrócony. Winorośl, bez, kasztan dziki, drzewo owocowe i niektóre inne rozwijają pączki już ku końcowi grudnia, jeśli zostaną wniesione do cieplarni; podobnie zachowują się przeniesione do ciepłego pokoju pędy tych drzew. Również mogą rozwijać się w zimie hiacynty, tulipany, konwalje i t. d.

4. Zależność wzrostu od czynników zewnętrznych.

Rozmaite siły zewnętrznie chemiczne i fizyczne, oddziałując w ciągu dłuższego czasu na roślinę, wpływają tak na prędkość jak i na wielkość jej wzrostu. Należą tu czynniki następujące:

1. *Temperatura.* Każda roślina potrzebuje do wzrostu pewnej temperatury, w braku której przestaje wzrastać. Tem-

¹⁾ Nie wszystkie jednak drzewa zachowują się w taki sposób: wiśnia i krzew winy przeniesione na wyspę Ceylon i do Wenezueli, wkrótce przystosowały się do nowego klimatu: zachowują one tu liście i rosną przez cały rok, kiedy przeciwnie buk i dąb przeniesione do Nicei, zachowują, jak wspomina się w tekście, dawną peryodyczność wzrostu.

peratura sprzyjająca wzrostowi nie powinna być ani za niską, ani za wysoką. Ścisłe dowiedziono, że nie tylko wtedy, gdy ośrodek, w którym znajduje się roślina, zostanie oziębiony niżej pewnej granicy, lecz zarówno i wtedy, gdy temperatura jego stanie się zbyt wysoką, wzrost ustaje, a rozpoczyna się na nowo dopiero po jej przywróceniu do granic wymaganych. W ten sposób oznaczają się dwa stopnie termometru, z których jeden stanowi *niższą*, drugi *wyższą granicę wzrostu*. Z przytoczonych niżej tablic widać, że temperatury graniczne nie są wcale zabójcze dla rośliny i poza granicami temi roślina może jeszcze żyć, lecz wzrost ustaje. Z licznych poszukiwań, które były wykonane dla oznaczenia granic temperatury, okazało się, że są one dla rozmaitych roślin bardzo niejednostajne, lecz dla każdego gatunku stałe. Dla wielu roślin oznaczono granice te przez obserwacje nad temperaturą kiełkowania nasion, gdyż kiełkowanie polega na wyrastaniu zarodka. *Granice temperatury kiełkowania* są przytoczone w następującej tabliczce:

1. Granica niższa.

Pszenica, żyto, jęczmień, owies, burak cukrowy, gryka, konopie, pieprzycza, rzepa, mak, len, koniczyna, groch, bób	zaczynają kiełkować nieco niżej + 4,5° C.
Kukurydza, kmin w	" " + 10,5 "
Tytoń, bania w	" " + 15,6 "
Ogórki w	" " + 18,5 "

2. Granica wyższa.

Pszenica, żyto, jęczmień, owies, kmin, groch, bób	między + 31 a 33 C.
Koniczyna, rzepa, gryka	" + 37 a 44 "
Kukurydza, konopie, bania, ogórek . .	nieco wyżej 44° C.

Granice temperatury wzrostu określano i na korzonkach już nieco rozwiniętych roślin; niższe granice, znalezione w ten sposób, są następujące: dla pszenicy i białego łubinu + 7,5°, dla grochu + 6,8°, dla kukurydzy 9,6° C.; wyższa granica dla bardzo wielu roślin leży nieco wyżej 38° C. Rośliny klimatów zimnych,

do jakich należą np. rosnące w pobliżu wiecznych śniegów alpejskie, mają zdaje się niższą granicę w pobliżu 0°; rośliny ciepłych krajów pomiędzy + 10° a 15° C. Podobny wpływ wywiera temperatura i na grzyby; temperatura kiełkowania często ma tu granicę nieco wyższą od 0°; wyższa granica dla grzybów drożdżowych jest bliską + 38°, dla *Aspergillus glaucus* (kropidelko sine) około 45°, dla wielu laseczników w 47 do 50° C.

Lecz i w tych granicach wzrost ulega wpływowi temperatury. Jeśli roślina kiełkuje lub rośnie w różnych stałych temperaturach, to pokazuje się, że *prędkość wzrostu* zmienia się zależnie od temperatury, i to w taki sposób, że przy pewnym stopniu ciepła prędkość ta jest największa, zmniejsza się zaś stopniowo w miarę jak temperatura zmienia się od tego stopnia ku obu granicom. Tak np., prędkość wzrostu (biorąc za jednostkę 24 godz.) dla korzonka kukurydzy jest:

w 17,1° C.	1,3 mm
„ 26,3 „	24,5 „
„ 33,3 „	39,0 „
„ 34 „	55,0 „
„ 38,3 „	25,2 „
„ 42,5 „	5,9 „

Stopień termometru, odpowiadający najprędzszemu wzrostowi przy kiełkowaniu, nazwano najkorzystniejszą, *temperaturą kiełkowania optimum*. Stopień ten nie jest jednakowy dla rozmaitych roślin. Tak

dla maku	nieco niżej + 16° C.
„ jęczmienia	wynosi + 18 „
„ żyta, lnu, kminu i grochu	„ + 23 „
„ owsa	„ + 25 „
„ pszenicy, tytoniu, bobów	„ + 27 „
„ koniczyny	„ + 31 „
„ kukurydzy i ogórka	„ + 33 „
„ konopi, rzepy, bani	„ + 36 „

Wielkość wzrostu jest również zależną od temperatury; przytem pokazuje się, że najprzyjaźniejsze dla prędkości wzrostu stopnie ciepła nie są również przyjazne dla wielkości wzrostu, gdyż w tych temperaturach wzrost posiada charakter nie-normalny. Tak np., zboża rosną w + 10° C. wprawdzie powolnie, ale tworzą przytem mocne korzenie, grube i sztywne źdźbła,

względnie krótkie i szerokie liście; w temperaturach najprędzszego wzrostu korzenie stają się cienkie, źdźbła wątłe, liście dłuższe i cieńsze. W 30° C. korzenie są tak cienkie, że wyglądają jak nici.

2. *Światło*. Zależność wzrostu od światła nie daje się ująć w żadne ogólniejsze prawidła, gdyż wpływ tego czynnika na rozmaite organy jest bardzo niejednakowy. Światło nie wywiera prawie żadnego wpływu na wzrost korzeni ¹⁾ i kwiatów; organy te wytwarzają się w sposób zupełnie normalny zarówno w oświetleniu jak i w ciągłej zupełnej ciemności, skoro tylko potrzebne do ich wzrostu materiały pożywne dostarczane są w ilości wystarczającej bądź ze zbiorników materiałów zapasowych, bądź od przyswajających je zielonych liści. Inaczej zachowują się organy, zaopatrzone w chlorofil, t. j. te, które do czynności swojej potrzebują światła. Organy te inaczej rosną w ciemności, a inaczej na świetle. Nasamprzód światło okazuje wpływ na *prędkość wzrostu*, zmniejszając ją, kiedy przeciwnie ciemność ją powiększa. Wpływ zmiany światła i ciemności na większą część roślin daje się ocenić już po upływie kilku godzin. Jest to przyczyną *dziennego okresu* prędkości wzrostu, któremu ulegają liczne lodygi i liście, rosnące w nocy prędzej, a powolniej w dzień. Ponieważ dodają się tu wpływy rozmaitych czynników i potrzebny jest pewien czas, ażeby wpływ ten mógł się okazać, więc minimumienne następuje zwykle ku wieczorowi, maximum zaś nocne dopiero nad rankiem. Można to stwierdzić na kielkach wielu roślin, na źdźbłach żyta, lodygach konopi. Dla niektórych roślin, nasze letnie noce są zdaje się zbyt krótkie, ażeby mogły wpłynąć w sposób widoczny na przyspieszenie wzrostu; tak liście i osie kwiatowe cebuli rosną jednostajnie prędko w dzień i w nocy. Rośliny, wykazujące peryodyczność dzienną, zachowują ją nawet po przeniesieniu do zupełnej ciemności lub też przy nieustającym oświetleniu w ciągu kilku dni; dopiero stopniowo wyrównywa się wzrost w zależności od nowych warunków. Takiego zachowania nabytej własności przy zmianie warunków, które ją wywołały, nie umiemy bliżej wytłumaczyć. *Wielkość wzrostu* zielonych części roślin ulega również znacznym

¹⁾ Korzenie wystawione na światło rosną, jak wykazał Wolkoff nieco wolniej niż w ciemności; w wielu wypadkach światło utrudnia też tworzenie się korzeni przybyszowych na pędach roślin. Prz. tl.

zmianom w zależności od oświetlenia. Zupełna ciemność powoduje osobliwości wzrostu, którym towarzyszy przerwa w wytwarzaniu chlorofilu i niedostateczny rozwój tkanek mechanicznych, co wszystko razem stanowi objawy wyplonienia (*étiolement*). Samo już zmniejszenie oświetlenia oddziałuje w ten sposób na rośliny, powodując odpowiednie zmiany w tem większym stopniu im słabsze oświetlenie znajduje roślina na stanowisku swoim; tak że na podstawie wyglądu rośliny można określić, czy rosła ona w miejscu słabo oświetlonym (w cieniu lub w pokoju), czyli też na stanowisku słonecznym. Łodyga i ogonki liściowe roślin wyplonionych, są niezwykle wydłużone, lecz względnie cienkie; liście, rosnące w normalnych warunkach przeważnie na długość (jak u zbóż), stają się jeszcze dłuższe, lecz nie rozrastają się z powierzchni, zostają więc bardzo wąskie; liście zaś, które w zwykłych warunkach rosną jednostajnie na długość i szerokość, jak u większej części roślin dwuliścieniowych, pozostają bardzo małemi, nie wyrastają nad tę wielkość, jaką posiadały w pączku; są przytem często niedokształcone. Wyplonienie nie jest wynikiem braku materjałów pożywnych, gdyż pędy, rozwijające się z organów obficie w materjały to zaopatrzonych, jak kielkujące nasiona, bulwy i t. d., mają te same cechy, jeśli rosną w ciemności. Również i liście, rosnąc w normalnych warunkach, mogą obejść się bez tej mączki, która tworzy się w nich pod wpływem światła z dwutlenku węgla; nierozwinięte bowiem liście roślin wyplonionych rozwijają się w sposób normalny nawet w powietrzu pozbawionem tego gazu, jeżeli są wystawione na światło. Mamy tu więc przykład bezpośredniego wpływu światła na wzrost. Objawy wyplonienia dają się obserwować na każdej części rośliny miejscowo zaciemnionej przy pozostawieniu całej rośliny w świetle. Nie umiemy wytłumaczyć tego zjawiska ¹⁾; faktem jest atoli, że właściwość ta jest wysoce użyteczną dla roślin, albowiem, wskutek prędkiego wzrostu łodygi, te właśnie części rośliny, które potrzebują światła, mogą się wydostać z ukrycia; byłoby też niepotrzebną stratą materjału plastycznego, gdyby roślina wytwarzała normalnie

¹⁾ Nowsze poszukiwania (Palladina) każą wnosić, że zjawiska nienormalnego wzrostu roślin wyplonionych zostają między innymi w pownym związku z tłumionem przez brak światła wyziewaniem (poceniem). *Prz. II.*

rozwinięte liście w ciemności t. j. w warunkach, w których one nie mogą być czynne.

3. *Ciążenie*. Górna i dolna strona niepionowych pędów wielu roślin, chociaż z jednakowych złożona tkanek, wykazuje często niejednostajną wielkość wzrostu. Na wielu drzewach iglastych i liściastych możemy spostrzedz, że gałęzie obsadzone naokoło liśmi mają liście największe z dolnej strony; z boków tem mniejsze, im bliżej górnej strony gałęzi, na tej ostatniej zaś najmniejsze. Dotyczy to zarówno długości ogonka jak i wielkości blaszki liściowej. Za przykład mogą służyć: jodła zwyczajna, kasztan dziki, klon, dąb i t. d. Gałązki boczne ulegają tej samej zależności od miejsca swego wyrastania tak pod względem długości jak i grubości. Przyrost na grubość konarów nie pionowych i korzeni wielu drzew również okazuje się niejednostajny na górnej i dolnej stronie. Sloje roczne konarów bzu i sosny są grubsze z dolnej strony a cieńsze z górnej, tak że rdzeń położony jest odśrodkowo ku górze; lipa, buk i wiąz wykazują stosunek odwrotny: sloje roczne strony górnej są w tych drzewach grubsze. Pierwszy sposób wzrastania nazywają *hyponastycznym* drugi *epinastycznym*. Za dowód, że takie nierówności wzrostu są wynikiem działania siły ciężenia służy ta okoliczność, że rosnące pionowo części nie okazują tych nierówności, niemniej i to że można je wywołać lub zmieniać w sposób dowolny, nadając częściom rośliny różne położenia względem poziomu. Wyjaśnienia tych zjawisk dotąd nie posiadamy.

4. *Własności chemiczne ośrodka*. Nasamprzód należy tu nadmienić o zależności wzrostu od *zawartości tlenu*. W powietrzu pozbawionem tego gazu wzrost wkrótce ustaje również jak i inne czynności życiowe. Ustaje także wzrost i w atmosferze czystego tlenu, przytem roślina ginie. Jeśli zaś czysty tlen zostanie rozrzedzony do tego stopnia, że ciśnienie jego będzie wynosiło tyleż, co ciśnienie parcyalne tlenu w powietrzu, wzrost odbywa się prawidłowo. Zwiększenie lub zmniejszenie ciśnienia powietrza, w którym żyje roślina zmienia szybkość jej wzrostu; działanie to polega głównie na zmianie ciśnienia parcyalnego tlenu. Jeżeli w powietrzu zwyczajnem zmniejsza się ciśnienie parcyalne tlenu to do pewnej granicy wzrost odbywa się energiczniej, a poniżej tej granicy następuje osłabienie wzrostu, przy dalszem zaś zmniejszeniu ilości tlenu — zupełna jego przerwa. Tak dla *Vicia faba* (wyka bób) optimum (ciśnienie najkorzyst-

niejsze) odpowiada 5—6% objętości tlenu. Również i podniesienie parcyalnego ciśnienia tlenu początkowo zdaje się wpływać pomyślnie na wzrost.

Rodzaj ośrodka, w którym się znajduje roślina, wpływa również na jej wzrost. Ogonki liściowe roślin wodnych, których liście pływają rozpostarte na powierzchni wody, wyrastają zawsze do tej długości jaka jest potrzebna, ażeby nadać liściom to położenie; w wodach więc płytkich są one krótsze, w głębszych dłuższe. Jeśli korzenie roślin lądowych wyrastają w wodzie to, rozwijają się więcej na długość i przybierają kształt włóknisty.

Lodygi roślin lądowych stają się dłuższe gdy zwiększa się wilgotność powietrza ¹⁾.

Stopień zwilżenia gruntu wywiera bardzo znaczny wpływ na wielkość wzrostu organów powietrznych roślin lądowych. Jeśli przez cały czas rozwoju rośliny podtrzymuje się jednostajna wilgotność gruntu, to dostrzegamy proporcjonalne zmniejszenie wszystkich części rośliny, w miarę zwiększenia suchości gleby. Zjawisko to nazywa się *skarłowaceniem*. W postaci krańcowej można je obserwować na bardzo suchych gruntach, gdzie rośliny dosięgające normalnie $\frac{1}{2}$ do 1 m., nie wyrastają wyżej nad kilka milimetrów, zachowując zresztą normalną budowę wszystkich organów, są to więc prawdziwe roślinki miniaturowe. Zmniejszenie objawia się tem, że lodyga staje się krótszą i cieńszą, ilość liści mniejszą, liście krótsze i węższe; ilość i wielkość kwiatów zmniejsza się również, niemniej jak ilość nasion, same jednak nasiona zachowują wielkość normalną i zdolność kiełkowania. Korzenie roślin karłowatych nie są zmniejszone w tym stosunku jak ich części powietrzne. Cały ten szereg zmian można uważać jako bardzo użyteczne dla rośliny przystosowanie się do zmio-

¹⁾ Hodując stokrotkę (*Bellis perennis*) lub tasznik (*Capsella bursa pastoris*) w powietrzu nasyconem parą, można otrzymać okazy o wydłużonej lodydze i wyraźnie skrętoległych liściach zamiast okółki korzeniowych jak zwykle. Wyjaśnienie tego faktu jest następujące: wcześniej i obficie rozwijające się liście, powodując nadzwyczaj energiczne wyliewanie wody, odbierają ją u lodygi, przez co zmniejsza się jędrność jej komórek do tego stopnia, że wzrost jej zostaje osłabiony lub całkiem wstrzymany. W powietrzu nasyconem parą usuwa się wpływ tego czynnika. (Wiesner, *Bot. Ztg.* 1889). Włośniki, gdy wyrastają w roztworze cukru zamiast wody, tworzą krótkie komórki o grubych ściankach (Wortmann, *Bot. Ztg.* 1859). Przyczyna i tu też sama: cukier, odbierając wodę komórkom, zmniejszał jędrność, przez co błona nie wyrastała z powierzchni lecz tylko na grubość.

nionych warunków; roślina stara się tu osiągnąć cel swego bytu, t. j. wytworzenie nasion, mimo niewystarczającej wilgotności, przez zmniejszenie niezbędnej do rozwoju ilości wody za pomocą zmniejszenia ciała swego. Następujące pomiary wykazują, że tylko samo zmniejszenie wilgotności ziemi powoduje skarłowacenie i że to ostatnie zostaje zawsze w stosunku do ilości wody. Liście jęczmienia w tym samym gruncie przy zawartości wody wynoszącej 60% całej ilości, jaką może ziemia utrzymać, miały:

		182,2	mm	długości	9,4	mm	szerok.
przy 40%	166,27	„	„	3,1	„	„	
„ 20%	138,7	„	„	6,87	„	„	
„ 10%	93,7	„	„	5,6	„	„	

Poznajemy ztąd potężny wpływ, jaki wywiera stopień zwilżenia ziemi na wzrost i produktywność rośliny; długość lub krótkość słomy, wielkość liści i t. d. są w zależności od tego czynnika.

Zmniejszenie ilości materiałów pożywnych poniżej pewnej granicy powoduje również skarłowacenie rośliny, co można stwierdzić na hodowanych w wodzie roślinach, do których dodaje się roztworu pożywnego w bardzo małej ilości. Wogóle rośliny wznoszą się najlepiej w roztworach o koncentracji od 0,05 do 0,2%; im mniejsza staje się koncentracja, licząc od tej granicy, tem bardziej karłowacieje roślina; również mocniejsze roztwory, zawierające 0,5 do 2,0% soli powodują także osłabienie wzrostu, a zwłaszcza korzeni. Komórki roślinne, przyzwyczajone do innych warunków, mogą jednak wyrastać w roztworach znacznego stężenia; tak grzybek *Aspergillus* (kropidelko) rośnie jeszcze w roztworze cukru 37,2%-ym; łagiewki pyłkowe w 40%.

5. *Cisnienie mechaniczne* wywierane z zewnątrz może wpływać na przyrost grubości pni i korzeni, zmniejszając tak ilość jak i szerokość wytwarzanych przez pierścien miazgowy pierwiastków drzewnych i korowych. Jednak wpływ ten daje się widzieć dopiero wtedy, gdy ciśnienie osiąga kilku atmosfer, powstawanie pierścieni rocznych, zależących od różnicy szerokości wytwarzanych na wiosnę i w jesieni pierwiastków drzewnych, nie może więc być wytłumaczone przez ciśnienie kory.

VIII. Ruchy roślin.

Żadna z roślin zakorzenionych w ziemi nie może oczywiście przenosić się z miejsca na miejsce; mówiąc więc o ruchach

takich roślin, możemy mieć na myśli jedynie zmianę kierunku różnych ich części. Zmiany podobne odbywają się istotnie bardzo często w roślinach żyjących. W wielu wypadkach posiadamy dokładną znajomość przyczyn i mechanizmu podobnych ruchów. Najczęściej jednak nie możemy wyjaśnić, dla czego w szczegółowych wypadkach oddziaływanie pewnych sił wywołuje tę mianowicie a nie inną formę ruchu. Tem trudniejszym jest do zrozumienia, że często ta sama przyczyna wywołuje wręcz przeciwne formy ruchu w rozmaitych organach. Wszystkie te ruchy łatwo jednak dają się podciągnąć pod zasadę celowości, posiadają bowiem bijące w oczy znaczenie dla podtrzymania życia odpowiednich organów.

Wszystkie formy ruchów sprowadzić można do dwu zasadniczych, któremi są: 1) *Wyginianie* następujące wtedy, gdy jedna strona odpowiedniej części rośliny wydłuża się lub kureczy więcej niż przeciwległa; 2) *skręcanie*—gdy organ skręca się około osi środkowej. Następuje to w takim razie, kiedy części obwodowe wydłużają się więcej niż środkowe, lub gdy te ostatnie kureczą się.

Ruchy więc rośliny są zawsze wynikiem jednej z wyżej wymienionych sił zmieniających ich wymiary. Niejednostajne zaś zmiany wymiarów, powodujące ruchy, mogą zależeć albo od wzrostu (*ruchy wzrostowe*), albo od napięcia tkanek. W ostatnim wypadku zmianę stosunków napięcia może wywołać albo jędrność komórek (*ruchy jędrnościowe*), albo pęcznienie pewnych tkanek (*ruchy hydroskopowe*).

Co do bezpośrednioj przyczyny możemy wyróżnić ruchy, niezależne od oddziaływań zewnętrznych, wynikające jedynie z warunków wewnętrznych samej rośliny, od takich, które są następstwem pewnych sił zewnętrznych; przytem bodźcem do ruchu może być ciężenie, światło, temperatura, wilgotność, lub rozmaite wpływy chemiczne. Pierwszy rodzaj ruchów nazywają *ruchami autonomicznymi* czyli *samowolnymi*, drugi—*ruchami wzbudzonemi*, *paratonicznymi* lub *ruchami wskutek podrażnienia*. Nie posiadamy dotychczas żadnego pojęcia o tem jak oddziałują czynniki zewnętrzne wzbudzające ruchy na właściwe siły rośliny, które są ich bezpośrednią przyczyną. Przypuszczenie, że rozmaite ruchy wzbudzone są tylko odmianą ruchów autonomicznych (a mianowicie dają się sprowadzić do nutacyi—ob. niżej) bynajmniej nie wyświeśla zagadnienia, pomijając, że wiele części ro-

slin, którym są właściwe pierwsze, nie wykazuje wcale nutacyi.

Ruchome części roślin mogą ulegać czasowemu zesztynieniu, przemijającemu wraz z przyczynami, które je spowodowały. Ruchy wzrostowe również jak i jędrnościowe mogą naturalnie odbywać się tylko w warunkach, sprzyjających wzrostowi lub jędrności komórek; są więc zależne od temperatury i dostatecznej ilości wody. Również i stosunki chemiczne, wpływające szkodliwie na objawy życiowe, a przy dłuższem oddziaływaniu zabijające roślinę, sprowadzają sztywność, zwłaszcza tych części roślin, których ruchy zależą od bodźców mechanicznych; tak wpływa brak lub nieznaczna ilość tlenu w atmosferze, środki znieczulające jak chloroform, eter i t. d. Światło i pewien stopień ciepłoty należą również do warunków niezbędnych dla ruchów tak peryodycznych jak i wzbudzonych.

Rozróżniamy następujące typy ruchów w roślinach:

1. Nutacya.

Nutacyą nazywamy ruchy autonomiczne wzrostowe, polegające na skrzywieniach młodych rosnących części. Wiele łodyg i ogonków liściowych mają niejednostajną prędkość wzrostu, szybszego to po jednej to po drugiej stronie, przez co powstają skrzywienia, wyrównyujące się ku końcowi wzrostu. Takie skrzywienia zowią się nutacyami. Znajdujemy je u większej części młodych liści, które są spoczątku skrzywione ku wnętrzu, lub nawet jak u paproci, skręcone, przez co tworzy się zamknięty pączek; później zaś wyginają się nazewnątrz lub też prostują. Ruchy w jedną i w drugą stronę odbywają pręciki wielu kwiatów; ruchy te skierowane są ku środkowi kwiatu i mają swoje znaczenie przy przeniesieniu pyłku kwiatowego przez owady; tak podczas otwierania się kwiatów bodziszka (*Geranium*), *Parnassia* (dziewięciornika), łomikamienia (*Saxifraga*), pręciki wyginają się w kierunku od słupka, wykrzywając się przytem nazewnątrz, później zbliżają się do słupka, po wyrzuceniu zaś pyłku wracają do położenia pierwotnego. Najwybitniej występują nutacye u wielu prędko rosnących łodyg, mianowicie w ich wierzchołkach. Wierzchołki te są często wykrzywione, w postaci łuku zwróconego w jedną stronę, lub półkola wygiętego w dół; po skończonym zaś wzroście prostują się zupełnie. Za

przykład mogą służyć osie kwiatowe cebuli, lodyga lnu, a zwłaszcza lodygi różnych wijących się roślin, jak chmiel, fasola, powój i t. d.; nutacye te mają ważne znaczenie dla roślin wijących się, jak to się niżej pokaże. Odbywający nutacyą koniec pędu zmienia ustawicznie kierunek wykrzywienia. Zmiana ta może odbywać się w jednej płaszczyźnie: wierzchołek wykrzywiony w jedną stronę wygina się w stronę przeciwną, jest to *nutacya wahadłowa* czyli *wahanie*; lub też wykrzywiony koniec opisuje linią kołową albo eliptyczną, obracając się jak wskazówka na zegarze—*nutacya obrotowa* czyli *kołowanie* pędu. Kołowanie, daje się widzieć szczególnie u roślin wijących się; posiada ono tę osobliwość, że w każdym gatunku ma zawsze stały kierunek; tak w fasoli i powoju odbywa się zawsze na lewo, w chmielu na prawo. Nutacya wahadłowa powstaje wtedy, gdy linia najprzedszego wzrostu przenosi się kolejno z jednej strony pędu na przeciwległą; przy kołowaniu przesuwa się ona stopniowo po całym obwodzie. Bliższego wyjaśnienia tych zmian rytmicznych prędkości wzrostu nie posiadamy. W ciemności nutacye występują jeszcze wyraźniej.

Skręcanie również bywa ruchem autonomicznym wzrostowym; można je obserwować na długich i wązkich liściach wielu roślin jednoliściennych, na lodygach wijących się, na niektórych płatkach i t. d. Skręcanie zwykle bywa zmianą trwałą.

2. Wicie się roślin.

Roślinami wijąciami się nazywamy takie (jak chmiel, fasola, powój itd.), których lodyga wznosi się ku górze, obwijając się naokoło pionowej podpory, przytem skręty tak mocno przylegają do tej ostatniej, że przez tarcie utrzymują całą roślinę, która w ten sposób wznosi się na znaczną wysokość. Niezwykły rozwój lodygi na długość czyni tu zbytecznym powiększenie rośliny przez boczne gałęzie. Lodyga więc roślin wijących się jest zupełnie lub prawie zupełnie pozbawiona gałęzi, odznacza się za to długimi międzywęzłami. Jest ona przytem zbyt długa, za cienka i za mało wzmocniona, aby mogła się utrzymać bez podpory. Powierzchnia lodygi tych roślin bywa zwykle chropawa od rozwijających się na niej brózd lub włosków, co przyczynia się do zwiększenia tarcia o podporę. Ruchy rośliny wijących się mają za następstwo zawsze pionowe położenie lodygi, gdyż tyl-

ko pionowo lub ukośnie ku górze wznoszące się podpory bywają przez nie obwijane, nigdy zaś poziome lub skierowane ku ziemi pochyłością; innemi słowy skręty wężownicy kierują się zawsze ku górze. Wnosimy stąd, że jednym z czynników, powodujących wicie się, jest geotropizm (ob. niżej) czyli wrażliwość rośliny na ciężenie, które zwraca wierzchołek pędu ku górze. Drugim czynnikiem, będącym przyczyną, że młody pęd znajduje podporę, a znalazłszy obwija się wokół niej, jest kołowanie, właściwe wszystkim wierzchołkom roślin wijących się i szczególnie wyraźne u młodych pędów, które jeszcze nie znalazły podpory lub na końcach większych pędów, wyrastających po nad podporę. Kołowanie odbywa się niekiedy tak prędko, że w ciągu godziny lub mniej wierzchołek wykonywa cały obrót. Im więcej wygięty jest koniec pędu w daną stronę, tem większe opisuje koła, szukając podpory; gdy zaś nią natrafi opisuje wokół niej linią wężownicową pod wpływem nutacyi odbywającej się w tym samym kierunku. Dla tego kierunek obrotów śrubowych każdej wijącej się rośliny jest ten sam co i kierunek nutacyi; tak pędy chmielu mają skręty zwrócone zawsze na prawo, powoju i fasoli na lewo.

Umocowanie łodygi wijącej się rośliny na podporze polega na tem, że skręty jej wywierają na tę ostatnią ciśnienie; można się o tem przekonać usuwając podporę; przytem skręty zwężają się. Przyczyna tego jest następująca: skręty, które u wierzchołka pędu są bardzo niewysokie, prawie poziome, stają się bardziej stromemi w miarę wzrostu łodygi wskutek geotropicznego skierowania wierzchołka ku górze, przez co najwyższe, luźne jeszcze skręty zostają podniesione, niższe zaś mocniej przyciskają się do podpory.

O ile oddziaływa tu jeszcze drażliwość, t. j. czy ciśnienie na podporę nie powoduje zwolnienia wzrostu dotykającej jej strony w porównaniu do strony wolnej, nie wiadomo ¹⁾.

¹⁾ Niewątpliwie stwierdzono wpływ ciśnienia na obwijanie się wąsów (u grochu, dyni i t. d.). Dotknięcie wąsu powoduje zwolnienie jego wzrostu ze strony dotkniętej, wskutek czego następuje wygięcie, zwrócone wklęsłością ku tej stronie i powodujące obwijanie się naokoło podpory. Wąsy *Passiflora* odznaczają się taką wrażliwością, że ciśnienie drutu platynowego, ważącego 1 miligram, wywołuje już po 25 sekundach bardzo widoczne skrzywienie, które wyprostowywało się po usunięciu drażniącego przedmiotu; jeśli zaś ciśnienie trwało dłużej to zwiększało się. Drażliwą bywa najczęściej tylko dolna strona wąsów (ob. niżej ruchy przez podrażnienie).

Na pędach wijących się daje się spostrzedz i skręcanie dwójakie: 1) skręcanie bierne jako wynik wicia się; 2) prócz tego często i skręcanie czynne, niezależne od wicia się, t. j. obracanie się pędu naokoło własnej osi. Jeśli skręcanie to dosięga i wolnego, odbywającego nutacje końca pędu, to może ono, zależnie od tego czy jest zgodne, co do kierunku z nutacją czy nie, ułatwiać lub przeszkadzać nawijaniu się na podporę.

Na pędach wijących się roślin, które dłuższy czas nie znajdują podpory i dla tego słabo są rozwinięte, występują niekiedy swobodne skręty węzownicowe w pobliżu wierzchołka. Skręty te nie mają nic wspólnego z wiciem.

3. Ruchy peryodyczne czyli sen roślin.

Liście zielone lub części kwiatów niektórych roślin przybierają po zachodzie słońca inne położenie niż w ciągu dnia i zostają w niem przez całą noc, o wschodzie słońca zaś powracają do dziennego położenia. Zjawisko to nazwano *snem roślin*. Są to ruchy peryodyczne, powodujące inne skierowanie części roślin w nocy niż w dzień. Położenia odpowiednie nazywają się *nocnem* i *dziennem*.

Ruchy podobne dają się widzieć przeważnie u liści złożonych, t. j. takich, w których na wspólnym ogonku mieści się 2, 3 lub więcej pojedynczych listków. W dzień listki te są tak skierowane względem światła, że promienie słoneczne padają na nie prawie prostopadło; w nocy składają się one, przybierając położenie zbliżone do pionowego. Listki konieczyny i innych pokrewnych z nią roślin składając się w nocy, zwracają się ku górze; listki mimozy skierowane są w nocy ku wierzchołkowi całego liścia i przytem zwarte w taki sposób, że stykają się powierzchniami górnemi; listki szczawiku, robinii, lubinu, fasoli i innych roślin wychylają się nazewnątrz. Niektóre liście pojedyncze, a nawet liścienie wielu roślin, przybierają w nocy położenie prawie pionowe wskutek wyginania się nazewnątrz ogonka.

W kwiatach zjawisko snu objawia się tem, że zwykle w dzień bywają otwarte, w nocy zaś zamknięte. Płatki lub brzeg korony albo okwiatu odbywają tu ruchy, które nie koniecznie przypadają na wieczór i rano, lecz często następują w rozmaitych, ale dla danego gatunku zwykle stałych godzinach dnia

i nocy; na tej stałości polega myśl „zegara kwiatowego“ Linneusza. Kwiaty *Hemerocallis fulva* (lilijki) są otwarte od g. 5-ej zrana do 7-ej lub 8-ej wieczór; *Nymphaea alba* (grzybień biały) od 7-ej zrana do 5-ej po południu; *Calendula* (nogiętki) od 9-ej zrana do 3-ej po południu; lnu od 5-ej zrana do południa; kwiaty sałaty siewnej (*Lactuca sativa*) otwarte są tylko od 7-ej do 10-ej zrana; *Cactus grandiflorus*—tylko od wieczora do północy. Niektóre z tych kwiatów nie otwierają się wcale, jeśli pogoda jest zimna lub mglista.

Sen nie jest bezużyteczny dla roślin. Położenie pionowe zabezpiecza lepiej liście od oziębienia przez promieniowanie w chłodną noc, podczas gdy położenie rozpostarte w dzień konieczne jest dla przyswajania, odbywającego się pod wpływem światła. Zamykanie kwiatów na noc lub w złą pogodę ochrania organy rozrodcze od szkodliwego zwilżenia przez rosę, deszcz itd., czas zaś otwarcia odpowiada godzinom, w których latają owady, przyczyniające się do zapylenia tych kwiatów.

Ruchy powodujące sen należą niewątpliwie do paratonicznych, spowodowanych przez różnicę oświetlenia. Dla wielu kwiatów i liści różnica ta jest zarazem jedyną przyczyną tego zjawiska, w każdej bowiem porze dnia można wywołać ruchy senne, zaciemniając roślinę; można nawet odwrócić czas snu i czuwania, utrzymując ją w ciemności podczas dnia i oświetlając w nocy. Połączona ze snem wrażliwość niektórych kwiatów na stan pogody polega na tem, że oprócz światła, są one czułe i na zmianę temperatury. Szczególniej wrażliwymi na temperaturę są kwiaty tulipanu i szafranu (*Crocus*); ogrzewanie powoduje ich otwieranie się nawet w ciemności; oziębienie, zamykanie się chociażby na świetle. Przy stałej jednak przyjaznej temperaturze kwiaty tych roślin reagują na zmiany oświetlenia w sposób zwyczajny. Wpływy więc ciemności i nocnego chłodu wspierają się nawzajem również jak wpływ światła i ciepła dziennego. Inne kwiaty zdaje się są zbyt mało wrażliwe na wpływ temperatury w porównaniu do wrażliwości na światło.

Mechanizm ruchów liści złożonych polega na czynności osobnych organów, t. zw. *poduszeczek*, które znajdujemy u podstawy ogonków listków, a jeśli cały liść bierze udział w ruchu to i u wspólnego ogonka (jak to ma miejsce u mimozy, fasoli i t. d. (fig. 17)). Są to walcowate, soczyste, nieco ciemniej zabarwione miejsca u nasady ogonków, które są jedyną przyczyną ruchów liścia lub

listków. Są one bardzo giętkie, kiedy cały ogonek jest przeciwnie sztywny. Zależy to od osobliwości ich budowy; gdy bowiem w całym ogonku wiązki naczyniowe, nadające mu sztywność, ułożone są w pierścień, otaczający soczysty rdzeń, w poduszczykach wiązki przebiegają w tak zwanej osi obojętnej, t. j. tak że nie wyciągają się ani ściskają, gdy poduszczyk wygina się w górę lub w dół wskutek wydłużenia się jednej lub drugiej jej strony. Osiowa ta wiązka otoczona jest soczystym mięszem, rozwiniętym w poduszczykach koszem rdzenia, a obdarzonym w wysokim stopniu zdolnością do zmiany jędrności komórek.

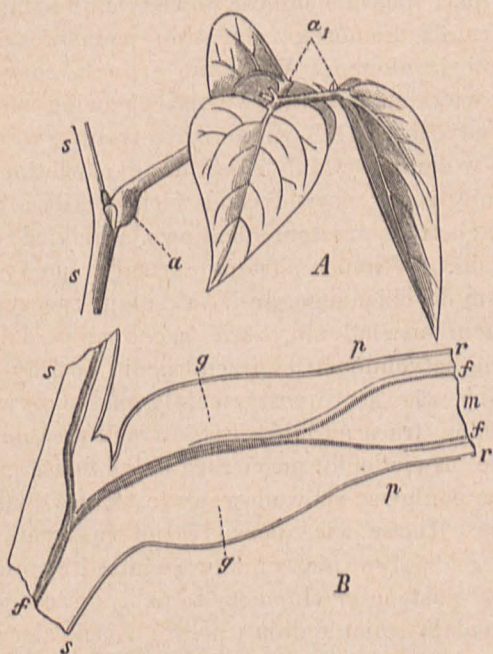


Fig. 17. Mechanizm ruchów liści.

A. Liść fasoli (*Phaseolus vulgaris*) z poduszczykami ruchowemi *a* u ogonka wspólnego i *a₁* u kolanek listków. W *B* poduszczyk ogonka w przekroju podłużnym. Wiazki naczyniowe *f*, przechodzące z łodygi *ss* do liścia, układają się w poduszczyce *g* w taki sposób, że zajmują jej środek, resztę poduszczyki wypełnia tkanka jędrna. Wiazki naczyniowe, po wyjściu z poduszczyki, rozchodzą się na nowo, tak że w ogonku liściowym *pp* mięsz zostaje rozdzielony na część rdzenlową *m* i korową *rr*.

Ruch odbywa się przez wydłużenie kolejne to górnej, to dolnej części poduszeczki i jednocześnie skurczenie przeciwnielegiej. Następuje to wskutek zmiany jędrności, t. j. zawartości wody w obu częściach poduszeczki, zależnej od zmiany oświetlenia. Przez zaciemnienie rośliny podwyższa się jędrność w całej poduszeczce, ale prędzej z tej strony, która przy nocnym położeniu liści jest wypukłą; przeciwnieległa zaś strona zostaje ściśnięta i liść przybiera odpowiednie położenie. Przez oświetlenie zmniejsza się ilość wody w poduszeczce, ale prędzej z tej strony, która miała większą jędrność w położeniu nocnym, tak że część, która była wklęsła, staje się teraz wypukłą i liście przybierają położenie dzienne. W jaki sposób ciemność powoduje niejednostajne zwiększenie jędrności komórek z obu stron poduszeczki, zostaje dotychczas niewyjaśnionem. Wiadomo jednak, że wpływ peryodycznego oświetlenia oddziaływa przez pewien czas po usunięciu tej peryodyczności, albowiem liście rośliny, zostającej przez dłuższy czas w ciemności, lub też sztucznie oświetlonej bez przerwy, zachowują ruchy peryodyczne w ciągu kilku dni; wielkość ruchów zmniejsza się przytem stopniowo, a niekiedy stają się one nieregularnemi. W końcu następuje trwały spoczynek w położeniu blizkiem do dziennego. Jeśli taki stan spoczynku nastąpił w ustawicznym oświetleniu, liście zachowują zdolność zmiany jego na nocne natychmiast po przeniesieniu rośliny do ciemnego pokoju; rośliny zaś, które zeszywniały pod wpływem dłuższego zaciemnienia, tracą na jakiś czas wrażliwość na światło. Jednak dłuższe oświetlenie przywraca im zdolność ruchów. Stan ten ruchomy, ponieważ spowodowany jest przez światło, nazywa się *phototonus*. Ruchy więc peryodyczne są wynikiem tak bezpośredniego oddziaływania zmiany światła i ciemności, jak nie mniej reakcyi następczej; tłumaczy to nam dla czego nie zawsze ściśle odpowiadają zmianie dnia i nocy. Liście złożone odbywają prócz tego inne ruchy, nie mające nic wspólnego z ruchami peryodycznemi. Są to 1° pewne nutacye wahadłowe do góry i na dół, których jednak często nie można dostrzedz wskutek znaczniejszych ruchów snu; 2° ruchy heliotropiczne (ob. niżej), polegające na tem, że listki zwracają górną powierzchnię do najbardziej oświetlonej części nieba i często odbywają ruchy, w miarę tego jak zmienia się położenie słońca; można to widzieć na liściach łubinu; 3° zamykanie się liści przy bardzo mocnym oświetleniu w południe, przez co osłabia się działanie światła na ich

powierzchnię; można to obserwować również na liściach łubinu, których listki składają się, podnosząc się do góry.

Mechanizm ruchów peryodycznych w pojedynczych liściach i w płatkach różni się od opisanego tem, że nie jędrność lecz wzrost jest przyczyną ruchu. Wyginanie na zewnątrz lub wewnątrz zależy od prędszego wzrostu to jednej to drugiej strony ogonka i nerwu, lub płatka. Dla tego też części te odbywają ruchy snu tylko podczas wzrostu.

4. Ruchy wywołane przez bodźce.

Niektóre części roślin odbywają pewne określone ruchy, skoro tylko zostaną dotknięte przez obce ciało lub wstrząśnięte. Wstrząśnienie lub dotknięcie oddziaływa tu jako bodziec, wprawiający roślinę w ruch. Jeśli ruch następuje chwilowo wskutek uderzenia, nazywamy to drażliwością na uderzenie; jeśli przyczyną jest trwające przez pewien czas zetknięcie lub tarcie o obce ciało, to mamy do czynienia z drażliwością na dotknięcie.

Wrażliwość na uderzenie można widzieć na niektórych liściach z poduszczkami, o których mowa była przy ruchach peryodycznych. Należy tu przedewszystkiem zwrotnikowa mimoza wstydliva (*Mimosa pudica*). Każde lekkie wstrząśnięcie tej rośliny w dzień powoduje nocne położenie liści; listki przytem składają się, zwracając się ku górze i naprzód; ogonki drugiego rzędu zbliżają się do siebie, a ogonek wspólny nagina się wdół. Wszystkie te ruchy są wynikiem czynności umieszczonych w odpowiednich miejscach poduszczek. Mniej wrażliwemi są liście robinii i szczawiku (*Oxalis*), które dopiero po mocniejszym wstrząśnieniu przybierają nocne położenie. Liście muchołówki (*Dionea muscipula*) drażliwe są na dotknięcie owadu; liście te dwupłatkowe, z rzęsami na brzegach zwierają się z błyskawiczną szybkością, skoro tylko mucha siędzie na górnej ich powierzchni; rzęsy obu płatków zachodzą przytem jedno między drugie i owad zostaje zamknięty, póki nie ustanie podrażnienie, t. j. póki nie zginie. Skoro to nastąpiło, połówki liścia wracają z wolna do położenia pierwotnego i zachowują drażliwość swoją. Użyteczność tych ruchów muchołówki jest oczywistą; polega ona na złapaniu owadu. Drażliwość na dotknięcie innych roślin nie jest tak widocznie użyteczną; prawdopodobnie ma ona na celu ochronę liści od uszkodzenia przez mocny deszcz lub grad.

Niektóre rośliny mają drażliwe na dotknięcie pręciki. W kwiatach berberysu i mahonii są one zwykle odchyłone na zewnątrz; za dotknięciem zaś wrażliwej podstawy z wewnętrznej strony, pochylają się ku wnętrzu. Bławatek (*Centaurea*) i pokrewne z nim rodzaje mają po 5 pręcików, wygiętych na zewnątrz i unoszących na końcu rurkę pylników, wznoszącą się nad znamieniem; przy podrażnieniu pręciki kurczą się i ściągają pylniki na dół, przy czem część pyłku wskutek tarcia zostaje na znamieniu. *Mimulus* i niektóre inne trędownikowate mają drażliwe znamię; rozpostarte zwykle znamię zwiera się tu wskutek dotknięcia. Ruchy tych części kwiatowych mają znaczenie przy przenoszeniu pyłków przez owady z jednych kwiatów na inne.

Co do przyczyny ruchów wywołanych przez podrażnienie to wiadomo, że polegają one na zmianie jędrności komórek organów ruchowych. Nie następują jednak wskutek podwyższenia jędrności (jak to ma miejsce w ruchach peryodycznych), lecz przeciwnie przez jej osłabienie z tej strony organu, która się kurczy przy ruchu. Zmniejszenie jędrności spowodowane zostaje przez raptowne wystąpienie wody z podrażnionej części poduszcзки: woda ta odplywa po przestworach międzykomórkowych lub po wiązłkach naczyńiowych do sąsiednich części organu i może wystąpić w postaci kropelki, jeśli naciąg lub nakłuc ogonek liściowy. Powrót do pierwotnego położenia następuje wskutek tego, że wydalona woda zostaje stopniowo wessana przez rozluźnioną tkankę, przywracając jej pierwotną jędrność. Przekonano się dowodnie, że skurczenie się komórki i strata wody nie może nastąpić wskutek zwiększenia się ciśnienia elastycznego błony; musi więc ona być następstwem zmniejszonego ciśnienia treści komórkowej na błonę. W jaki sposób następuje ono, bliżej nie zbadano. Najprawdopodobniejszem jest przypuszczenie, że protoplazma staje się nagle przenikliwą i dopuszcza przesączenie się części wody, tak że napięta wskutek jędrności błona komórkowa kurczy się wskutek własnej sprężystości.

Drażliwość organów utrzymuje się tylko w pewnych warunkach zewnętrznych. Mimoza traci zarówno ruchy peryodyczne jak i drażliwość na wstrząśnienie, jeśli pozostaje dłuższy czas w ciemności; ten sam skutek wywołuje pobyt przez pewien czas w temperaturze niższej od 15° lub wyższej od 40°C. Sztynność wywołana przez nadmiernie zimno lub ciepło, usuwa się gdy przy-

wrócimy temperaturę sprzyjającą ruchom. Niektóre czynniki chemiczne, jak para eteru lub chloroformu, brak tlenu (w próżni), lub wody zawieszają również czasowo ruchy.

Drażliwość na dotykanie jest przyczyną *ruchów wąsów*. Organy te są zmienionymi liśćmi, jak u strąkowych, lub pędami, jak u winorośli i służą roślinom do czopiania się, posiadają bowiem własność okręcania się naokoło ciał obcych. Ruchy te nie są jedynie wynikiem nutacyi jak w roślinach wijących się; przyczyną ich jest jeszcze zetknięcie z obcym ciałem, przyczem zawsze tworzy się wygięcie, wklęsłością zwrócone ku dotykającemu przedmiotowi. Najbliższe do miejsca zetknięcia części wąsa zostają przez to przyciśnięte do podpory, jednocześnie zaś podrażnienie i ruch udzielają się wzdłuż wąsa, który tworzy kilka skrętów naokoło podpory. Najczęściej wrażliwą na dotyk jest tylko dolna, wklęsła strona wąsów. Niekiedy dotknięcie, trwające kilka minut lub nawet część minuty wystarcza, aby spowodować podrażnienie. Podrażnienie następuje jednak tylko wskutek zetknięcia z chropawą powierzchnią, t. j. taką, która wywiera ciśnienie w kilku oddzielnych punktach; woda, rtęć, żelatyna nie wywołują go, tylko ciała szorstkie jak np. kawałek drzewa. Tarcie również jest potrzebne, aby wywołać podrażnienie; ciśnienie stałe statyczne nie daje żadnych skutków. Ruch polega tu na zwolnieniu wzrostu w miejscu zetknięcia. Po utworzeniu skrętów wzrost na długość trwa jeszcze, wskutek czego skręty zwężają się i ścisają mocno podporę. Dalszym następstwem podrażnienia jest wzmocnienie wąsa i zakręcanie się jego naksztalt sprężyny, przez co roślina zostaje przyciągniętą do podpory; przeciwnie wąsy, które nie natrafiły na podporę, wczesnie zanikają lub też skręcają się spiralnie i nie rozwijają się więcej. Ogonki liściowe powojnika (*Clematis*), nasturcyi (*Tropaeolum*) i inne są również drażliwe i zastępują wąsy. Skręty, które tworzy łośyga kaniańki (*Cuscuta*) naokoło odżywiającej ją rośliny są prawdopodobnie wynikiem podobnegoż rodzaju pobudliwości.

Osobliwą odmianę drażliwości dotykowej stanowi wrażliwość na czynniki chemiczne; wpływa tu na roślinę pewna własność chemiczna dotykającego ciała. Pobudliwość taką wykazują niektóre rośliny owadożerne, szczególnie zaś rosiczka (*Drosera*) i tłustosz (*Pinguicula*); liście tych roślin zaopatrzone są we włoski gruczołowe, które przy podrażnieniu przez owady nachylają się ku drażniącemu ciału i obejmują je. Nieznacznie tar-

cie potrzebne jest i tu do wywołania podrażnienia; ale prócz dotknięcia ciała owadów ruchy włosków mogą być wywołane za pomocą wszelkich ciał białkowatych (białko jaja lub kawałeczki mięsa), soli amoniakalnych i wielu innych związków, zawierających azot, również za pomocą fosforanów. Inne ciała powodują tylko słabe ruchy, które same przez się ustają.

5. Geotropizm.

W każdym punkcie powierzchni ziemi rośliny przybierają stały kierunek względem poziomu. Jedne ich części wznoszą się pionowo ku górze: jak pnie drzew, łodygi i źdźbła ziół i traw, niektóre wprost z ziemi wyrastające liście, nóżki wielu grzybów osi kwiatostanów, wreszcie płatki i pręciki niektórych kwiatów, wyrastające pionowo, przez co kwiaty stają się nieforemnymi (nieumiarowość położenia). Przeciwnie korzenie główne i większe boczne prawie wszystkich roślin rosną pionowo w dół; również niektóre korzeniaki. Inne znów części roślin zachowują stałe położenie pochyle lub poziome, jak konary, gałęzie i igły sosny, gałęzie wielu innych drzew, ogonki i blaszki liściowe największej części drzew i ziół, wici perzu (*Triticum repens*) i innych roślin; podziemne pędy kartofli, na których siedzą bulwy, również korzenie boczne strąkowych i innych. Stały ten kierunek jest wynikiem pewnych ruchów, które odbywają części roślin, skoro się znajdą lub umyślnie zostaną umieszczone w niewłaściwym sobie położeniu, aby za pomocą wygięć przyjąć takie, w jakim się naturalnie znajdują. Zdolność tę nazywamy *geotropizmem*, a części roślin obdarzone nią *geotropicznymi*. Nazwa ta obejmuje nie tylko kierunek stały względem pionu, ale i powodującą go siłę. Jest nią ciążenie powszechne, t. j. przyciąganie się wzajemne mas. Że ta jest przyczyna ruchów geotropicznych, wynika nie tylko ząd że jest to jedyna siła przyrody, która zawsze działa w kierunku pionu, lecz również z licznych spostrzeżeń, dowodzących, że wszystkie inne czynniki nie mają żadnego wpływu na te ruchy. W zupełnej ciemności geotropiczne części roślin wyrastają tak samo pionowo lub poziomo jak i na świetle; jeśli wysiać nasiona na spodniej powierzchni zawieszanej w powietrzu warstwy ziemi to korzonki rosną w dół w powietrze i w przestrzeń oświetloną,

Łodyga zaś w ciemną ziemię. Na pochyłych powierzchniach i na stromych ścianach skał pnie drzew i inne łodygi wyrastają zawsze pionowo do góry, a nie prostopadle do powierzchni. Również dowiedziono, że siła, która może zmodyfikować działanie ciężenia, wpływa i na kierunek wzrostu łodygi i korzenia; jeśli bowiem nasiona kielkują na prędko obracającym się krążku, to korzeń i łodyga wyrastają w kierunku promieni krążka. Jeśli zaś usuniemy wpływ ciężenia, umieszczając kielkujące nasiona na walcu poziomym ciągle obracającym się naokoło osi (*klinostat*), to łodyga i korzeń rosną w każdym dowolnie im nadanym kierunku, nie wyginając się w żadną stronę.

Wszystkie ruchy geotropiczne są wynikiem wzrostu. Wygięcia, powodujące te ruchy wynikają ztąd, że strona, która ma zostać wypukłą rośnie prędzej niż przeciwległa. Wszystkie te ruchy są czynne i mogą przewyciężyć pewien opór. Dawniej mniemano, że koniec korzenia, posiadając własności ciała półpłynnego, opuszcza się w ziemię wskutek własnej ciężkości. Mniemanie to jest mylne, gdyż korzonek wcale takich własności nie posiada; przeciwnie, wywiera on pewne ciśnienie na podścielisko i może wrastać do cięższej gatunkowo rtęci. Ponieważ ruchy te są wynikiem wzrostu, odbywają się one jedynie w częściach rosnących i to tylko w czasie wzrostu; ustają one skoro warunki nie sprzyjają wzrostowi, np. w zbyt niskiej temperaturze.

Ruchy nadające częściom rośliny kierunek pionowy zaliczamy do zjawisk *geotropizmu zwyczajnego* czyli *podłużnego*, gdyż po osiągnięciu położenia, do którego zdążają te ruchy, oś długa organu przybiera ten sam kierunek co i siła ciężenia. Tu należą dwa ruchy przeciwległe: koniec części geotropicznej może się zwracać albo ku środkowi ziemi, albo do zenitu, czyli wzrost odbywa się pionowo w dół lub pionowo w górę. W pierwszym wypadku nazywamy zjawisko *geotropizmem dodatnim* (kuziemnym), w drugim — *geotropizmem ujemnym* (odziemnym). Oddziaływanie rośliny na siłę ciężenia jest w obu wypadkach wbrew przeciwne: w pierwszym rośnie silniej odwrócona od ziemi strona organu, w drugim zwrócona ku niej. Za przykład geotropizmu dodatniego służyć może korzeń główny wszystkich roślin. Jeżeli go wyprowadzimy z położenia pionowego zwróconego ku ziemi i nadamy mu jakiegokolwiek inne, to w ciągu kilku godzin, koniec jego wygina się dopóty, dopóki nie stanie pionowo wierzchołkiem ku ziemi; od tej chwili już rośnie prosto (fig. 18 D). Ponieważ rosnąca

Fig. 18.



Fig. 18. Geotropizm.

Części roślin odrysowane są w tem położeniu jakie przybrały skutkiem ruchów geotropicznych; linie kropkowane pokazują położenie, w jakim były umieszczone. *A—C* — ruchy geotropiczne ujemne. *A* — lodyga *Vicia faba* (wyka bób), wyglądająca się w postaci łuku w pobliżu wierzchołka; *B* — źdźbło zboża, prostujące się w kolankach; *C* — liście cebuli, prostujące się przez wygięcie rosnącej podstawy.

D — ruchy geotropiczne dodatnie głównego korzenia i korzonek bocznych.

część korzenia nie przenosi kilku milimetrów, licząc od wierzchołka, więc wykrzywienie naturalnie ogranicza się do tej tylko części; pozostała zachowuje położenie, jakie jej nadano. Jeśli korzeń był umieszczony poziomo, wykrzywienie osiąga ćwierci koła, jeśli był pionowo odwrócony — półkoła. Każdy korzonek, wyrastający z nasienia, kieruje się zawsze w dół, w głąb ziemi, w jakimkolwiek położeniu przypadkowym znajdzie się kielkujące nasienie. Ujemnie geotropicznymi są wszystkie wprost do góry rosnące łodygi i organy liściowe; jeśli im nadamy inne położenie, to po upływie kilku godzin tworzą one wygięcie, powracając do położenia pierwotnego względem poziomu. Od umiejscowienia strefy wzrastającej zależy, w jakim miejscu łodyga lub liść tworzy wygięcie. We wszystkich łodygach, które rosną za pomocą punktu vegetacyjnego, wierzchołkowego, wzrost odbywa się na dość długiej końcowej części łodygi; wygięcie więc przybiera tu kształt szerokiego łuku, obejmującego całą strefę wzrostu (fig. 18 A). Łodygi, które wcześniej tworzą kwiatostan na wierzchołku i przez to nie posiadają punktu vegetacyjnego wierzchołkowego, jak np. źdźbła traw, wykazują ruchy geotropiczne w punktach wzrostu środkowych, t. j. w węzłach; międzywęzła zostają przytem zupełnie proste, węzły zaś powodują podniesienie się źdźbła przez silniejszy wzrost dolnej strony; przytem całe źdźbło przybiera kształt linii złamanej (fig. 18 B). Wiele liści, mających punkt wzrostu u podstawy, np. liście cebuli, będąc wyprowadzone z pionowego położenia, wracają do niego przez wygięcie u podstawy, w której odbywa się wzrost (fig. 18 C).

W częściach roślin, których położenie naturalne jest poziome lub zbliża się do poziomego, zależność od siły ciężania jest inna niż w częściach, mających geotropizm zwyczajny. Ten rodzaj geotropizmu nazywamy *poprzecznym* czyli *diagotropizmem*. Ostatecznym wynikiem ruchów jest tu położenie, w którym os dłuższa, czyli kierunek wzrostu organu, jest prostopadły do kierunku ciężania. Jeżeli nadamy takiej części rośliny położenie pionowe wierzchołkiem do góry, to wygina się ona w dół, dopóki nie wróci do poziomego; jeżeli zwrócimy wierzchołek na dół, powrót do położenia poziomego nastąpi przez wygięcie ku górze. Siła więc ciężania pobudza to dolną stronę pędu to górną do prędszego wzrastania, zależnie od tego, czy wierzchołek zwrócony jest w dół czy w górę.

Istnieją rozmaite hipotezy, za pomocą których usiłowano wytłumaczyć, jakim sposobem siła ciężenia powoduje te rozmaite ruchy; żadnej z nich jednak nie udało się dotąd udowodnić. Nowe fakty utrudniają jeszcze bardziej wytłumaczenie tych zjawisk na drodze fizycznej. Do takich należy np. ten, że tylko wierzchołek korzenia jest wrażliwy na ciężenie; korzenie bowiem, którym ucięto wierzchołek, złożony z tkanki twórczej i czepea, nie reagują na siłę ciężenia, chociaż zachowują jeszcze zdolność wzrostu. Dalej wykazano, że też sama część rośliny może zmieniać rodzaj geotropizmu: tak np. dodatnio geotropiczna szypułka maku zmienia przed rozkwitnięciem swój geotropizm na ujemny; poprzecznie geotropiczna gałąź boczna sosny staje się, w razie straty prosto rosnącego wierzchołka, ujemnie geotropiczną i zastępuje w ten sposób wierzchołek; poprzecznie geotropiczne korzenie boczne, w razie zniszczenia głównego, stają się dodatnio geotropicznymi i jeden z nich lub kilka zastępują ten ostatni. Celowość tych ruchów jest jawną, gdyż w każdym wypadku rodzaj geotropizmu, danego organu jest dla jego istnienia i funkcji najkorzystniejszy, jak to łatwo zrozumieć zastanawiając się nad przytoczonymi przykładami.

6. Heliotropizm (ruchy zależne od światła).

Jest to własność wielu roślin, polegająca na tem, że kierunek ich części ulega wpływowi światła. Bardzo wyraźnie występuje ona wtedy, gdy rośliny oświetlone są jednostronnie, np. kiedy stoją w pokoju w pobliżu okna. Łodygi prawie wszystkich roślin, równie jak dłuższe ogonki liściowe, wyginają się w takim razie ku stronie, z której pada światło; wyginanie to trwa, dopóki koniec organu nie przyjmie kierunku, równoległego do promieni światła. Jest to *heliotropizm dodatni* (ruch ku światłu). Powoduje on, że nawet w nieprzyjaznych warunkach oświetlenia, liście otrzymują największą możliwie ilość światła. Inne części roślin odwracają się od światła, tworząc w tych samych warunkach wygięcia w przeciwną stronę. Do takich *ujemnie heliotropicznych* należą: łodygi csepne bluszczu, wąsy winorośli (*Vitis*), dzikiego wina (*Ampelopsis*) i t. d. — organy te, przeznaczone do czepiania się, zwracają się w stronę najciemniejszą; również i łodygi bażanowca (*Lysimachia nummularia*) wskutek heliotropizmu

ujemnego zostają przyciśnięte do ziemi; liczne szypuły kwiatowe po zapyleniu zginają się wdół dla tej samej przyczyny; toż samo dotyczy korzeni wielu roślin, np. gorczycy, grochu, kukurydzy i t. d. Przyczyną ruchów heliotropicznych jest także wzrost niejednostajny. Nadają też one roślinom formy podobne jak i ruchy geotropiczne, do których są z wielu względów zbliżone; różnią się zaś tylko tem, że przyczyną ich nie jest ciężenie, lecz kierunek padającego światła. Na otwartem polu nie wiele można dostrzedz tych zjawisk, gdyż światło tu pada dość jednostajnie ze wszystkich stron; jednak i w takich warunkach słonecznik np. obraca się za biegiem słońca. Z pojedynczych promieni najsilniej wpływają na ruchy te, które silniej są załamane, zwłaszcza zaś fioletowe; słabiej oddziałują promienie czerwone; żółte nie są wcale czynne.

Podobnie jak geotropizm może też być i heliotropizm *poprzeczny* (*diaheliotropizm*). Niektóre bowiem części roślin, a zwłaszcza organy płaskie (liście), nie zwracają swej osi dłuższej, jak części heliotropiczne, wzdłuż kierunku promieni, lecz prostopadle do nich, tak, iż wystawiają powierzchnię swoją na największe działanie światła i przytem pewną określoną jej stronę. Obie bowiem strony organów podobnych nie są jednakowe: strona górna ma wyłącznie lub przeważnie obfitujące w chlorofil komórki; na stronie dolnej komórki zawierają mniej chlorofilu lub wcale nie; znajdują się tam natomiast inne twory, których brak na stronie górnej, jak np. szparki. Zwykle organy płaskie zwracają górną stronę ku światłu. Tak zachowują się prawie wszystkie płaskie i szerokie liście. W miejscu otwartem, przy jednostajnem oświetleniu z góry, przyjmują one położenie poziome, zwracając stronę górną ku niebu, niezależnie od kierunku gałęzi lub łodygi, z której wyrastają. Przy jednostronnem oświetleniu w pokoju, na granicy lasu lub wśród krzaków układają się one tak, aby górne powierzchnie zwrócone były ku oknu lub miejscu otwartemu. Heliotropizm poprzeczny jest przyczyną, że wątrobowce rosnące na ziemi, kamieniach i korze drzew, ścielą się po podścielisku w rozmaitych kierunkach; on też powoduje poziome wyrastanie wielu organów osiowych u roślin wyższych. Wszystkie te części rosną w ciemności pionowo ku górze, wskutek geotropizmu ujemnego; silniejszy jednak wpływ światła przeważa działanie geotropizmu. Ruchy, wywołane przez heliotropizm poprzeczny, dają się najlepiej spostrzedz na liściach, umie-

szczonych na pionowej, jednostronnie oświetlonej łodydze (fig. 19), lub na gałęzi poziomej rosnącej w otwartym miejscu. W liściach ruchy te wykonywają ogonki, po części także i żeberka. Jeśli łodyga pionowa, której liście miały położenie poziome, zostanie z jednej strony oświetlona, to liście zwrócone końcami do światła, przyjmą takie położenie, że górna strona

Fig. 19.

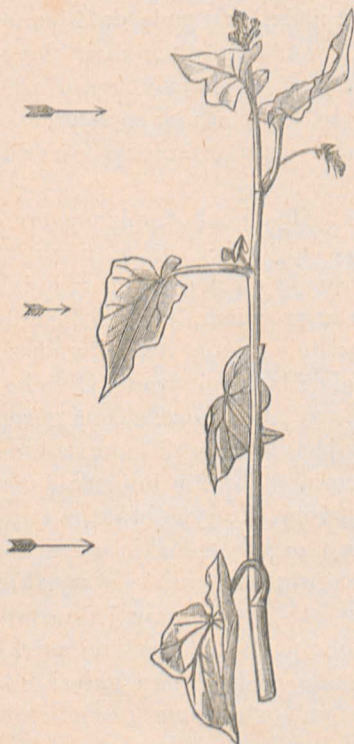


Fig. 19. Ruchy liści zależne od heliotropizmu poprzecznego.

Pionowy pęd gryki, oświetlony jednostronnie; strzałki pokazują kierunek promieni światła. Liście z rozmaitych stron łodygi przybierają takie położenie, aby górna powierzchnia ich była zwrócona do światła. Poprzednio wszystkie liście były rozpostarte poziomo.

ogonków i żeberk wygina się wypukło; górna zaś strona tych samych części liści, zwróconych podstawą do światła, przybiera kształt wklęsły; wyginanie to trwa, dopóki powierzchnia każdego liścia nie stanie we właściwym względem światła położeniu (fig. 19). Ruchy mogą się jeszcze komplikować przez to, że w ustawieniu liścia bierze udział skręcanie ogonka; daje się to widzieć na liściach, które były zwrócone do światła krawędzmi; każdy liść, który stał lewą krawędzią do światła, obraca się o 90° w lewo wokół osi ogonka; te, które były zwrócone prawą krawędzią, robią takiż obrót w prawo, przez co powierzchnia liścia obraca się ku światłu najkrótszą drogą. Zadawalniającego wyjaśnienia sposobu działania światła na wzrost, powodującego rozmaite ruchy, dotąd nie posiadamy.

Własności heliotropiczne tej samej części rośliny mogą się zmienić w zależności od stopnia oświetlenia jej stanowiska. Łodygi nasturecy (*Tropaeolum majus*) są dodatnio heliotropiczne w słabym oświetleniu; ujemnie w silnym. Łodygi rdestu ptasiego

(*Polygonum aviculare*) i innych chwastów tylko w miejscach zupełnie odkrytych i silnie oświetlonych rosną przyciśnięte do ziemi; w cieniu innych roślin wznoszą się one prosto ku górze.

Światło powoduje również niektóre inne ruchy. Tak liście salaty dzikiej (*Lactuca scariola*) i wrotycza (*Tanacetum*) mają w miejscach cienistych zwyczajne położenie; na stanowisku zaś słonecznym zwracają się ku płaszczyźnie pionowej, często zaś układają się w płaszczyźnie południka, przez co najlepiej się zabezpieczają od działania prostych promieni słonecznych.

O ile mało zrozumiałe są fizyczne przyczyny ruchów heliotropicznych, o tyle oczywistą jest ich użyteczność dla rośliny, jak o tem przekonywają podane wyżej fakty.

7. Zmiany kierunku spowodowane przez inne bodźce.

Doświadczenia dowiodły, że rozmaite czynniki mogą wpływać na kierunek rosnących części, podobnie jak światło i ciężenie, t. j. powodować ruchy dodatnie lub ujemne. *Termotropizm* wykazują korzenie, które się zachowują albo ujemnie, t. j. odwracają się od źródła ciepła, albo dodatnio jeśli jednostronnie działa temperatura niższa. Ruchy te nie są wynikiem różnicy temperatury z obu stron, lecz promieniowania ciepła. Bardzo rozpowszechniony jest *hydrotropizm* korzeni, objawiający się w tem, że koniec korzenia zwraca się ku najbardziej wilgotnemu miejscu; ruch ten może nawet przewyciężyć wpływ geotropizmu; dla tego korzenie boczne, które dla jakiegokolwiek przyczyny wyrosły nad powierzchnię ziemi, zwracają się znów ku ziemi. *Rheotropizm* czyli zależność od ruchu wody daje się obserwować na korzeniach kukurydzy, które, jeśli rosną w wodzie płynącej, wyginają się wklęsłością ku prądowi. Znane są również objawy *galwanotropizmu*: korzenie rosnące w cieczy, przez którą przechodzi prąd galwaniczny, wyginają się ujemnie, t. j. w kierunku prądu, oddalając się od anodu; wygięcie przy silnym prądzie staje się dodatniem wskutek zaburzeń we wzroście strony zwróconej ku biegunowi dodatniemu.

8. Ruchy hygroskopowe.

Niektóre części roślin zostają wprawione w ruch przez to, że pewne tkanki wciągają wodę z otoczenia, lub mu ją oddają,

t. j. pęcznią lub tęchną. Poniowaz zjawisko to daje się spostrzegać na częściach bardzo hygroskopowych, ruch więc następuje przy każdej zmianie stopnia wilgotności. Za przykład służyć może zwijająca się kulisto podczas suszy róża jerychońska (*Anastatica hierochuntica*), również reagujące na każdą zmianę wilgotności oście na owocach owsa, ostnicy (*Stipa*), iglicznika (*Erodium*), bodziszka (*Geranium*), które odbywają ruchy podobne jak wskazówki u zegara, a służą nasionom do wświdrowania się w ziemię; tu należy rozpościeranie się włosków na owocach wielu złożonych, którym służą do latania w suchą pogodę; pękanie największej części torebek, pylników i zarodników paproci przy suchej pogodzie. Przytem pęcznienie i kurczenie się błon, wchłaniających lub oddających wodę jest niejednostajne w rozmaitych kierunkach, wskutek czego powstają skrzywienia, skręcenia, albo napięcia pochodzące ztąd, że błony jednych komórek wyprężają się w przeciwnym kierunku do innych.

9. Siły organotwórcze.

Do zadań fizyologii należy zbadanie sił, które nadają każdej istocie żyjącej właściwy jej kształt i budowę. Są one dwojakie: jedne spoczywają w samej roślinie, drugie są zewnętrznymi siłami przyrody, które, przez oddziaływanie na roślinę, wpływają na sprawę wytwarzania organów, lub określają jej czynność.

Co do sił *kształtotwórczych właściwych samej roślinie* nie posiadamy żadnych bliższych wiadomości. Widzimy, że z każdego nasienia wyrasta roślina, obdarzona wszystkimi właściwościami rośliny macierzystej; toż samo stosuje się nie tylko do nasienia, lecz i do oddzielonych od dorosłej rośliny części, jak oczko kartofli, gałązka wierzby. Nawet z kawałków liści, jeśli tylko one mogą wytwarzać komórki i pączki, jak u begonii, powstają rośliny, odtwarzające pierwotną we wszystkich głównych rysach. Nawet różnica dolnego i górnego końca rośliny występuje przy reprodukcji w każdej jej części; oddzielona bowiem od rośliny część łodygi wytwarza korzonki na morfologicznie dolnej części, pędy liściowe zaś na morfologicznie górnej. Dzieje się to nawet wtedy, gdy odcinek gałązki zagniemy i zanurzymy oba końce w wodzie lub w ziemi. Czynniki zewnętrzne nie wywierają więc w tym wypadku wpływu. Użyty na sadzonkę odcinek łodygi tworzy

tylko z dolnej strony t. zw. zasklepkę (*callus*), t. j. walcowatą masę tkanki, pochodzącą z miazgi, która nie tylko przyczynia się do zabliznienia rany, lecz zarazem wytwarza nowe korzenie. Toż samo następuje wtedy, gdy gałązka zostanie organicznie odcięta od rośliny pozostając z nią w związku mechanicznym, mianowicie przy obrączkowaniu, t. j. gdy na pewnej przestrzeni obcina się kora naokoło pnia do samego drewna; wtedy tylko górny brzeg rany, który jest dolnym brzegiem oddzielonego pędu, tworzy zasklepkę w postaci wałka. Części więc łodygi zachowują się w taki sposób jak odłamki magnezu, z których każdy wytwarza oba bieguny. Nie jesteśmy jednak upoważnieni do wniosku, iżby siły twórcze zachowywały się w formie ukrytej w każdej cząstce rośliny, może nawet w każdej komórce. Istota sił tych jest zupełnie nieznana; dawni fizyologowie obejmowali ową rzecz nieznaną wyrazem: „popęd twórczy“ (*nisus formativus*). Postąpiliśmy względem nich tylko o tyle, że nieznaną siłę twórczą przenieśliśmy do protoplazmy, właściwie nawet do jądra komórki, które uważamy za podścielisko własności dziedzicznych przy każdym podziale komórek. Należy to do dziedziny hipotez, czy zechcemy widzieć w protoplazmie pewną ilość mnożących się samodzielnie zarodków — mikrosomów, które przy dzieleniu się komórki przechodzą do nowo utworzonych komórek, czyli też przypuścimy istnienie osobnych substancji, tworzących organy na protoplazmie osobnej dla korzeni i osobnej dla pędo-twórczej substancji, które pod wpływem sił zewnętrznych, przechodzą to w jedno to w drugie miejsce i występują tam czynnie. Z dziedzicznością spotkamy się jeszcze raz, mówiąc o rozmnażaniu się roślin.

Tam, gdzie *siły zewnętrzne* wpływają na czynność twórczą rośliny, znamy je wprawdzie, lecz nie mamy żadnego wyobrażenia o wywołanych przez nie objawach twórczych w roślinie. Tylko celowość wywołanych przez nie zmian jest oczywistą. Mamy tu do czynienia głównie z następującymi czynnikami.

1. *Sila ciężenia* oddziaływa w taki sposób na położone poziomo do ziemi sadzonki, że większa część korzeni przybyszowych powstaje zawsze na stronie obróconej w dół. Przeciwnie różnica pomiędzy morfologicznie dolną i górną stroną, zależna od przyczyn wewnętrznych nie daje się usunąć za pomocą zmiany położenia. Pomysłne próby odwrócenia drzew, które, będąc osadzone w ziemi koroną, wydawały z korzeni pędy liściowe

są nadzwyczajnie rzadkie. Bulwy kartofli posadzone naodwrot, t. j. oczkiem do góry, mają wydawać przy niegłębokim siewie większy, przy głębokim mniejszy plon.

2. *Światło*. Wybitny przykład tego, że samo działanie światła może spowodować różnicę w budowie, stanowią płaskie, w jednej płaszczyźnie rozgałęzione, pędy żywotnika (*Thuja occidentalis*), których górna strona jest błyszcząca i ciemno zielona, obfituje w tkankę chlorofilową i nie zawiera szparek; dolna zaś matowa, blado-zielona i uboższa w chlorofil, lecz zaopatrzona w liczne szparki. Pączki porostnicy wielokształtnej (*Marchantia polymorpha*), które nie są same obustronne, wyrastają w pędy, których strona górna wytwarza tkankę zieloną, dolna tkankę bezchlorofilową i chwytники (korzonki). Obustronność ta jest w wyłącznej zależności od światła, każda bowiem strona, skoro ją zwrócimy ku światłu, przybiera budowę górnej. Zasluguje to tembardziej na uwagę, że obustronność większej części innych organów, np. liści, zależy od sił wewnętrznych i określa się przez położenie względem osi, wcale zaś nie zmienia się pod wpływem światła.

Pewien wpływ wywiera również i natężenie światła; tak np. liście buku są różne, stosownie do stanowiska drzewa. Liście, wyrastające na stanowisku słonecznym, są mniejsze, grubsze i bardziej skórzaste; odznaczają się też znacznie rozwiniętymi komórkami słupkowymi (palisadowymi), których często wcale niema w liściach wyrastających w cieniu; przeciwnie w tych ostatnich rozwija się przeważnie miękisz gąbczasty. Rośliny jednoliścienniowe zdaje się, że nie ulegają takiemu wpływowi oświetlenia.

3. *Ośrodek*, w którym znajduje się roślina, wpływa wielostronnie na jej czynność twórczą. Pod takimi wpływami rozwijają się rozmaite *zmiany zależne od stanowiska* u niektórych roślin, a zwłaszcza zmiany, jakim ulegają rośliny wodne, jeżeli wyrastają na lądzie. Rdest ziemnowodny (*Polygonum amphibium*), gdy rośnie w wodzie ma liście pływające, nagie, o długich ogonkach, zaopatrzone w szparki wyłącznie na powierzchni górnej; taż sama roślina na ziemi rozwija liście krótkoogonkowe, pokryte włoskami i mające szparki tylko na dolnej powierzchni. Wiele roślin błotnych wytwarza na części lodygi, zanurzonej w wodzie, liście wodne, które różnią się od powietrznych nie tylko kształtem, nieobecnością włosków i szparek, ale i budową,

zbliżając się w tym względzie do typowych roślin wodnych: naskórek ich ma ścianki proste i zawiera chlorofil; środkoliscie (*mesophyll*) utracą komórki słupkowe; zamiast tego ukazują się w niem wielkie przestwory powietrzne; tkanki mechaniczne i naczynia są mniej rozwinięte. Rośliny lądowe na stanowisku suchym osiągają zmniejszenie powierzchni wyziewającej przez zmniejszenie ilości oraz wielkości liści, zwiększenie grubości i mocniejszą kutynizacją nadszórka, zwiększenie ilości włosków, a zmniejszenie ilości szparek i przestworów międzykomórkowych, przez silny rozwój komórek słupkowych w środkolisciu, również i tkanki mechanicznej; zwiększenie ilości i szerokości naczyń. Wszystkie te zmiany zależą od mniejszej zawartości wody w powietrzu, a podwyższonego przez to wyziewania, i mogą być sztucznie wywołane.

Okrycie ziemią lodygi przyczynia się do wytworzenia warstwy korkowej w naskórku, do mocniejszego rozwoju kory, słabszego zaś pierwiastków mechanicznych i drewna. Lodygi wielu roślin wytwarzają w częściach pokrytych ziemią korzenie przybyszowe, jak to bywa przy osypywaniu roślin, lub przy wkorzeniu się sadzonek.

Bardzo znaczny wpływ wywierają *własności ośrodka* na korzenie. W wodzie i w piaskach niezżywnych korzenie wyrastają znacznie na długość, ale mało są rozgałęzione. Im lepszy jest grunt, im bardziej obfituje w części pożywne, tem bardziej rozgałęzione są korzenie, tak, że jednakowa objętość ziemi zostaje znurtowana przez znacznie liczniejsze korzenie. Mogą tu wpływ wywierać i pojedyncze części składowe gruntu, co daje się widzieć, gdy rozmaite korzenie tegoż samego osobnika zanurzone są w dwu roztworach, z których jeden zawiera więcej części azotowych, drugi mniej. Wpływa na wzrost korzeni i koncentracja roztworu: najlepiej rozwijają się one przy koncentracji $\frac{1}{2}$ —2 na tysiąc; w mocniejszych i słabszych roztworach wzrost ich jest słabszy. Włosniki powstają przy pewnej najmniejszej wilgotności; przy zwiększeniu wilgotności do pewnego stopnia dosięgają one największego wzrostu; w ziemi zupełnie wilgotnej lub w wodzie pozostają bardzo krótkimi lub wcale nie wyrastają.

Wysokość nad poziomem morza zmienia bardzo widocznie roślinę; im wyższe jest jej stanowisko, tem krótsze są lodygi i gałęzie, tem mniejsze liście. Szczególniej daje się to widzieć na igłach sosny; liście buku zmniejszają się o $0,1 \text{ mm}^2$ przy

podniesieniu o 100 m, jak wykazują liczby przeciętne z pomiarów tysiąca liści. Sloje roczne również stają się cieńsze. Przeciwnie korony kwiatów zwiększają się w miarę tego, jak podnosi się stanowisko rośliny. Czy wpływa na te zmiany i w jakim stopniu silniejsze oświetlenie, lub rzadsze powietrze albo krótsze lato, niewiadomo.

4. *Wpływy mechaniczne.* Znane są wypadki, w których zetknięcie z obcym ciałem stałem jest pobudką do tworzenia organów. Grzyby pasorzytnicze wytwarzają organy przylegające lub wrastające w roślinę żywicią (chwytniki i ssawki) wtedy, gdy zostają w zetknięciu z obcym ciałem; stosuje się to zarówno i do gatunków kianianki (*Cuscuta*), która tworzy ssawki przy zetknięciu z rośliną żywicią; także zetknięcie pobudza wąsy dzikiego wina (*Ampelopsis*) do tworzenia łapek, za pomocą których czepia się muru i t. d.; porostnica (*Marchantia*) wytwarza chwytniki tylko na stronie dotykającej do podścieliska. Wydęcia tworzące się na włosnikach i obrastające cząstki gleby są również spowodowane przez zetknięcie.

5. *Wzajemne oddziaływanie organów rośliny.* Znane są wypadki, w których tworzenie się organów zostaje w zależności od obecności lub nieobecności innych organów. Należy tu przede wszystkim wpływ, jaki wywiera ścięcie wierzchołka, a który daje się widzieć zarówno na pniach drzew jak i na bylinach ziół. Jeśli mianowicie pęd wierzchołkowy, resp. łodyga główna zostanie ściętą, złamaną lub zniszczoną wskutek zamarcia, to jedna lub kilka gałęzi bocznych tworzy wygięcia geotropiczne i rozwija się bardzo energicznie. Znaczne rozgałęzienie zboża i trawy po wypasieniu lub skoszeniu należy do zjawisk podobnych. Pojedyncze gałązki reagują w taki sam sposób, jak to widzieć się daje na drzewach, których gałęzie zostały ścięte na końcach lub odkąszone przez bydło; spoczywające dotąd pączki u podstawy gałęzi rozwijają się teraz w wielkiej ilości, powodując rozgałęzienia nakszałt miotły. Istnieje dalej ścisły związek pomiędzy tworzeniem korzeni i pędów. Pędy kartofli wyrastają z bulw wtedy dopiero, gdy one puściły korzenie. Odwrotnie obfity rozwój pędów i liści wpływa przyjaźnie na wzrost korzeni. Drzewa, stojące na granicy lasu, rozwijają większe korzenie z tej strony, z której tworzą się większe gałęzie.

Cz ę ś ć II.

Wymiana substancyj w roślinie.

W każdej roślinie żyjącej odbywają się sprawy chemiczne, przy których pośrednictwie zmienia się jej skład. Najwybitniejszym z zjawisk tu należących jest przyrost masy rośliny. Odbywa się on przez wprowadzenie do niej ciał obcych; sprawa ta nazywa się *odżywianiem*. Dalej widzimy, że ciała przyjęte przez roślinę jako pokarm, przekształcają się w niej na cały szereg nowych związków chemicznych; do tych należą różne ciała roślinne, posiadające dla nas wielką wartość. Sprawę tę nazwiemy *wytwarzaniem ciał organicznych*. Wreszcie odbywają się i takie sprawy, w których roślina traci pewne substancje; następuje to nie tylko przez regularne odrzucenie pewnych organów, lecz i przez oddychanie roślin. Dla dokładnego zrozumienia tych objawów potrzebna jest nasamprzód znajomość ważniejszych własności chemicznych roślin.

ROZDZIAŁ I.

Własności chemiczne roślin.

Ze znanych 66 pierwiastków chemicznych, w utworzeniu roślin bierze udział najwyżej tylko 15 następujących: 1-o *Węgiel*, wchodzący w skład wszystkich bez wyjątku związków organicznych, z których składa się roślina; może być przeto otrzymany w wielkiej ilości przez powolne zwęglenie rozmaitych jej

części, np. drewna. Stanowi on prawie połowę wagi substancyj roślinnej. 2) *Wodor* jest również niezbędną składową częścią wszystkich ciał organicznych i zawartej w roślinach wody. 3) *Tlen* — trzeci pierwiastek, wchodzący w skład większej części ciał roślinnych, i drugi składnik chemiczny wody. 4) *Azot* narówni z 3-ma pierwszemi wchodzi w skład najważniejszych dla rośliny ciał, zwłaszcza ciał białkowatych, amidów, wszystkich alkaloidów, niektórych glukozydów i fermentów; wchodzi również w skład azotanów i soli amoniakalnych, które często spotykamy w roślinach. Stosownie do większej lub mniejszej zawartości tego pierwiastku rozróżniamy części roślin bogate i ubogie w azot; buraki zawierają 0,20% azotu, obliczonego na suchą substancją,

bulwy kartofli .	0,34
ziarna żyta . .	1,9
ziarna owsa . .	2,0
nasiona grochu	3,5
nasiona łubinu.	5,0
pieczarki . . .	7,26

5) *Siarka* znajduje się we wszystkich częściach roślin, chociaż w nieznacznej ilości, jako część składowa białka. 6) *Fosfor* wchodzi w skład kwasu fosforowego, znajdującego się również we wszystkich częściach rośliny. 7) *Chlor* w bardzo małej ilości, jako część składowa chlorków, znajduje się we wszystkich roślinach. 8) *Krzem* w postaci krzemionki znajdujemy prawie we wszystkich roślinach, w niektórych jednak w nieco większej ilości. 9) *Potas* w postaci soli we wszystkich roślinach. 10) *Sód* również jak i potas rozpowszechniony. 11) *Wapień* w postaci soli we wszystkich roślinach, w niektórych w znacznej ilości. 12) *Magnez* w postaci soli we wszystkich roślinach. 13) *Żelazo* jest wszystkim roślinom właściwe, chociaż w bardzo nieznacznej ilości. 14) *Manganu* ślady znajdujemy również we wszystkich roślinach. 15) *Glinu* obecność dowiedziona ściśle tylko w widłakach (*Lycopodium*); co do innych roślin, znaleziony był w nich w tak małej ilości, że mógł pochodzić z przyległego nazewnątrz kurzu. Prócz tego niektóre pierwiastki znajdują się tylko w pewnych roślinach; tak *jod* i *brom* — w roślinach morskich oraz rosnących nad brzegiem morza; *fluor* w łupinkach zbóż. Jako przypadkową domieszkę znaleziono też i inne pierwiastki przeważnie w bardzo małej ilości w roślinach, które zwykle ich nie zawierają; do tych należą: arsen, selen, tytan, bor, lityn,

rubid, baryt, stront, cynk, cyna, kobalt, nikiel, miedź, ołów, tal, srebro i rtęć. Obecność ich lub brak nie mają żadnego znaczenia dla życia rośliny.

Pierwiastki chemiczne znajdują się w rozmaitych związkach. Przedewszystkiem rozróżniano w każdej roślinie lub jej części *suchą substancją* i *wodę*. Można je rozdzielić, susząc roślinę na powietrzu lub w 100° C.; traci ona przytem wodę i, doprowadzona do stałej wagi, zawiera tylko suchą substancją. Zawartość wody jest bardzo rozmaita w różnych częściach roślin: w liściach większej części ziół wynosi ona 60—80%; w owocach soczystych 45—95%; w roślinach wodnych, jak wodorosty, do 98%. Niektóre części roślin zawierają względnie mało wody; tak drewno 44—55%; suche nasiona (wysuszone w powietrzu) zaledwie kilka procentów.

Substancja sucha, t. j. ciała stałe, wchodzące w skład rośliny, są znów dwojakie; jedno z nich stanowią *substancją palną* czyli *organiczną*, drugie — *popiół*. Każda bowiem sucha substancja roślinna daje się spalić i zostawia przytem szarą lub białą pozostałość złożoną z soli nieorganicznych, czyli popiół. To co zostaje zniszczone przez płomień, składa się z ciał organicznych czyli wyrobionych przez roślinę; utleniają się one przy spalaniu, tworząc dwutlenek węgla, wodę, azot i amoniak, które ulatniają się w powietrze, popiół stanowią części mineralne, które roślina wyciągnęła z ziemi i nagromadziła w sobie. Składa się on z mieszaniny soli wymienionych wyżej pierwiastków. Kwas węglany, w znacznej ilości znajdujący się w popiele roślin w postaci węglanów, powstaje przy spalaniu substancji organicznej, przeważnie zaś kwasów organicznych; część kwasu siarczanego, zawartego w popiele w postaci siarczanów, powstaje również ze spalania siarki, wchodzącej w skład ciał białkowatych. Jedne części roślin zawierają mniej, drugie więcej popiołu; tak:

popiół ziarna żyta stanowi 1,09% suchej substancji

popiół słomy . . 4,46

bulw kartofli . . 3,79

liści kartofli . . 8,58

liści tytoniu do . 17,16

drzewa dębowego 0,48

drzewa sosnowego 0,30

Wogóle liście najwięcej obfitują w substancje mineralne. Popiół rozmaitych roślin miowa skład bardzo niejednostajny, względne

bowiem ilości części składowych są bardzo rozmaite. Każdy jednak gatunek rośliny lub każda jej część wykazuje pewną stałość co do składu swego popiołu; różnice stanowiska i inne wpływy zewnętrzne powodują tylko nieznaczne zmiany w tym względzie. Możemy rozróżnić przeto rośliny bogate w potaż, wapień, krzemionkę i t. d.

Substancja organiczna roślin składa się z wielkiej ilości związków organicznych, z których znaczna część jest wspólna wszystkim roślinom. Są to mianowicie ciała, wchodzące w skład każdej komórki. Oprócz tego spotykają się inne, które znajdujemy tylko w niewielu roślinach lub ich częściach. Najważniejszymi ciałami organicznymi są: 1) *Wodany węgla*, wspólnie wszystkim roślinom; do nich należą: błonnik, mączka, inulina, dekstryna, gumy i śluz roślinny, substancje pektynowe i rozmaite gatunki cukru. 2) *Kwasy roślinne*, zwłaszcza kwas szczawiowy, jabłkowy, winny, cytrynowy i t. d., również rozmaite garbniki. 3) *Tłuszcze roślinne*, do których należą rozmaite oleje tłuste, tłuszcze stałe i воск. 4) *Olejki eteryczne*, stanowiące wonne części rośliny; ilość ich jest bardzo znaczna również odpowiednio jak i różnorodność zawierających je gatunków roślin. 5) *Żywiec*, znajdują się tylko w niektórych roślinach; do nich należy kauczuk. 6) *Glukozydy* spotykają się w dość znacznej ilości, ale najczęściej każda roślina zawiera sobie właściwe. 7) *Substancje wyciągowe gorzkie*; stosuje się do nich to, co powiedziano o glukozydach. 8) *Alkaloidy* — czynne składowe części roślin trujących, z których każda zawiera sobie właściwe alkaloidy. 9) *Ciała białkowe* czyli *proteinowe*; są to wspólne wszystkim roślinom bardzo ważne części składowe. One to przeważnie zawierają znajdujący się w roślinach azot; związki te są bardzo zbliżone do ciał białkowych zwierzęcych; mniejsza lub większa obfitość ich stanowi o wartości rośliny jako pożywienia. 10) *Związki amidowe*, również zawierające azot, spotykają się we wszystkich roślinach, zwłaszcza asparagina, leucyna, tyrozyna. 11) *Fermenty*; z nich najbardziej rozpowszechnione są te, które przetwarzają mączkę na cukier (dyastaza). 12) *Barwniki* czyli barwne składowe części roślin; stanowią obszerną klasę związków, z których jednak nieliczne tylko właściwe są wszystkim roślinom; do tych należą: chlorofil, antocyan i antoksyantyna; inne spotykają się tylko w niektórych klasach wodorostów; najwięcej jest barwników właściwych korzeniom, korze lub twardzieli drewna rozmaitych gatunków roślin.

ROZDZIAŁ II.

Odżywianie się roślin.

I. Sprawy, towarzyszące przyjęciu pożywienia.

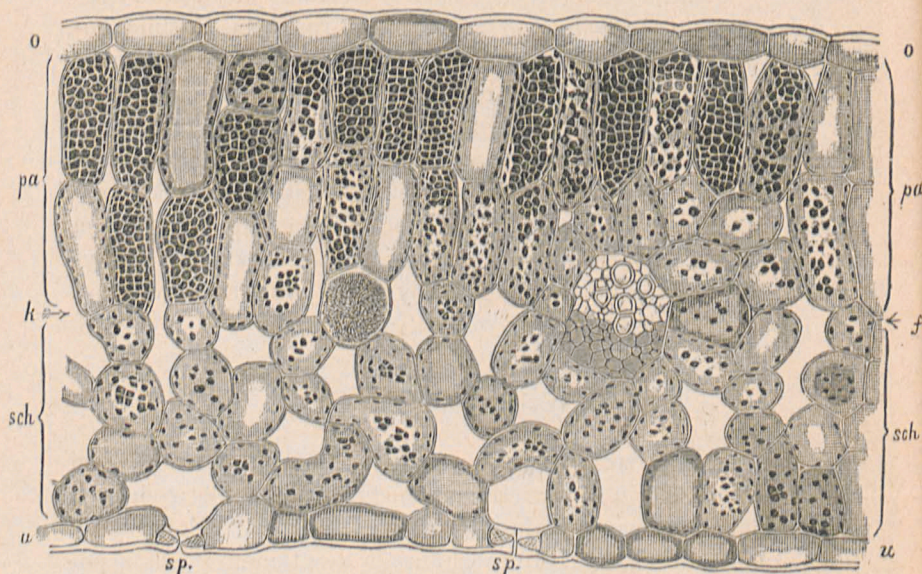
Do wnętrza rośliny mogą się dostać jedynie ciała ciekłe lub gazowe; żadne ciało stałe, chociażby w stanie najdrobniejszego proszku, nie może być przyjęte przez roślinę. Roślina bowiem składa się z komórek, zewsząd otoczonych błonami i ściśle z sobą spojonych; oddzielona jest od świata zewnętrznego błonami komórek naskórkowych, stanowiącemi jednolitą pokrywą. Błony zaś komórkowe przepuszczają przez siebie tylko ciecze i gazy. Jedynie więc gazy, a z substancyj stałych, tylko rozpuszczalne w wodzie lub w wydzielinach rośliny służyć jej mogą za pożywienie. W najbliższych rozdziałach mamy poznać zastosowania służące do przyjęcia pożywienia, oraz sprawy, które mu towarzyszą.

I. Wchłanianie gazów.

Rośliny lądowe również jak i inne, których pewne części zostają w zetknięciu z powietrzem, mogą za pośrednictwem tych części podtrzymywać wymianę gazów z atmosferą. Zobaczymy niżej, że zielone części roślin pochłaniają dwutlenek węgla z powietrza, oddając natomiast tlen, również, że pochłaniają z powietrza azot; liście wydzielają także parę wodną. Ciało roślin wyższych zawiera ogromną ilość przestworów międzykomórkowych, które łącząc się z sobą, tworzą systemat drobnych kanałów, otwierających się w naskórku przez ogromną ilość szparek; budowa taka ułatwia oczywiście zetknięcie wszystkich tkanek rośliny z powietrzem. Przestwory międzykomórkowe są wynikiem niezupełnego zetknięcia się komórek z sobą, pozostawiają one wolne przerwy wzdłuż krawędzi i w narożach, które są połączone z sobą i wypełnione powietrzem, otaczając komórki ze wszystkich stron (fig. 20; por. także fig. 1). Im więcej są oddalone od siebie komórki, tem szersze przestwory między nimi. Zwłaszcza w tkance zielonej środkoliscia są one bardzo szerokie. Tkanka ta składa się z komórek okrągłych lub wydłużonych, otoczonych zewsząd przestworami powietrznymi. Na dolnej powierzchni liścia przeważają komórki okrągłe, stykające się tylko

w niewielu punktach, zostawiając wielkie próżnie, wypełnione powietrzem; dla tego też tkankę tę nazywają *miększem gąbczastym* (fig. 20 sch). Istotnie tkankę liścia porównać można z gąbką,

Fig. 20.

Fig. 20. Przekrój poprzeczny przez liść buraka (*Beta vulgaris*).

o naskórek powierzchni górnej; u naskórek pow. dolnej z licznymi szparkami sp, sp; pomiędzy nimi tkanka zielona środkoliscia czyli *mezofil* w górnej części złożona z *komórek słupkowych* (pa), w dolnej z *miększu gąbczastego* (sch); komórki te zawierają ziarenka chlorofilu i oddzielone są od siebie szerokiemi *przestworami międzykomórkowemi*; k komórka wypełniona grupą kryształów szczawianu wapnia; f - przekrój jednej z cienkich wiązek naczyniowych, stanowiących nerwy liścia.

napelnioną powietrzem; jeśli świeże liście rozmiążdżymy w wodzie, wydzielają się z nich liczne bąbelki powietrza. Układ przestworów międzykomórkowych ciągnie się z liści przez ogonki do łodygi, a nawet do korzenia; we wszystkich tych częściach bowiem między komórkami kory i rdzenia znajdują się przestwory, chociaż mniejsze niż w liściach. Szczególną wielkością odznaczają się przestwory międzykomórkowe w roślinach wodnych i błotnych; są one tu tak znaczne, że około każdego grupują się liczne komórki miąższu. Przeznaczenie ich polega

oczywiście na tem, aby każda komórka zostawała przy ich pośrednictwie w zetknięciu z powietrzem. Cały układ przestworów powietrznych otwiera się nazewnątrz za pomocą niezliczonych *szparek (stomata)*. Są to osobliwe organy *naskórka*. Naskórek stanowi zewnętrzne okrycie rośliny, złożone z jednej warstwy komórek (fig. 20). Komórki te stykają się z sobą ściśle i nie tworzą żadnych przerw, jak to można widzieć badając pod mikroskopem kawałeczek zdartego naskórka. Szparki leżą rozrzucone pomiędzy niemi. Każda szparka składa się z dwu zwykle małych komórek kształtu półkola lub półksiężyca, t. zw. *komórek zamykających*; między niemi znajduje się wązka szparka, w innych zaś punktach komórki te są ściśle zrosnięte z komórkami naskórka. Pod każdą szparką znajduje się rozszerzenie końcowe przestworu powietrznego, t. zw. *jama przedechowa*; której ujściem zewnętrznym jest szparka. Organy te znajdujemy przeważnie w takich częściach rośliny, które potrzebują energicznej wymiany gazów, przedewszystkiem więc w liściach (fig. 22). Znajdują się one tu w tej części naskórka, która okrywa środkoliscie; przeciwnie na nerwach ich niema. Na liściach szerokich szparki mają rozmaity kierunek: na wązkich i długich (np. u traw) ułożone są w szeregi regularne i skierowane osią dłuższą wzdłuż liścia. Niektóre liście mają szparki tylko na dolnej powierzchni, t. j. nad miękiszem gąbczastym, obfitującym w przestwory powietrzne; w innych roślinach spotykamy je i na górnej powierzchni liści, lecz są tu zwykle mniej liczne. Przeciwnie liście pływające roślin wodnych mają szparki tylko na górnej stronie zwróconej do powietrza. W naskórku lodygi szparki są mniej liczne; płatki weale ich nie mają lub jeśli mają to bardzo rzadkie; owoce zwykle je miewają. Podziemne części roślin pozbawione są prawie zawsze szparek. Liczba szparek, przypadających na jednostkę powierzchni liścia, jest dla każdej rośliny dość stała. Wynosi ona zwykle od 40 do 300 na 1 mm^2 dolnej powierzchni liścia; są niektóre jednak rośliny mające więcej szparek; tak na liściu rzepaka liczą ich do 716 na 1 mm^2 . Wszystko to służy za dowód, że liście zielone są organem wymiany gazów i przyjęcia pożywienia gazowego.

Szparki mają zdolność otwierania się i zamykania. Następuje to pod wpływem jędrności komórek naskórka oraz zmiany jędrności komórek zamykających. Komórki zamykające są tak umieszczone między sąsiednimi komórkami naskórkowymi, że

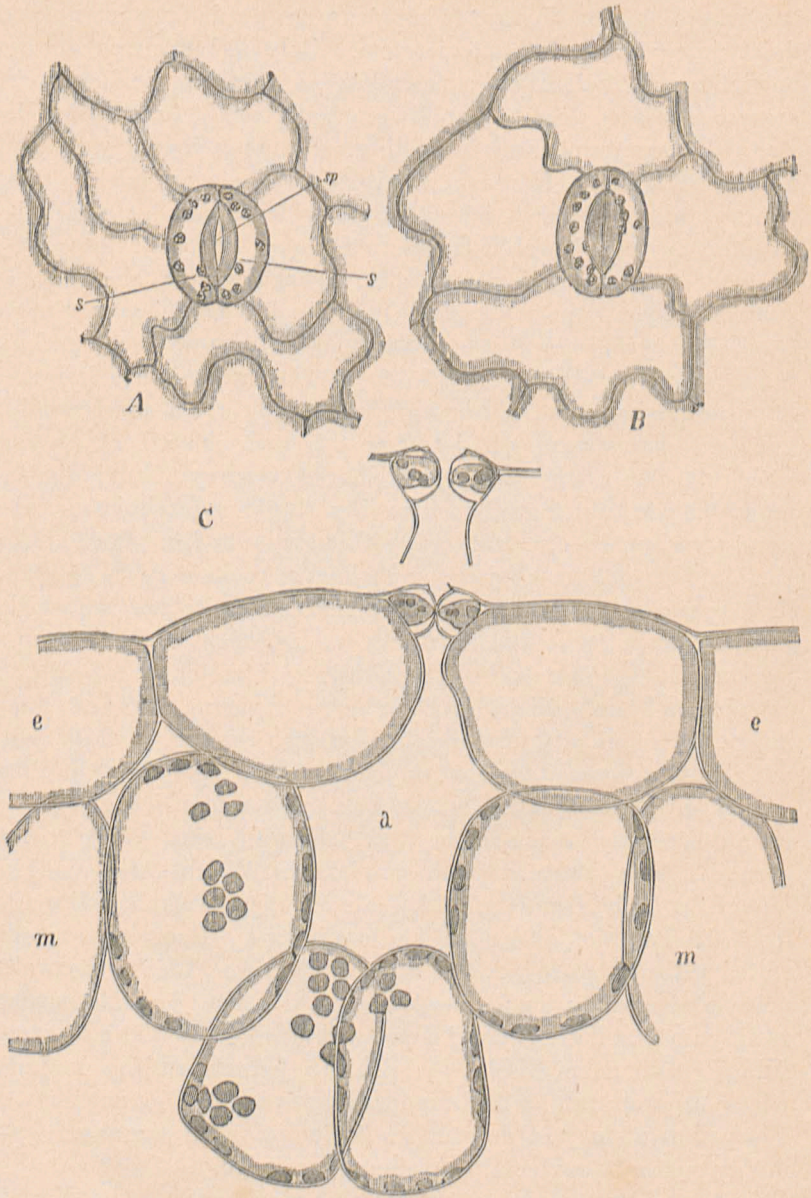


Fig. 21. Budowa szparek.

A — szparka otwarta z komórkami zamykającymi widziana z góry; *B* — taż sama zamknięta, *ss* — komórki zamykające; *sp* — szpara między niemi.

C — ta sama szparka w przekroju poprzecznym; *e* — graniczące z nią komórki naskórka; *m* — komórki środkolłścia; *a* — jamka oddechowa. Szparka jest zamknięta. Nieco wyżej odrysowane są komórki zamykające w położeniu, jakie przyjmują, gdy szpara jest otwarta.

jędrność tych ostatnich zbliża je i zamyka szparkę, skoro tylko same komórki zamykające utracą jędrność (por. fig. 21). Te

ostatnie zaś mają zdolność zmniejszania lub powiększania jędrności swojej, co zależy od obecności w nich chlorofilu, zawierającego zawsze mączkę, a którego niema w innych komórkach naskórka roślin lądowych. Kiedy jędrność komórek zamykających zwiększa się do tego stopnia, że przewyższa ciśnienie naskórka, to spojone z sobą na obu końcach szparki, wyginają się tak, że strona zwrócona ku szparze przyjmuje kształt wklęsły, przez co szparka otwiera się. Zmiana napięcia komórek zamykających, powodująca ich zamykanie się lub odmykanie, zależy od wpływu czynników zewnętrznych. Przedewszystkiem oddziaływa tu zmniejszenie wilgotności gruntu, zmniejszające jędrność tych komórek, przez co szparki zamykają się; następuje to przy wędnięciu rośliny i często daje się spostrzegać wcześniej nim roślina zacznie wędnąć.

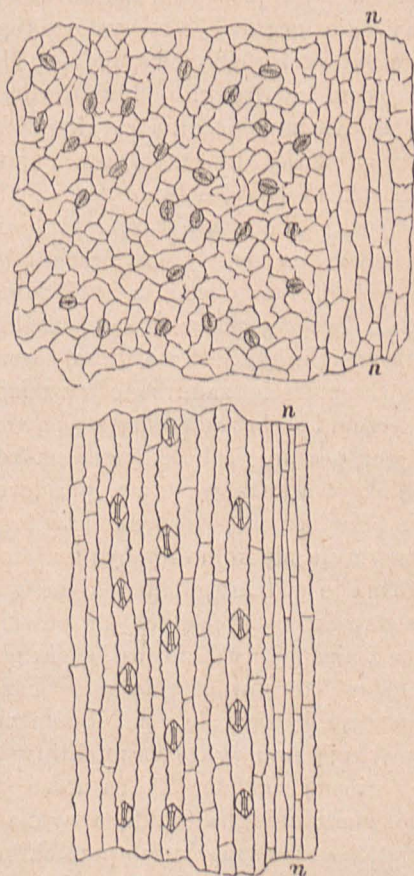


Fig. 22. Ułożenie szparek. Naskórek z liścia buraka (*Beta vulgaris*; rysunek wyższy) i owsa (*Avena sativa*; rysunek niższy); w pierwszym szparki są rozrzucone i skierowane w rozmaite strony; w drugim ułożone w szeregi regularne. W *nn* przebiegają nerwy; naskórek w tych miejscach nie zawiera szparek. Słabo powiększone.

Zamykanie to służy oczywiście jako środek ochrony, zmniejszający wyziewanie wody podczas suchej pogody. U wielu roślin szparki zamykają się w nocy, w innych zaś nie; zamykanie się to nie jest prawdopodobnie bezpośrednim wynikiem ciemności, lecz wzrastającej jędrności naskórka. Wiadomo bowiem, że jędrność wielu komórek zwiększa się w ciemności. Istotnie u niektórych roślin można wywołać zamykanie się szparek, umieszczając je w atmosferze nasyconej parą. W dzień, jeśli zwilżenie gruntu jest wystarczające, szparki zostają otwarte. U niektórych roślin zwężają się jednak one nawet przy wystarczającym zwilżeniu pod wpływem prostych promieni słonecznych. Ku zapobieżeniu zatykania szparek wodą utrzymywaną przez włoskowatość służą rozmaite przystosowania i położenie szparek na dolnej stronie liści; wydzielanie wosku przez naskórek (na igłach sosny szparki leżą wyłącznie wzdłuż przebiegających po dolnej powierzchni białych, pokrytych woskiem prążków); lub obecność włosków, które zatrzymują powietrze. Zresztą pokrywający naskórek w większej części roślin nasiąknięty jest woskiem, przeszkadzającym zwilżeniu; dla tego też liście zanurzone w wodzie, utrzymują często na powierzchni srebrzystą warstwę powietrza. Gałęzie drzew, gdy osiągną pewnej grubości, tracą naskórek, zamiast którego tworzy się okrywa korkowa t. zw. periderma; powłoka ta chociaż sama nie przepuszcza powietrza, zawiera jednak pory, przez które utrzymuje się komunikacja z atmosferą; są to t. zw. *przetehliny*. Można je widzieć gołym okiem w postaci drobnych brunatnych brodawek, rozrzuconych na powierzchni gałązki. Składają się one z niespojonych z sobą i zaokrąglonych komórek korkowych, między którymi znajdują się bardzo wąskie przestwory powietrzne, łączące się z podobnymi przestworami kory. Na zimę zamykają się zwykle przetehliny ścisłą tkanką korkową, która na wiosnę rozluźnia się na nowo, torując drogę dla powietrza. Doświadczenie następujące wykazuje, jak łatwo przechodzi powietrze przez szparki lub przetehliny, aby się dostać do systemu przestworów międzykomórkowych. Jeśli wprawimy za pomocą kitu gałązkę z liśmi lub większy liść pojedynczy do dolnego końca rurki szklanej, i, napelniwszy ją do połowy wodą, wyciągać będziemy powietrze za pomocą maszyny pneumatycznej z górnego końca, to ujrzymy, że z powierzchni przecięcia wychodzi nieprzerwany szereg bąbelków; doświadczenie to może trwać w cią-

gu całego dnia dopóki tylko roślina zachowuje świeżość. Jeżeli zamiast gałązki z liśćmi weźmiemy gałązkę odciętą z obu stron i, zakleiwszy powierzchnię przecięcia, zostającą nazewnątrz rurki, powtórzmy doświadczenie, to z powierzchni, obróconej do wnętrza, będą wychodziły bąbelki powietrzne jak i w poprzednim doświadczeniu; powietrze to dostaje się do tkanek przez przetchliny w części kory, zostającej nazewnątrz. Jeżeli szparki zatknięte są przez wodę, utrzymywaną siłą włoskowatości, to potrzebne jest znaczniejsze ciśnienie, aby wyciągnąć powietrze.

Z przestworów międzykomórkowych może się dostać powietrze do każdej komórki sąsiedniej jednak nie w postaci gazu, albowiem w żadnej komórce żywej nie znajdujemy bąbelków powietrza, lecz rozpuszczone w wodzie, nasiąkającej każdą błonę komórkową i znajdującą się w protoplazmie i soku komórkowym. Również i wydzielane przez komórkę gazy, jak tlen i para wodna, ukazują się w postaci gazu dopiero na zewnętrznej powierzchni błony komórkowej. Prawdopodobnie też naskórek wchłania gazy wprost z powietrza i wydziela je również; przeważnie jednak liczne szparki są drogą doprowadzającą powietrze do komórek, znajdujących się wewnątrz rośliny oraz wyprowadzającą wydzielane przez te komórki gazy.

II. Wchłanianie i przenoszenie wody oraz ciał w niej rozpuszczonych.

1. Organy chłonnae.

Organy, przeznaczone przeważnie do wchłaniania cieczy, znajdujemy w miejscach zkad ten rodzaj pożywienia może być wydobyty: u roślin lądowych w ziemi, u wodnych w wodzie lub szlamie na dnie. Idzie tu bowiem nie o samą tylko wodę, lecz o wszystkie ciała pokarmowe stałe, które roślina czerpie z ziemi wchłaniając je w postaci roztworów wodnych.

U *roślin wodnych* wszystkie części zanurzone w wodzie mają zdolność wchłaniania wody razem z rozpuszczonemi w niej ciałami przez naskórek. Niektóre rośliny wodne pływają swobodnie, jak np. wodorosty, a z jawno kwiatowych zabiściek (*Hydrocharis*) i inne; korzenie tych roślin zanurzone są w wodzie, z której muszą brać wszystkie potrzebne im części pożywne. Korzenie innych roślin wrastają jednak w szlam na dnie i zachowują się tak jak korzenie roślin lądowych.

Rośliny lądowe wchłaniają wodę i rozpuszczone w niej części gruntu za pomocą organów wrastających w ziemię. Rośliny, wyrastające na innych podścieliskach, wnikają w nie zawsze osobnymi organami które wchłaniają części pożywne. Tak grzybnia (*micelium*), której bliższą budowę wkrótce poznamy, służy za organ chłonny grzybów, rosnących na substancjach gnijących lub na ciele żywych roślin i zwierząt. Mechy i porosty, rosnące na korze drzewnej, na deskach lub kamieniach, przymocowane są do podścieliska za pomocą chwytników odpowiadających włóśnikom roślin wyższych. Nie wszystkie jednak podziemne części wyższych roślin lądowych przeznaczone są do wchłaniania pożywienia. Tu powinny być wyłączone części korzeni, których powierzchnia pokryta jest korkiem, wiadomo bowiem, że tkanka korkowa z nadzwyczajną trudnością przepuszcza wodę. Stosuje się to do wszystkich grubszych korzeni drzew, okrytych, podobnie jak pień i gałęzie, tkanką korkową; okrycie korkowe znajduje się także na kłęczach oraz starych i grubszych korzeniach głównych ziół trwałych, np. koniczyny, lucerny, kminu, groszku i t. d.; toż samo da się powiedzieć o bulwach kartofli które okryte są powłoką korkową, o cebulach, których łuski zewnętrzne nie przepuszczają wody. Wszystkie te części nie mogą służyć do wchłaniania cieczy; pozostają więc jako organy wchłaniające drzew i ziół trwałych, tylko cieńsze korzonki czyli korzenie chłonne; w roślinach zaś jednorocznych wszystkie korzenie, z wyjątkiem grubszych części głównego, zastosowane są do wchłaniania.

Za korzenie chłonne uważać można wszystkie korzonki cienkie, nie pozbawione jeszcze naskórka, t. j. te, które nie wytworzyły jeszcze tkanki korkowej. Naskórek korzeniowy może być uważany za organ chłonący rośliny. Korzenie zaopatrzone w naskórek wchłaniają na całej długości w każdym punkcie swojej powierzchni wodę i pożywienie z ziemi; sam tylko wierzchołek czyli punkt wegotacyjny nie bierze udziału w tej czynności, o czem przekonywa nas fakt, że rośliny, zanurzone w wodzie tylko końcem korzenia, bardzo prędko więdną. Nieco wyżej wierzchołka znajdujemy już naskórek zupełnie zastosowany do czynności swojej. Ma on szereg własności, które go czynią szczególnie do tego przydatnym. Komórki naskórka stykają się z sobą ściśle, nie zostawiając żadnych przerw, nie mają one szparek; ścianki komórek są względnie bardzo cienkie i łatwo przepusz-

czają wodę; wewnątrz komórki usłane jest cienką warstwą protoplazmy, zawierającą jądro i wypełnione przezroczystym sokiem komórkowym, nie zawierającym innych utworów organizowanych. Na wewnątrz te komórki graniczą z również soczystemi komórkami miąższu korowego, które łatwo przeprowadzić mogą dalej wchłonięte przez nie ciała. Komórki naskórka korzeniowego większej części roślin wyrastają w długie twory włoskowate, t. zw. *włosniki* czyli *włoski korzeniowe* (fig. 23). Jeżeli oczywiście starannie korzeń rosnącej w ziemi rośliny od przylegających doń cząstek gruntu, lub też pozwolimy mu rosnąć w wodzie albo powietrzu wilgotnem, to przekonamy się, że okryty jest bardzo licznymi, cienkimi włoskami, których długość często przewyższa kilkakrotnie grubość korzenia. Prawie każda komórka naskórka wydłuża się w woreczek niczem od samej komórki nie oddzielony; przestrzeń sokowa komórki stanowi jedno z takąż przestrzenią włoska i cienka warstwa protoplazmy, wyściełająca komórkę, przedłuża się we włoski. Włosnik rośnie na końcu; dlatego plazma nagromadzona jest obficie w tem miejscu i jądro znajduje się w pobliżu końca. U wierzchołka rosnącego korzenia niema jeszcze żadnych włosków; ukazują się one nieco wyżej i są tu bardzo krótkie, wyżej zaś dochodzą do największej długości. Włosniki te, w niezmierniej ilości wyrastające z korzenia i wrastające na znaczną odległość w grunt, zwiększają w znacznym stopniu powierzchnię chłonną korzenia, każdy z nich bowiem wchłania całą swoją powierzchnią; są to organy, które biorą największy udział w tej czynności. Dla tego też po każdym przesadzeniu rośliny następuje zwykle jej zwędnięcie czasowe; przy wyjęciu bowiem z ziemi delikatne włosniki zostają po większej części oderwane, a korzenie zaczynają doprowadzać wodę w ilości dostatecznej nie wcześniej, aż zdążą cokolwiek urosć i wytworzyć nowe włosniki. Włosniki mają zdolność oplatania w najściślejszy sposób cząstek gruntu; nie tylko wciskają się za pomocą rozmaitych wygięć w najmniejszo przestrzory między temi cząsteczkami, lecz spajają się w niemi w wielu punktach; często włoski otacza z kilku stron cząsteczkę gleby, rozrastając się wokół niej (fig. 23 D). Zrastanie się to zależy od tego, że zewnętrzna warstwa powłoki włosników ma własności pęczniejącej galarety, do której przyklejają się cząstki ziemi. Jak mocno trzymają się one włosników, można widzieć ztąd, że wyjmując ostrożnie korzenie z gruntu znajdujemy je pokrytymi

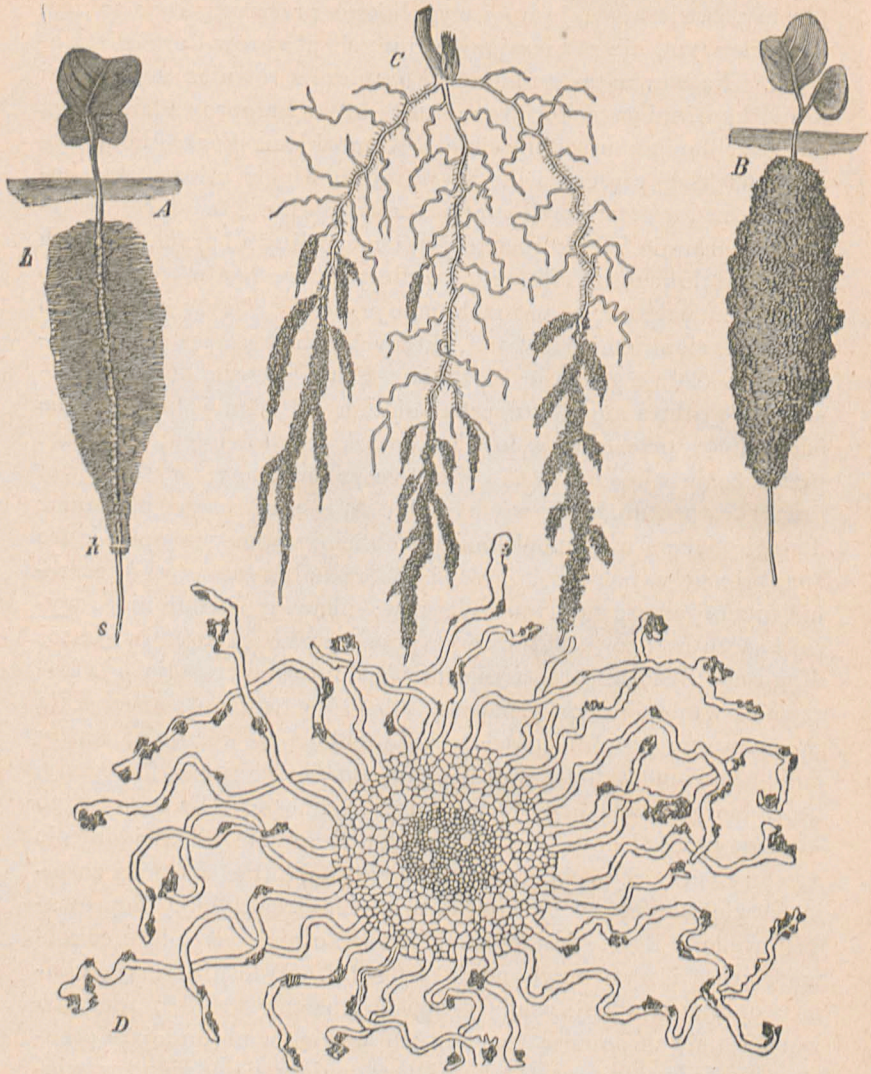


Fig. 23. Korzeń z włosnikami.

A. Roślina rzepy z włosnikami *h* *h* na korzeniu głównym; są one coraz krótsze w miarę zbliżenia do wierzchołka, na którym brakuje ich (między *s* a *h*).

B. Taż sama roślina z przylegającymi do włosników cząsteczkami gruntu.

C. Korzeń rośliny zbożowej; młode korzonki również otoczone są ziemią, utrzymywaną przez włosniki.

D. Przecięcie poprzeczne korzenia z włóśnikami, wychodzącymi z komórek naskórka i obrastającymi cząstkami gruntu; w miejscach, gdzie przylegają cząstki gruntu, włóśniki są mniej lub więcej wydęte i obejmują je.

grubą warstwą ziemi na całej powierzchni zaopatrzonej we włóśniki (fig. 23 B i C). Ścisłe to spojenie pomiędzy włóśnikami a cząsteczkami gleby ważne ma znaczenie dla odżywiania rośliny; przez nie dają się wytłumaczyć rozmaite siły, jakie wykazują korzenie. Wszystkie prawie rośliny lądowe samodzielnie się żywiące mają włóśniki; nie ma ich jednak większa część roślin cebulowych.

Sposób rozmieszczenia wszystkich korzeni chłonących jest taki, aby mogły w najlepszy sposób zaopatrzyć roślinę w wodę a zarazem najlepiej zużytkować pożywność gruntu. Rośliny strąkowe, krzyżowe, baldaszkowe i niektóre inne dwuliścieniowe mają jeden tylko korzeń główny, który rosnąc prosto w dół osiąga rozmaitej głębokości; od niego wychodzą korzenie boczne, szerzące się w kierunku poziomym lub ukośnym; ciągną one pożywienie z pojedynczych warstw gruntu w około na równej odległości, albowiem wychodzą z korzenia głównego w 2-ch, 3-ch lub 4-ch jednakowo od siebie oddalonych szeregach.

Zboża, również jak inne trawy i niektóre zioła dwuliścieniowe, mają tak zwane włókniste korzenie; wyrastają one w postaci pęczka z podziemnej części łodygi i rozchodzą się w ziemi; są przytem albo nierozgałęzione, albo też obsadzone są drobnymi bocznymi korzonkami, a więc stanowią jakby kilka korzeni głównych. Rośliny, które mają pędy poziome pełzające bądź nadziemne bądź podziemne t. zw. wici (kartofle, poziomki, perz), wydają w miejscach przymocowania liści pęczki korzeni przybyszowych; każda część wici wraz z swymi organami powietrznymi otrzymuje tu pożywienie przez swoje własne korzenie; dla tego mogą one oddzielać się i rosnąć niezależnie. Drzewa w pierwszych latach młodości mają korzenie podobne jak u ziół. Gdy cienki początkowo korzeń grubieje w miarę wzrostu drzewa, traci on korzonki chłonne; natomiast rozrastają się jego cienkie rozgałęzienia, wypuszczając tem większą ilość korzonków włóknistych, za pomocą których drzewo korzysta z coraz szerszych zakresów gruntu.

Możliwość wchłaniania wody w stanie cieczy przez powietrzne części roślin nie jest wykluczona; jeśli gałąź ściętą zanurzymy w wodzie nie powierzchnią przecięcia, lecz liśćmi, to po-

zostałe niezanurzone liście nie więdną. Większa część jednak liści roślin lądowych nie zmacza się ani deszczem ani rosą, gdyż wskutek woskowej wydzieliny naskórka woda do nich nie przylega i zatrzymuje się chyba w łatwiej zmaczających się wklęsłościach górnej powierzchni, utworzonych przez żyłki lub w poduszczykach u podstawy liścia. Jeśli w wodzie tej rozpuszczone są sole np. azotany lub sole amoniakalne, zostaną one wchłonięte. Woda deszczowa, nagromadzająca się w korytkach liściowych karczocha, może być przez roślinę wchłonięta i doprowadzona do łodygi.

2. Sprawy zachodzące przy wchłanianiu.

Każde wchłanianie wody lub substancyj rozpuszczonych w wodzie przez roślinę polega na wsiąkaniu cieczy przez zamkniętą błonę do wnętrza komórki naskórkowej. Całe więc zjawisko pod względem fizycznym jest tylko osmozą. Jednak korney rozwijają przytem siły szczególne, których nie można wytłumaczyć za pomocą samej osmozy.

Widzieliśmy już przy rozważaniu praw tego zjawiska, że niejednostajne zużycie rozmaitych wchłoniętych przez roślinę substancyj pokarmowych wystarcza do wytłumaczenia, dlaczego pochłaniają się one w innych stosunkach ilościowych, niż te w jakich znajdują się w gruncie, innemi słowy, jakim sposobem roślina czyni *wyбір*. Występuje to szczególnie na jaw wtedy, gdy roślina nie rośnie w ziemi lecz w cieczy pożywnej, t. j. w wodzie, w której rozpuszczone są niektóre sole. Skład pozostałej po doświadczeniu cieczy wykazuje, że roślina wchłaniała rozmaite substancje w ilościach niejednakowych. Stosuje się to nasamprzód do *względnej ilości wody i rozpuszczonych w niej ciał*. Jeżeli roztwór nie jest bardzo rozcieńczony, to roślina wchłania względnie więcej wody niż ciał stałych; można to wyrazić tak, że roślina rozkłada roztwór na słabszy, który wchłania i mocniejszy, który pozostaje. Jest to prostem następstwem znacznej straty wody wskutek pocenia się powietrznych części rośliny. Ciecz zawierająca 1—5 na tysiąc substancyj rozpuszczalnych, odpowiada najlepiej względnym potrzebom wody i ciał stałych większej części roślin lądowych, silnie wyziwiających wodę. Im bliżej odpowiada skład cieczy pożywnej rzeczywistej potrzebie rośliny, tem jednostajniej zostaje ona użytą. Stosunek ten

przy wchłanianiu może się odwrócić jeśli potrzeba wody jest mniejsza, niż potrzeba rozpuszczonych w niej ciał, a więc, gdy ciecz jest zbyt rozcieńczona, lub gdy pocenie się rośliny jest bardzo małe, np. w roślinach żyjących w powietrzu, nasyconem wodą lub wodnych. Co do *względnych ilości substancyj rozpuszczonych*, które roślina wchłania, okazuje ona również wybór i przy tem każdy gatunek ma pod tym względem właściwe sobie wymagania. Jeśli jeden i ten sam gatunek rośnie w roztworach rozmaitych soli jednakowej koncentracji, lub w cieczy zawierającej te sole w jednakowej ilości, wchłania on te sole niejednostajnie. Tak np. *Mercurialis annua* (szczyr roczny) i *Chenopodium viride* (mączyniec zielony), hodowane w roztworze, zawierającym równe ilości azotanu potasu i chlorku sodu, pochłaniają wiele pierwszego a mało ostatniego; *Sauteria* i *Lycopersicum* (pomidor) zachowują się odwrotnie. Zdolność ta do wyboru pokazuje się szczególnie z tego, że popioły różnych gatunków roślin na tej samej glebie rosnących mają skład różny i charakterystyczny dla pojedynczych gatunków, tak że w popiołach jednych gatunków — jeden, lecz w popiołach innych, inny składnik w przeważnej znajduje się ilości; tak np. znamy rośliny bogate lub ubogie w krzemionkę, bogate lub ubogie w wapno, wykazujące też same osobliwości, chociażby rosły na jednakowym gruncie obok siebie. Niektóre rośliny posiadają własność nagromadzania w sobie pewnych ciał, znajdujących się w otoczeniu w bardzo nieznacznej ilości; tak np. niektóre rośliny morskie nagromadzają jod, którego woda morska zawiera tylko nieznaczne ślady. Nagromadzenie osiąga niekiedy tego stopnia, że popiół ich służy do dobywania wymienionego pierwiastku. Wszystko to łatwo wytłumaczyć na podstawie praw osmozy, jeżeli przypuścimy, że jedna roślina zużywa przeważnie jedną, druga inną substancją, chociaż nie zawsze znamy sposób tego zużywania. Charakterystyczny skład popiołu pojedynczych gatunków roślin zmienia się jednak w pewnych granicach, jeżeli roślinę przenosimy na odmienny grunt. Ta sama roślina okazuje inny skład soli gdy rośnie na gruncie obfitującym w wapno a inny na ubogiej w ten związek a bogatszej w potas ziemi glinkowej. Tak

	zawiera	Potażu	Wapna	
Rzepak	{ na gr. wapiennym	43,60	12,34	w % całkowitej ilości popiołu.
(<i>Brassica napus</i>)				
Koniczyna polna	{ na gr. wapiennym	43,32	9,60	
(<i>Trifolium pratense</i>)				

Takie częściowe zastąpienie jednego metalu przez drugi podczas przyjęcia pożywienia jest dość zrozumiałem, jeśli przypomnimy sobie, że tak ważne dla rośliny kwasy jak azotny, fosforowy i siarczany, które mogą się do niej dostać jedynie tylko w postaci soli, są związane stosownie do rodzaju gleby to przeważnie z wapniem, to z potasem. Z ciał, wchodzących w skład pożywnych soli, jedne służą rzeczywistym potrzebom rośliny, inne zaś wchłaniają się i nagromadzają w roślinie, nie dla tego aby były same użyteczne, lecz wskutek tego, że były w związku z pierwszymi i że bez nich nie mogłyby się te pierwsze dostać do rośliny. Rośliny bowiem prawie nigdy nie wydalają nieużytecznych ciał mineralnych.

Są jednak zjawiska, które możemy obserwować na korzeniach roślin lądowych, a których nie można wytłumaczyć za pomocą osmozy; są one wynikiem osobliwych sił komórek żywych korzenia. Korzeń przewyżcza nasamprzód *siłę przyciągania gruntu do wody*; tak nazywamy własność gleby utrzymywania wody z taką siłą, że nie tylko nie ścieka wskutek własnego ciężaru lecz nawet nie może być zeń wydaloną pod ciśnieniem. Roślina jednak może odjąć ziemi część utrzymywanej w taki sposób wody, o czem wnosimy ztąd, że rośliny, mimo ciągłego parowania, zachowują całkowitą świeżość na gruncie, który sprawia wrażenie zupełnie wyschłej ziemi. Im więcej traci ziemia wody, tem mocniej zatrzymuje pozostałą i wobec tej siły zatrzymującej, zdolność chłonna korzenia w końcu jest już zamalą; poznaje się to po wędnięciu roślin. Rośliny tytoniu wędną już w ziemi ogrodowej, zawierającej 12 pct. na wagę wody, w ziemi glinkowej przy 8 pct. wody, w piasku gruboziarkowym przy 1,5 pct. Wpływy osłabiające czynność rośliny wogóle, osłabiają tę siłę w korzeniu. Następuje to np., gdy wyciągniemy tlen z gruntu i korzeni; również i obniżenie temperatury prowadzi do tych samych skutków. Czynność korzeni tytoniu i bani staje się tak słabą przy oziębieniu gruntu do $+ 3,5$ lub 5° C. że rośliny poczynają wędnąć, nawet w gruncie dobrze zwilżonym; przeciwnie gatunki rzepy wchłaniają dobrze jeszcze w 0° . Dalej zwalczają korzeń *siłę absorpcyjną gruntu*, t. j. zdolność utrzymywania rozpuszczonych w wodzie substancyj, tak że roztwór wodny takich substancyj, będąc przez grunt przefiltrowany, nie zawiera ich wcale. Stosuje się to przeważnie do niektórych ciał organicznych, a mianowicie do rozpuszczalnych części cieczy nawo-

zowej, wody kłocachnej i t. d.; również do amonu, potasu, sodu, magnezu, kwasu fosforowego; sole kwasu azotowego i siarczanego przeciwnie prawie zupełnie nie są absorbowane. Nie mogłaby więc roślina wyciągnąć z ziemi potrzebnego dla siebie pożywienia, gdyby nie była w stanie przezwyciężyć siły absorpcyjnej gruntu. Żywe korzenie mają wreszcie *własność rozpuszczania* niektórych nierozpuszczalnych w wodzie składowych części gleby. Można to uwydatnić jeżeli na polerowanej tabliczce marmurowej położymy warstwę ziemi i posadzimy w niej roślinę; korzenie, ścieląc się po marmurze, rozpuszczają go w miejscach zetknięcia, wskutek czego wygryzają figury, odpowiadające przebiegowi korzeni. Podobnie skały, na których spoczywa grunt, zostają często wygryzione i przedziurawione przez korzenie roślin. Prawdopodobnie korzenie mogą w ten sposób rozpuszczać rozmaite substancje mineralne, nierozpuszczalne w wodzie; być może, że stosuje się to również do niektórych substancji organicznych stałych, tych np., które są zawarte w próchnicy. Zdolność ta korzeni polega na własności ich *wydzielin*. Korzenie, podobnie jak i inne oddychające części rośliny, wydzielają dwutlenek węgla; prócz tego wydzielają one prawdopodobnie nietłone kwasy organiczne, które wysiłekają przez błony komórek naskórkowych. Można to udowodnić za pomocą niebieskiego papieru lakmusowego, który czerwienieje jeżeli na nim rozpostarte są korzenie rosnącej rośliny. Te właśnie kwasy są prawdopodobnie środkiem rozpuszczającym cząsteczki gruntu ¹⁾. Jeszcze wybitniej występuje zdolność rozpuszczania w grzybniach niektórych grzybów, które nurtują twarde błony komórek drzewnych, świdrując je we wszystkich kierunkach, wygryzają ziarka mączki, rozmiękczejają twarde szczątki roślin zawarte w próchnicy i t. d. lub jeśli to są pasorzyty, dostają się przez błony komórkowe roślin żyjących lub przez twarde okrywy zwierząt do ich wnętrza. Nie tylko więc rozpuszczalne w wodzie cząstki gleby idą na pożywienie roślinie; ma ona zdolność rozpuszczania i użytkowania na pokarm stałych cząstek, znajdujących się w ziemi. Opisanie wyżej zrastanie się włósników z drobnymi cząsteczkami

¹⁾ Działaniu rozpuszczającemu tych kwasów należy też przypisać wzmiankowaną wyżej zdolność korzeni przezwyciężania siły absorpcyjnej gruntu.

gruntu zostaje prawdopodobnie w związku z temi własnościami roślin.

2. Wyziewanie czyli parowanie roślin.

We wszystkich roślinach, które mają części powietrzne — a więc we wszystkich lądowych, odbywa się parowanie wody przez te części. Wodę straconą przez parowanie wynagradza ta, której dostarczają korzenie z ziemi. Jeśli wyziewanie jest bardzo energiczne, woda wciąż zmienia się w roślinie, a jeśli przytem przypływ jej zostaje przerwany lub nie jest dostateczny, roślina staje się coraz uboższą w wodę, aż wreszcie następuje zwiędnięcie, jak to widzimy na roślinach, którym podejęto korzenie, lub które rosną na bardzo suchym gruncie.

Ilość wyparowanej przez roślinę wody zmierzyć można najrozmaitszemi sposobami: albo kilkakrotnem ważeniem rośliny ściętej, albo ważeniem rośliny w doniczce, którą zabezpieczamy od parowania przez odpowiednie owinięcie, albo też mierząc zmniejszenie objętości wody, w której zanurzona jest wyziewająca roślina, lub wreszcie mierząc przyrost wagi chlorku wapnia, który pozostawiamy pod kloszem hermetycznym wraz z parującą rośliną.

Parowanie odbywa się przeważnie przez liście, wogóle zaś przez zielone części roślin, stanowią one bowiem największą część powierzchni powietrznych części rośliny. Zgodnie z tem osobniki jednego gatunku tracą tem więcej wody przez parowanie im więcej mają liści i im większe są liście; przy innych warunkach stałych wielkość parowania jest proporcjonalną do wielkości powierzchni parującej.

W żadnej części rośliny wyziewanie nie dosięga tej wielkości, jaką miałyby w równej powierzchni wodnej przy tych samych warunkach. Jeśli część rośliny zostanie zabita, np. przez mróz lub gorąco, traci ona bardzo prędko wodę i wędnieje, gdyż wyziewanie odbywa się teraz znacznie prędej niż w roślinie żywej. Wnosimy ztąd, że prędkość wyziewania zostaje zmniejszona i uregulowana za pomocą pewnych przystosowań, zależnych od życia rośliny, o których jednak nie posiadamy bliższych wiadomości. Znany jest znaczny wpływ budowy naskórka na

parowanie, co zresztą było do przewidzenia, już dla tego, że jest to organ, przez który wydziela się wyciewana woda. Wszystkie części zielone okryte są naskórką; niewątpliwie największy wpływ na parowanie wywiera obecność szparek, są to bowiem drogi, przez które łączy się układ przestworów międzykomórkowych z powietrzem zewnętrznym i przez które wychodzą wszystkie wydzielane z rośliny gazy, a więc i para wodna. Jednak nie przez same tylko szparki odbywa się wyciewanie; dowodzi tego okoliczność, że części roślin pozbawione szparek wyciewają jednak energicznie wodę; do takich należą np. mchy, niektóre płatki, i pozbawione szparek górne powierzchnie liści. Główna masa wody jest wyciewana przez same komórki naskórka. Znaczenie to naskórka zostaje w związku z osobliwościami budowy tej tkanki. Komórki jej łączą się między sobą bez przerw; widziane z powierzchni mają one formy rozmaite, w przecięciu zaś poprzecznym są czworoboczne i stykają się z sobą krótszemi krawędziami. Wnętrze ich nie zawiera żadnych utworów oprócz cienkiej warstwy protoplazmy i wypełnione jest przezroczystym sokiem (por. fig. 20 i 21). Komórki naskórka stanowią więc niejako zbiorniki wody, którego zawartość idzie na wyciewanie, chroniąc tkanki wewnętrzne od straty wody, a w niektórych wypadkach może oddając im swoją. Jako regulator wyciewania w samych komórkach największe znaczenie ma *nadskórek (cuticula)*. Tak zowie się zewnętrzna warstwa ścianek naskórka, obróconych na zewnątrz rośliny i pokrywająca tę ostatnią w postaci jednolitej błonki. Ma ona inne własności chemiczne niż błony komórkowe, składa się bowiem nie z błonnika, lecz z kutyny, substancji woskowej, podobnej do tej, która tworzy korek i przepuszczającą wodę z większą trudnością niż zwykle ścianki błonnikowe. Nadskórek więc przyczynia się do osłabienia wyciewania i to w tym większym stopniu im jest grubszy. Liście miękkie i delikatne mocno wyciewające mają nadskórek cienki, gruby jest na liściach mięsistych i skórzastych, które słabo parują. Niekiedy nadskórek wzmocniony jest przez tak zwane warstwy nadskórkowe powstające przez kutyzowanie głębiej leżących części błony. Wiele liści ma nadskórek cieńszy ze strony dolnej niż z górnej. Okoliczność ta, również jak i większa ilość szparek na dolnej powierzchni liścia, stanowi przyczynę, dla której parowanie na tej powierzchni jest większe niż na górnej. Jak potężny wpływ wywiera nadskórek na pocenie się pokazuje się np. z tego, że jabłka obrane,

t. j. pozbawione nadskórka, w bardzo krótkim czasie marszczą się i więdną wskutek straty wody, gdy tymczasem owoce z całym nadskórkiem mogą leżeć po kilka miesięcy, nie tracąc soczystości swojej. Cieniutka warstwa wosku, pokrywająca nadskórek wielu części roślin w postaci łatwo ścierającego się pyłku przyczynia się również do zmniejszenia wylizywania; tak np. wylizywanie liści rzepaku przed i po starciu tej warstwy ma się do siebie jak 3,03 : 4,63. Niektóre części roślin okryte są zamiast nadskórka warstwą *tkanki korkowej*. Kora gałęzi i pni drzew składa się z takiej tkanki. Łupinki kartofla i innych podziemnych części roślin są również z niej utworzone. Tkanka korkowa składa się z warstw komórek czworobocznych, które są ściśle z sobą spojone i powstają z miazgi korkotwórczej. Błony ich utworzone są z substancji korkowej z trudnością przepuszczającej wodę. Dla tego korek znacznie zmniejsza parowanie, o czem można się przekonać porównując prędką stratę wody przez kartofle obrane w porównaniu z nieobranymi. Opisane wyżej przetchliny znajdujące się w tkance korkowej, a służące za organy przewietrzania, ułatwiają zarazem i parowanie; tak np. wylizywanie gałązki bzu, której przetchliny zatknięte były lakierem wynosiło 7,66% zawartości wody; wylizywanie tej samej gałązki w stanie naturalnym 10,6%. Wreszcie protoplazma żyjąca osłabia parowanie otoczonego przez nią soku komórkowego. Chociaż sposób tego oddziaływania nie jest dla nas zrozumiały, dowodzi jednak niewątpliwie wpływu protoplazmy prędkie parowanie części roślin po jej śmierci, szczególnie występujące na roślinach słabo wylizujących za życia.

Niejednostajność wszystkich tych czynników i ogólnego wyniku ich działania powoduje bardzo niejednakową wielkość parowania w rozmaitych roślinach. Jedne parują silnie inne znów bardzo słabo. Rośliny, zajmując zwykle wilgotne lub cieniste stanowiska, wylizują bardzo energicznie i dla tego więdną prędko, jeśli zostaną ścięte lub przesadzone w miejsce suche. Przeciwnie rośliny zajmujące stanowiska suche okazują zwykle bardzo słabe wylizywanie; w najwyższym stopniu mają tę własność rośliny soczyste, jak kaktusy, gruboszowate, gatunki aloesu i agawy itd., które, będąc ścięte, mogą leżeć w suchem powietrzu w ciągu miesięcy, nie tracąc widocznie na soczystości. Służy to jako ważny środek ochronny przeciw peryodycznym posuchom, którym podlegają ich stanowiska naturalne. Dzięki powolnemu

parowaniu mogą też kartofle, buraki, cebula itd. leżeć przez długi czas w suchym miejscu, nie tracąc soku i siły życiowej. Lecz wśród roślin okazujących zwykle energiczne wyziewanie, jest ono bardzo niejednostajne w różnych gatunkach. Obliczając wielkość wyziewania na 1 *cm*² powierzchni w ciągu 24 godzin, otrzymamy np. dla grochu 2,51 *g*, dla konopi 9,3 *g* wody; konopie należą przytem do najwięcej wyziewających z roślin uprawnych. Przy pomocy takich liczb, przeciętnej wielkości rośliny oraz czasu jej wzrostu można obliczyć ilość wody, jakiej od gruntu wymaga każdy gatunek; tak np. kukurydza zużywa w ciągu 173 dni 14 *kg*, konopie w ciągu 140 dni 27 *kg*, słonecznik w ciągu 140 dni 66 *kg*. Każda roślina wykazuje w różnym wieku niejednakową wielkość parowania; w liściach bardzo młodych parowanie jest największe i zmniejsza się stopniowo w miarę wzrostu aż do zupełnego wytworzenia liścia.

Parowanie rośliny zależne jest także i od *warunków zewnętrznych*. Naturalnie, że największy wpływ wywiera w tym względzie zawartość pary wodnej w powietrzu; w miarę zwiększenia tej ilości zmniejsza się wyziewanie rośliny i prawie zupełnie ustaje w powietrzu nasyconem wilgocią. *Wilgotność gruntu* wpływa również na pocenie; z wzrastającą suchością ziemi zmniejsza się ono, co prawdopodobnie zależy od zamykania się szparek przy zbliżającym się wędnięciu. Jeżeli roślina jest zanurzona korzeniami w wodzie, to rozpuszczone w ostatniej pojedynczo użyte sole wpływają na zwiększenie parowania tem bardziej im większe jest *stężenie roztworu*; przy koncentracji jednak przewyższającej 5%, która wogóle jest już szkodliwą dla rośliny, następuje zwolnienie wyziewania. Alkalia do 0,3% koncentracji zwiększają, kwasy zmniejszają wyziewanie. Objasnienia tych zjawisk nie posiadamy. Parowanie odbywa się nawet w stosunkowo niskiej temperaturze; nawet w temperaturach niższych od 0° części roślin wiecznie zielone, a nawet pozbawione liści gałęzie wyziewają wodę. Bardzo znaczny wpływ na parowanie wywiera *światło*, nawet po usunięciu spowodowanego przez nie ogrzewania. W roślinkach kukurydzy, które wyrosły i pozielniały na światło, parowanie zmieniało się w następujących stosunkach: w ciemności 97 *mg*; na światło rozproszonem 114 *mg*; na światło słonecznem 785 *mg*. W roślinkach wyrosłych w ciemności i wypłoniowych 106 *mg* w ciemności; 112 *mg* na światło rozproszonem; 785 *mg* na światło słonecznem. Tłumaczy

to dla czego wyziewanie ma swój okres dzienny: w nocy jest ono mniejsze niż w dzień. Jednocześnie z ciemnością na zmniejszenie nocnego parowania wpływa większa wilgotność powietrza. Co do przyczyny wpływu światła na parowanie, to prawdopodobnie szukać jej należy w zamykaniu się szparek pod wpływem ciemności ¹⁾. Dowiedziono wreszcie drogą doświadczalną, że *wstrząśnienie rośliny*, jakiego np. podczas wiatru doznaje, podwyższa czasowo wyziewanie.

4. Ruch wody w roślinach.

W każdej roślinie, która stale wyziewa, musi powstawać prąd wody, idący od punktów wchłaniania w korzeniach aż do części, gdzie odbywa się parowanie wody. Jeżeli parowanie jest energiczne, to ilość wody, przechodzącej przez roślinę w ciągu dnia, może ważyć prawie tyle co i cała roślina. Drogą, po której przepływa woda, jest prawie wyłącznie *drewno*. Wyraz ten w znaczeniu botanicznem obejmuje nie tylko to, co znajduje się w drzewach właściwych; we wszystkich roślinach zielnych istnieją to cieńsze to grubsze włókna twarde, przebiegające wzdłuż całej rośliny. Są to *wiązki naczyniowe*. Znajdujemy je również w młodych jeszcze miękkich częściach drzew właściwych, gdzie służą za punkt wyjścia do późniejszego tworzenia się grubego drewna. Każda tkanka drewna charakteryzuje się tem, że błony jej komórek są zdrowniałe, t. j. obok błonnika zawierają substancją drzewną czyli ligninę. W łodygach większej części ziół dwuliścieniowych wiązki naczyniowe ułożone są w postaci pierścienia (na przekroju poprzecznym); tworzą więc razem walec drzewny. Walec ten poznaliśmy wyżej jako tkankę wzmacniającą; widzieliś-

¹⁾ Prócz powodowania otwierania się szparek, światło wpływa także na zwiększenie parowania roślin zielnych przez to, że energia jego będąc pochłoniętą przez zieleni zużywa się następnie do zamienienia wody ciekłej na parę. Dowodzą tego szczególniejsze nowsze poszukiwania (Jumellea), które wykryły stosunek odwrotny między wyziewaniem a przyswajaniem: rośliny umieszczone w atmosferze, pozbawionej dwutlenku węgla, a więc nie mogące przyswajać, wyziewają energiczniej niż w normalnych warunkach; ten sam wpływ wywierają środki znieczulające (eter, chloroform), gdy użyte są w takiej ilości, że paraliżują działanie ciał chlorofilowych. Wyjaśnienie tego faktu jest następujące: w zwykłych warunkach część energii słonecznej pochłonięta przez ciało zieleni zużywa się na rozkład dwutlenku węgla wody i tylko pozostała część (przeważnie niebieskie promienie widma) używa się na parowanie wody; gdy zaś pierwsza czynność upada, cała energia zostaje zużyta na wyziewanie.

my również, że w drzewach właściwych skutkiem corocznego przyrostu na obwodzie przeistacza się on w coraz grubsze ciało drzewne. Mechaniczne własności swoje drewno zawdzięcza obecności w niem wązkich i grubościennych włókien drzewnych; do przewodnictwa wody służą zawarte w niem osobliwe organy, które niebawem poznamy bliżej pod nazwą naczyń i tracheid.

Na dowód tego, że woda zużyta przy parowaniu wędruje po drewnie, służyć może bardzo proste doświadczenie. Jeśli w drzewie lub krzewie dwuliścieniowym, zakorzenionym w gruncie, wycniemy tkanki zewnętrzne w postaci pierścienia, tak aby tylko walec drzewny został nietknięty, to liście zachowują świeżość przez długi czas, otrzymując więc ilość wody, wystarczającą, aby wynagrodzić stratę przez wyziowanie; przeciwnie, jeżeli oszczędzając możliwie korę, przepiłujemy drewno w jednym miejscu, roślina więdnije prawie tak prędko, jak gdyby została ściętą u korzenia.

Ciągłość tkanki prowadzącej wodę w roślinach. Aby wiązki naczyniowe mogły służyć za drogę dla wody, powinny one stanowić nieprzerwaną całość, zaczynając od korzeni chłonnych aż do końcowych punktów w liściach. Rzeczywisty przebieg wiązki odpowiada zupełnie temu wymaganiu (fig. 24).

W każdym korzeniu chłonnym przebiega wiązka naczyniowa, dochodząca do wierzchołka korzenia; w miarę wzrostu jego wydłuża się ona przez wytworzenie nowych pierwiastków drzewnych z tkanki twórczej wierzchołka (por. fig. 13). W miejscu wyjścia korzeni bocznych ich wiązki naczyniowe zostają w bezpośrednim związku z wiązkami korzeni głównych. W punkcie, gdzie korzeń przechodzi w łodygę, wiązki jego przechodzą wprost w wiązki łodygi, po której idą ku górze w postaci pierścienia, jeśli roślina jest dwuliścieniowa, lub rozrzucone na całym przecięciu, jeśli roślina jednoliścieniowa, aby jedna po drugiej przejść do liści. Połączenie między sobą pojedynczych wiązek w łodydze polega na tem, że jedna wychodzi z drugiej, idąc z dołu ku górze. Do każdego liścia wchodzi jedna lub kilka wiązek naczyniowych; idą one tu wzdłuż ogonka liściowego i żeberka środkowego lub też w postaci kilku równoległych żeber rozchodzących się u nasady liścia, jak w większej części jednoliścieniowych. Na całym przebiegu wzdłuż liścia dają one liczne mniejsze wiązki boczne, które wraz z dalszemi rozgałęzieniami i ich połączeniami tworzą unerwienie liścia. Ten jednolity układ żyłek roz-

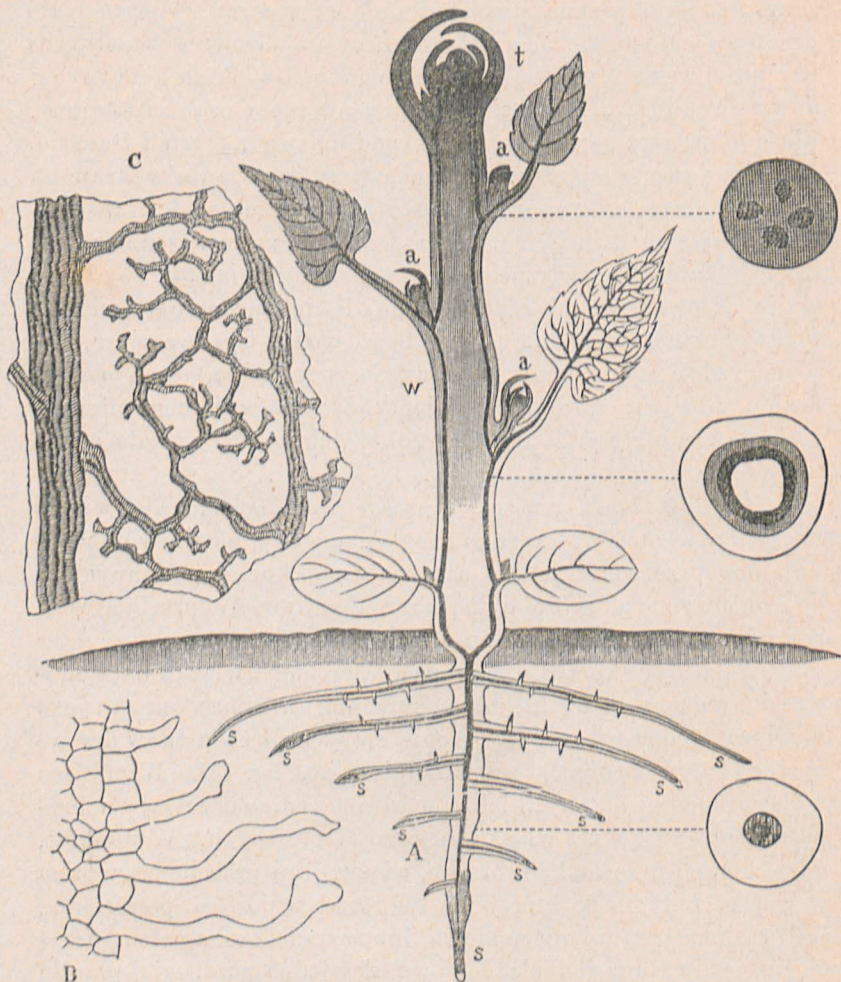


Fig. 24. Roślina z tkanką prowadzącą wodę.

A schemat rośliny dwuliściennej; linie czarne wykazują przebieg wiązek naczyniowych; zaczynają się one u wierzchołków każdego korzenia *s*, wznoszą się wzdłuż łodygi i wchodzą w liście, gdzie tworzą nerwy, rozgałęzione wielokrotnie; rozgałęzienia te są wystawione na rys. *C*, znacznie powiększone. Przecięcia poprzeczne różnych punktów obok rys. *A* wykazują, że wiązki naczyniowe tworzą w korzeniu walec środkowy, w łodydze zaś ułożone są w pierścień, który niżej tworzy próżny wewnątrz walec. W *B* odrysowane są włókniki jako punkty, w których zaczynają się przebiegające roślinne prądy wodne.

Na rys. A oznaczone są przez zacienowanie strefy wzrostu, punkt wegetacyjny wierzchołkowy korzenia w *s*, łodygi w *t*, pączków katowych w *a*; do miejsca w rośnię łodyga wraz z liśćmi.

pościera się na całej powierzchni liścia i zaopatruje w wodę każdy jej punkt; jeśli weźmiemy pod lupę małą częśćkę liścia, ujrzymy, że żyłki dzielą się na bardzo cienkie rozgałęzienia, które tworzą siocę, oplatającą zieloną masę tkanki liściowej; gdzieś gdzie kończą się one swobodnie w oczkach tej sioci (fig. 24 C.). Najcieńsze rozgałęzienia końcowe składają się z krótkich tracheid o ściankach węzownicowato lub siatkowato rzeźbionych. Wiązki naczyniowe znajdujemy również w częściach kwiatu i w owocach; wchodzą one tu przez szypułki i rozgałęziają się we wszystkich częściach tych organów; strąki, łuszczyzny i owoce soczyste mają szczególnie obfite wiązki naczyniowe. Wreszcie w sznurczku każdego zalążka znajdujemy małą wiązkę naczyniową. Rozwój wiązek naczyniowych czyli drewna zostaje zawsze w ścisłej zależności od ilości wody, której potrzebuje roślina. Tak w roślinach wodnych, bardzo słabo lub wcale nie wyziewających, znajdujemy słabo lub wcale nie rozwinięte drewno. Pomiędzy roślinami lądowymi soczyste, odznaczające się powolnym parowaniem, mają słabiej rozwinięte wiązki naczyniowe niż zwyczajne mocno parujące zioła; obfitemu wyziewaniu u drzew odpowiada obszerne ciało drzewne, zaopatrzone w niezliczone naczynia. Budowa drzew wymaga prócz tego osobliwego urządzenia, ażeby łączyć z sobą przewodzące tkanki liści i korzeni chłonnych corocznie na nowo się tworzących. Czynność tę pełnią odnawiające się corocznie warstwy drzewne. Wiązki naczyniowe gałązek tegorocznych ciągną się przez starsze gałęzie pień i korzenie, tworząc ostatni w ciągu bieżącego lata sformowany słoje roczny; w korzeniach dalszy ciąg ich stanowią wiązki naczyniowe nowo utworzonych korzeni chłonnych. Cała warstwa drzewa, utworzona w ciągu bieżącego lata, służy do komunikacji między korzeniami chłonnymi a wyziewającymi liśćmi; naczynia zaś pierścienia przeszlorocznego kończą się w bliznach po opadłych w ubiegłym roku liściach i pędach. W bliznach tych naczynia zatknięte są zasklepkami gumowemi lub zatyczkami (*Thyllen*). Słoje roczne z przed kilku lat zamieniają się na twardziel; naczynia tych słoików są również zatknięte i nie biorą żadnego udziału w prowadzeniu wody. Tylko młodsze słoje, stanowiące t. zw. biel, pełnią tę czynność; często zaś tylko naj-

młodsza warstwa bielu. Tkanka prowadząca wodę odnawia się więc w drzewach corocznie. Dla tego co wiosny, gdy rozwijają się liście, powstaje nowy pierścień drzewny w pniu i konarach; tworzące się wówczas *drewno wiosenne* różni się od utworzonego ku końcowi lata *jesiennego* większą ilością i szerokością naczyń, a *resp.* tracheid, gdyż prędko i jednocześnie rozwój liści wymaga znacznego dopływu wody.

Sily poruszające wodę. Podnoszenie wody w roślinach zależy od dwu sił rozmaitych; jedną jest *sila parcia* z dołu czyli *ciśnienie korzenia*, druga *ssąca siła*, wywierana przez wyziewające części.

Działanie pierwszej z tych sił ujawnia się w pospolicie znanem zjawisku *placzu roślin*, dającym się spostrzegać co wiosny na niektórych roślinach, jak winorośl, brzoza, grab i t. d. Jeśli w tym czasie nadeiść lub prześwidrować drewno w pniu lub gałęzi tych roślin, to z otworu płynie przez kilka dni bez przerwy sok wodnisty, wyciekający z drewna, przeważnie zaś z otwartych jego naczyń. Skoro tylko liście tych roślin rozwiną się zupełnie, placzu wywołać nie można. Można jednak otrzymać zjawisko podobne w każdym czasie podczas okresu wegetacyi i nie tylko w drzewach lecz również i w ziołach, nalewając na powierzchnię przecięcia zakorzenionej w ziemi części łodygi tyle wody, aby całe drewno nią przesiąkło. Skoro tylko to nastąpi, sok zaczyna płynąć wskutek ciśnienia korzeniowego. Wnosimy stąd, że zjawisko zwane placzem jest wynikiem zupełnego wypełnienia wodą próżni w drewnie i że wyciekanie soku w wymienionych wyżej drzewach następuje samo przez się na wiosnę dla tego jedynie, że czynność ich korzeni zaczyna się wcześniej i wypełnia całe drewno sokiem, zanim rozpocznie się parowanie, zależne od rozwoju liści; ostatnie bowiem odejmuje tyle wody drewnu, że wkrótce przestaje nią być całkowicie nasiąknięte. Sok, wyciekający podczas placzu, nie składa się nigdy z czystej wody, lecz zawiera niewielkie ilości rozpuszczonych wodań węgla, kwasów, ciał białkowych, asparaginy, amoniaku i substancyj nieorganicznych. Znajdują się przeważnie w podobnych sokach, jak to wykazuje ich słodki smak, różne gatunki cukrów; w soku klonu cukrowego ilość cukru dochodzi do 3,57%. Obecność tych ciał oraz zmienna zależnie od gatunku rośliny, czasu wyciekania i t. d. ich ilość nie powinna nas dziwić, albowiem soki te nie pochodzą wprost z ziemi, lecz jak ujrzymy

niżej wciskają się do naczyń z otaczających je komórek miąższowych. Płóś wypływającego z przeciętego pnia soku jest często bardzo znaczna i po krótkim czasie już przewyższa objętość korzenia ściętego drzewa; wynika ztąd oczywiście, że wypływającą wodę zastępuje wciąż nowa, doprowadzona przez korzeń z ziemi. Z pnia brzozy można otrzymać w ciągu dnia kilka litrów soku. Roślina pokrzywy (*Urtica urens*), której korzeń miał objętość 1450 cm^3 , wydzieliła w ciągu $2\frac{1}{2}$ dni 11260 cm^3 soku; psianka czarna (*Solanum nigrum*) o korzeniu 1900 cm^3 objętości wydzieliła w ciągu 3 dni 4275 cm^3 soku. Agawa wydziela w pierwszej dobie po ścięciu młodego głąbika kwiatowego 200—375 cali sześciennych soku, a przez cały czas trwania płaczu, t. j. przez 4—5 miesięcy, do 50000 cali sześciennych. We wszystkich roślinach sok wydziela się pod pewnym ciśnieniem, które nazwaliśmy ciśnieniem korzeniowym. Łatwo je ujawnić i zmierzyć. Jeżeli mianowicie na pniu ściętym umocujemy rurkę szklaną pionową, to sok podnosi się w niej do znacznej wysokości; nawet w ziołach wysokość ta może dojść do 2-u metrów lub więcej. Jeżeli zamiast prostej rurki użyjemy zgiętej na kształt manometru, to różnica poziomów rtęci w obu kolanach wskaże wielkość ciśnienia korzeniowego. Ciśnienie to podczas płaczu ma wielkość następującą: w winorośli 107 cm; w naparstnicy 46,1 w maku 21,2, w łobodzie ogrodowej (*Atriplex hortensis*) 6,5, w morwie białej 1,2 cm. Za pomocą tej metody przekonano się, że ciśnienie jest większe podczas wiosny i lata niż w sierpniu i wrześniu; spostrzeżono również istnienie okresu dziennego ciśnienia, którego maximum przypada wogóle w dzień, ale w różnych godzinach dla różnych gatunków; minimum zaś w nocy mniej więcej w 12 godzin po maximum; rośliny rosnące w ciemności nie wykazują peryodyczności dziennej. Przekonano się również, że obniżenie temperatury do kilku stopni ponad zerem zmniejsza ciśnienie korzeniowe; w podobny sposób oddziaływa i zbyt wysoka temperatura, również zbyt sucha suchość gruntu i znaczna koncentracja cieczy pożywnej. Wynikiem ciśnienia korzeniowego jest także występowanie kropel wody na roślinach nieuszkodzonych, daje się ono spostrzegać na końcach liści zbóż i innych traw, na końcach wycięć i ząbków liściowych wielu roślin dwuliścieniowych, zwłaszcza wtedy, gdy powietrze jest wilgotne i wyziewanie nieznaczne, a więc przeważnie w nocy lub na roślinach pokrytych kloszem. W miejscach wymienionych

gdzie występują te krople, znajdują się *szparki wodne* zaopatrzone w szeroką, niezamykającą się szparę. Przestrzeń, leżąca pod taką szparką, ograniczona jest przez małe komórki o cienkich ściankach, pod którymi kończy się wiązka naczyniowa; komórki te prawdopodobnie okazują bardzo mały opór przesączającej się wodzie.

Ze siłą sprawiąca owo ciśnienie ma siedlisko w korzeniu, dowodzą tego doświadczenia, w których rurkę manometru nasa-

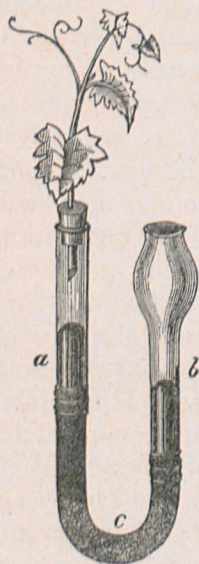


Fig. 25. Doświadczenie wykazujące siłę ssącą liści.

Rurki szklane *a* i *b* połączone są rurką kauczukową *c* i zawierają rtęć; nad *a* znajduje się woda. Różnica poziomów rtęci w *a* i *b* wykazuje miarę siły ssącej liści.

z liśćmi osadzamy szczelnie w jednym kolanku manometru, zawierającym wodę nad rtęcią (fig. 25). W miarę tego jak gałązka traci wodę przez wyziewanie, wciąga ona z rurki manometrycz-

dzamy na sam korzeń np. winorośli. Podnoszenie się wody w łodydze i występowanie kropli na liściach ustają natychmiast, jeżeli podetniemy korzeń. Dowodzi to jednak tylko, że dla podniesienia wody konieczna jest ciągłość układu naczyniowego ku dołowi. Wznoszenie się soku zależy prawdopodobnie od ciśnienia osmotycznego komórek otaczających naczynia, spowodowanego przez ich jędrność, a wyciskającego wodę w jednym kierunku, t. j. ku wnętrzu naczyń, dla tego, że w kierunku tym opór jest najmniejszy. Nie przemawia przeciw przypuszczeniu, że ciśnienie to oddziałuje na całym przebiegu naczyń w roślinie, a więc nie w samym tylko korzeniu, budowa bowiem naczyń i otaczających je komórek jest wszędzie jednakowa i jak się niżej pokaże, odpowiada wygłoszonemu tu przypuszczeniu. Jakoteż istotnie udaje się niekiedy wywołać wyciekanie soku w łodygach z odciętymi korzeniami chociaż w słabym stopniu, nie mniej jak i występowanie kropli wodnych na liściach.

Drugą siłą, powodującą ruch wody w roślinie, jest siła *ssąca* zależna od wyziewania liści. Obecność jej można udowodnić w sposób następujący: ściętą gałązkę

nej świeżą; następuje to z taką siłą, że rtęć zostaje podniesiona w tem kolanku na jakie 30 *cm* wyżej aniżeli w drugim. Toż samo daje się widzieć, jeśli wprawimy rurki manometryczne do ulistnionego pnia drzewa; siła ssąca dochodzi przytem do 76 *cm* ciśnienia rtęci. Jeżeli pocenie się ustaje lub liście zostają ścięte przerywa się i działanie siły ssącej. Ssanie to może być wywołane jedynie przez to, że komórki liścia, oddające wodę nazewnątrz przez parowanie, odbierają tyleż od niżej leżących komórek i wiązek naczyniowych, ile same straciły; przyciąganie zaś wody daje się wytłumaczyć za pomocą nasiąkania i osmozy. Wskutek osmozy naczynia na końcach wiązek naczyniowych oddają część swojej wody; tworzy się więc w nich przestrzeń, napełniona rozrzedzonym powietrzem lub nawet samą parą wodną pod słabem ciśnieniem, co powoduje we wszystkich leżących niżej naczyniach ssanie, podnoszące zawarte w nich słupki wodne. W taki sposób ruch wody przenosi się wstecz ku dółowi. Zgodne z tem jest spostrzeżenie, że powietrze w naczyniach jest rozrzedzone czyli znajduje się pod zmniejszonym ciśnieniem. Jeżeli mianowicie odciąć pod rtęcią lub pod cieczą zabarwioną ulistnioną gałązkę żywej rosnącej w ziemi rośliny, to ciecz wciska się w naczynia do wysokości 50—60 *cm*; również, jeżeli przystosujemy hermetycznie rurkę szklaną do świeżo ściętej gałązki i zanurzymy wolny jej koniec w wodzie, zauważymy, że woda w rurce podnosi się stopniowo. W zimie, gdy niema wyziewania, a zatem i siły ssącej, ciśnienie w naczyniach jest normalne. Zmniejszone ciśnienie w naczyniach tłumaczy nam następujące zjawiska: pędy ścięte w powietrzu, chociażby natychmiast zanurzone były do wody, więdną czasowo; uniknąć tego można przecinając je pod wodą. W pierwszym wypadku powietrze zewnętrzne, wchodząc do naczyń, zrównywa w nich ciśnienie z atmosferycznym i przez to usuwa chwilowo siłę ssącą; przy przecinaniu zaś pod wodą zamiast powietrza wciska się do naczyń woda. Ściętym gałązkom łatwo przywrócić świeżość, zanurzając je w ciepłej wodzie, gdyż ogrzane przez to powietrze w naczyniach rozszerza się i po oziębieniu, kurcząc się nanowo, zmniejsza ciśnienie; każde oziębienie rośliny powinno powiększać siłę ssącą, zmniejszając ciśnienie powietrza w naczyniach.

Mechanizm ruchu wody w drewnie. Niezagłębiając się w szczegóły budowy drewna łatwo zrozumieć, że dwie mogą być drogi, po których odbywa się ruch wody; każde drewno bowiem składa,

się z próżnych wewnątrz rurek i próżnych ściśle z sobą spojenych komórek o grubych ściankach. Innemi słowy drewno stanowi twardą, ale porowatą masę. Woda więc może się wznosić albo po próżniach rurek, albo po błonach wszystkich pierwiastków drzewnych. Istnieją dziś dwie teorye, z których każda opiera się na jednym z tych przypuszczeń. Jedna spoczywa na fakcie, że największą część objętości drewna stanowią błony i że błony zdrzewniałe obdarzone są w bardzo znacznym stopniu, zdolnością wchłaniania wody; według tej teoryi, t. zw. teoryi wsiąkania, prąd wody wznosi się po błonach nie zaś po próżniach, które mają być napelnione tylko powietrzem. Stanowczych dowodów jednak na korzyść tej teoryi nie przytoczono. Przeciwnie druga—głosząca, że woda wznosi się wewnątrz pierwiastków drzewnych, a więc po porach drewna, stała się dziś faktem dowiedzionym. Według poglądów rzeczników tej teoryi główna masa drewna, składająca się przeważnie z włókien drzewnych, służy tylko do wzmocnienia pnia; ta jej czynność była już wyżej opisana. Naczynia zaś i tracheidy, mające cieńsze ścianki, stanowią drogę, po której wznosi się sok. Za podstawę tego twierdzenia służą fakty następujące:

Nasamprzód naczynia i tracheidy stanowią jedyny organ, ciągnący się bez przerwy od korzeni do punktów, gdzie odbywa się parowanie. Tak części roślin, rosnące przy pomocy punktu wegetacyjnego podstawowego lub leżącego w środku, jak liście, szypułki i źdźbła traw, lodygi większej części jednoliścieniowych, nie zawierają wśród tkanki twórczej żadnych pierwiastków drzewnych oprócz naczyń, które łączą wiązki naczyniowe wyżej leżących wyziewających części rośliny z wiązkami części podziemnych; brakuje tu wcale komórek drzewnych grubościennych, które się wytwarzają zawsze tam, gdzie idzie o wzmocnienie rośliny.

Badając pod mikroskopem cienkie skrawki drewna, znajdujemy zawsze naczynia i tracheidy wypełnione powietrzem. Powietrze jednak dostaje się do wnętrza tych pierwiastków podczas robienia przecięcia. Jeżeli skrawki zrobione są pod wodą i nie są zbyt cienkie, łatwo się przekonać, że zawierają wodę w cewkach i tracheidach, której słupki przerywane są przez mniejsze lub większe bąbelki powietrza. Jeżeli nastrzykniemy kawałek drzewa, np. cisu, ponsowym roztworem cozyny i, zrobwszy skrawki podłużne, badać je będziemy w oliwie, przeko-

namy się, że tracheidy, z których wyłącznie składa się tu drewno, zawierają ciecz różową obok pęcherzyków powietrza; błony zaś ich zostają zupełnie bezbarwne, co służy za dowód, że ciecze poruszają się tylko w próżniach pierwiastków drzewnych. Można również dowieść za pomocą oznaczenia straty wagi i zmniejszenia się objętości przy wysychaniu drewna, że ilość wody na-

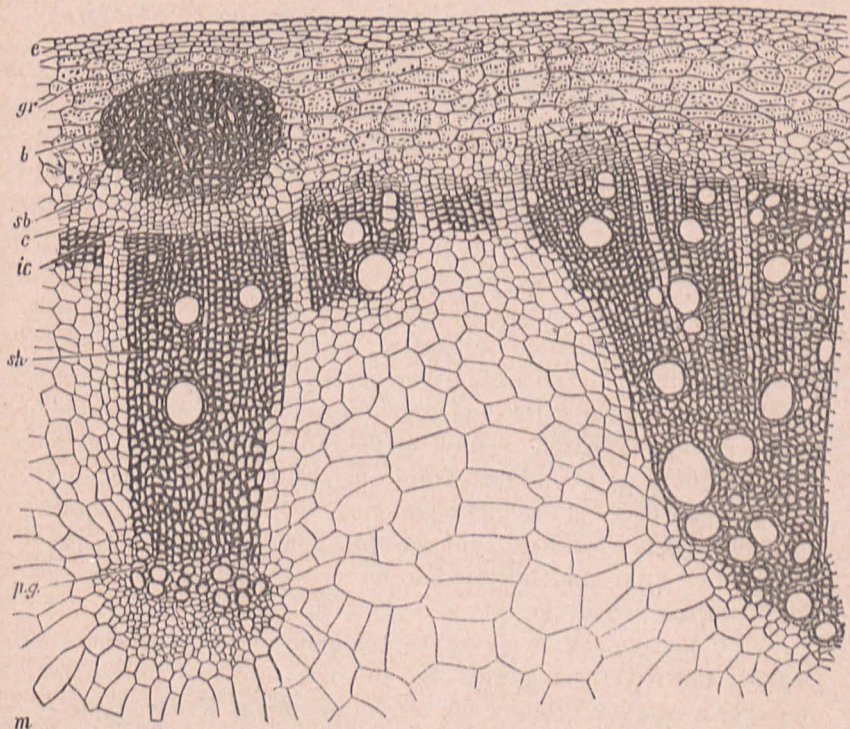


Fig. 26. Część przecięcia poprzecznego przez dojrzałą łodygę słonecznika. (Część fig. 8-ej znacznie powiększona).

Dają się tu widzieć niektóre z ułożonych w pierścieniach wiązek naczyniowych; utwory okrągłe większe są przeciętlami naczyń; ku wnętrzu znajdują się pierwsze powstające naczynia, t. zw. naczynia pierwszorzędowe *pg* (por. fig. 27), na zewnątrz od tych położone jest drewno właściwe, czyli drewno drugorzędowe *sh*, składające się z wązkie włókien drzewnych i z szerszych naczyń; *c*—miążga, powodująca wzrost łodygi na grubość; zamyka się ona w pierścieniach przez to, że komórki miąższu, leżące między włazkami naczyniowymi, dzieląc się wydają tkanekę tworzącą (miążga międzywłazkowa *ic*); *sb*—część łykowa wiązek naczyniowej; niektóre z wiązek tworzą gromady włókien łykowych *b*; *gr*—miąższ zielony, *e* naskórek; *m*—rdzeń.

siąkającej błony, jest mniejsza niż ta, którą zawiera istotnie świeże drewno. Wreszcie dowieść można prostem doświadczeniem, że drewno traci zdolność prowadzenia wody, skoro tylko zostaną zatknięte otwory, chociażby ciągłość błon pierwiastków drzewnych nie była przerwana. Jeżeli bowiem walec wycięty podłużnie z drzewa nasiąknie wodą do nasycenia, to przy nalaniu warstwy na górną powierzchnię woda przez drewno złatwością przesiąka i natychmiast z dolnej powierzchni spływa tyle cieczoży, ile nalane było na górną. Jeżeli jednak poprzednio powierzchnia ta zaciągnięta była kitem, to woda, nalana z góry, nie może być wytłoczona nawet pod ciśnieniem słupa rtęci przez boczne ściany walca; tylko robiąc uklucia igłą (przez co otwieramy boczne ścianki naczyń) udaje się wywołać wyciekanie wody. Jeżeli zatkamy wewnątrz naczyń, wstrzykując do drewna masło kakaowe lub żelatynę, traci ono zupełnie zdolność prowadzenia wody, chociaż błony zostają przytem bez zmiany. Gałązki, ścięte z drzewa i nastrożone w taki sposób, więdną bardzo prędko, gdy tymczasem nienastrożone zachowują świeżość przez czas długi. Jeżeli zrobimy nacięcia do połowy lodygi rośliny dwuliściennej z przeciwnych stron jedno nad drugim, przez co ciągłość rurek zostaje przerwana, to prąd wody ustaje, co poznajemy po prędkim więdnięciu rośliny, jeśli jednak przecięcia będą dość od siebie oddalone, roślina może zachować świeżość, gdyż wiązki naczyniowe przebiegają na dłuższej przestrzeni nieco ukośnie, tak że znaczna część rurek zachowuje całość pomimo przecięcia.

Po naczyniach więc czyli cewkach oraz po tracheidach wznosi się woda w roślinie. Są to rurki próżne pozbawione wszelkich żywych składowych części komórek; w odciętych gałązkach rośliny są one zwykle wypełnione powietrzem. Ciągłą się bez przerwy wzdłuż całej rośliny, są zaś tak wązkie, że tylko w rzadkich wypadkach gołym okiem widzialne są przecięcia ich jako drobne pory, np. w drewnie dębu. Są to więc w istocie bardzo cienkie rurki włoskowate zupełnie przydatne do podniesienia słupa wody. Narządy te powstają w sposób następujący. W najmłodszych częściach rośliny rozwijają się z tkanki tworczącej, tkanki stałe, a więc także i wiązki naczyniowe. Wiązki te składają się początkowo z wydłużonych komórek tkanki tworczącej, stanowiących t. zw. miazgę pierwotną (*procambium*). Stopniowo przestają one na składowe części wiązek naczynio-

wych. Każda cewka powstaje z szeregu komórek miazgi pierwotnej, leżących jedna nad drugą, przez to, że ich ścianki poprzecznie zostają rozpuszczone i wchłonięte razem z protoplazmą i soki komórkowym. Pozostające ścianki boczne wszystkich komórek jednego szeregu tworzą razem ściankę cewki. Przegrody poprzeczne albo znikają zupełnie, albo zostają tylko przedziurawione, w jednym lub kilku miejscach. Ścianki naczyń zostają zawsze cienkie w stosunku do ich szerokości; ale na stronie wewnętrznej powstają osobliwe zgrubienia wskutek miejscowego wzrostu błony. Zgrubienia te mają kształt pierścieni lub listewek wężownicowatych, drabinkowatych lub siatkowatych albo też występują w postaci kropek obwódkowanych (fig. 27). Fizjologiczne znaczenie tych zgrubień polega na tem, że zwiększają oporność ścianek naczynia i zabezpieczają je od splaszczania się wskutek ciśnienia otaczających tkanek. Obok tego daje się tu widzieć ważne bardzo dla czynności naczyń przystosowanie, mianowicie, zgrubienia te nie obejmują całej powierzchni ścianki naczyniowej, lecz pomiędzy miejscami zgrubiałemi zostaje ona zawsze bardzo cienką. Przez te liczne cienkie miejsca woda może się z łatwością przesączać i zostaje przez nie wciśnięta do wnętrza naczyń z komórek otaczających, co właśnie jest przyczyną t. zw. ciśnienia korzeniowego, powodującego ruch wody, o którym mowa była wyżej. Istotnie każde naczynie w roślinie otoczone jest wazkami, cienkościenne komórkami miąższowemi, zawierającemi sok komórkowy i szczególnie przydatnemi do wszelkich czynności osmotycznych (fig. 27). Godnem jest niemniej uwagi, że cieńsze miejsca ścianek naczyniowych odpowiadają ściśle punktom zetknięcia z sąsiednimi komórkami miąższowemi, jak to się pokazuje szczególnie na naczyniach drabinkowych i siatkowych. Są to właśnie miejsca, przez które woda się przeciska. Nie samo więc tylko naczynie lecz i otaczające je komórki miąższowe stanowią razem przyrząd, wytwarzający ciśnienie wody w roślinach. Ruch ten podtrzymuje się wciąż przez czynność korzeni chłonnych; komórki bowiem, otaczające naczynia, otrzymują coraz to nowe ilości wody z miąższu korowego korzenia, do którego dopływa ona przez naskórek i włosniki. Łatwa przepuszczalność cienkich miejsc ścianek naczyniowych pozwala i na odwrotny ruch wody, z naczyń do komórek miąższu, jeśli zawartość wody w ostatnich nie jest wystarczająca, jak to ma miejsce w częściach bardziej od korzeni odległych. Gdy więc

woda zostanie podniesiona do pewnej wysokości, bądź wskutek ciśnienia z dołu, bądź wskutek siły ssącej liści, może ona być wchłonięta przez znajdujące się tu komórki miąższowe, drogą osmozy dostać się do komórek wyżej leżących i wskutek ciśnie-

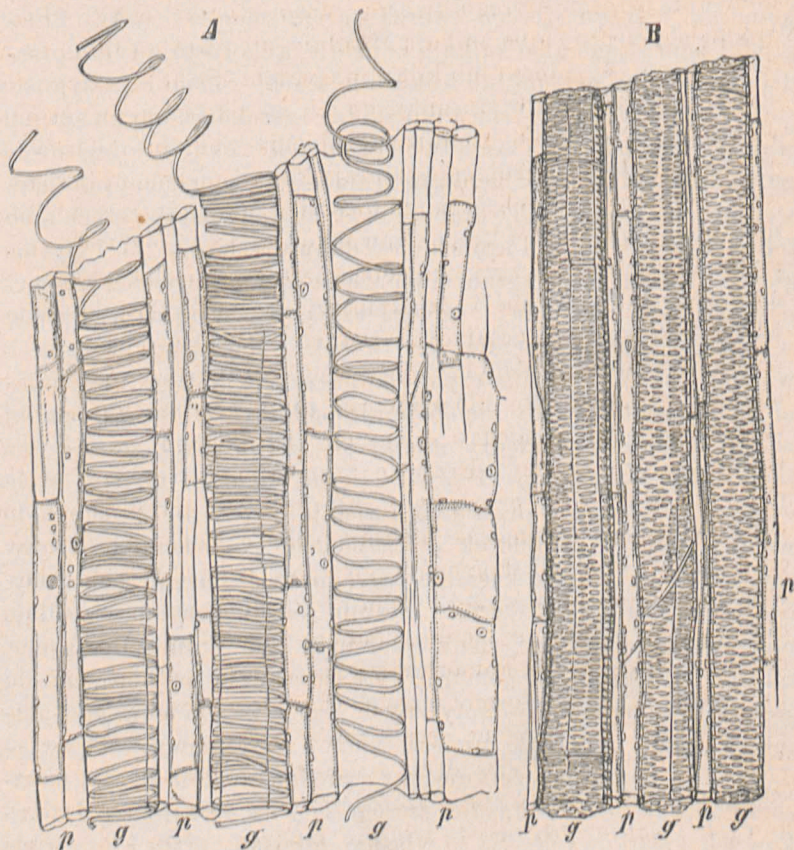


Fig. 27. Naczynia z łodygi słonecznika w przecięciu podłużnem.

A. Naczyniami pierwotnymi (*pg* na fig. 26) są tu cewki wężownicowate (*g*); na końcu preparatu zgrubienie wężownicowe, wzmacniające ściankę naczyniową z wewnątrz, zostało oderwane i rozwinięte przy preparowaniu. Naczynia otoczone są komórkami miąższowymi (*p*), zawierającymi protoplazmę, jądro i przestrzeń sokową. Z tych komórek wyciska się woda do cewki.

B. Naczynia kropkowane (*g*) z części drewna drugorzędowego (*sh* na fig. 26). Zgrubiałe ich ścianki zaopatrzone są w kropki, t. j. miejsca cienkie, ułatwiające wyciskanie wody do ich wnętrza z otaczających je komórek miąższowych (*p*).

nia przez nie wywartego wstąpić na powrót do naczyń w wyżej leżącym punkcie. W taki sposób może być ułatwione podnoszenie się wody w cewkach. Przeciwnie przypuszczenie, że woda podnosi się w nich wskutek włoskowatości, nie da się uzasadnić. Wznoszenie się bowiem cieczy w rurkach włoskowatych możliwe jest jedynie wtedy, gdy ciecz stanowi słup nieprzerwany. Jeśli natomiast słup cieczy przerywa się pęcherzykami powietrza, powstaje tak zwany *łańcuch Jamina*, który, jak uczy fizyka, okazuje ogromny opór działaniu włoskowatości. Wiadomo zaś, że w naczyniach roślin woda tworzy istotnie łańcuch Jamina; proste bowiem spostrzeżenie wykazuje, że słup wody w naczyniach przerwany jest przez liczne pęcherzyki powietrza, których obecność da się wytłumaczyć po części przez czynność ssącą liści, po części przez wyżej podany sposób podnoszenia się wody. Włoskowatość więc naczyń ma znaczenie siły, utrzymującej słup wody, nie zaś podnoszącej go, powstające bowiem łańcuchy Jamina przyczyniają się do utrzymania słupków cieczy na wysokości dowolnej, do której je inne siły podniosły, tak że ciężar ich nie wywiera ciśnienia na niżej leżące słupki i nie dodaje się do nich.

Cewka, otoczona komórkami miąższowemi osmotycznie czynnymi, stanowi typ, według którego zbudowane są tkanki, prowadzące wodę w rozmaitych roślinach. W największej części ziół, a zwłaszcza tam, gdzie do wzmocnienia rośliny służą nie drzewne lecz łykowe twory, jak u wielu jednoliścieniowych (fig. 10), a nawet w bardzo młodych pędach drzew, gdzie drewno nie jest jeszcze wytworzone, wiązka naczyniowa składa się z gromadki naczyń, otoczonych warstwą, często bardzo rozwiniętą, soczystych komórek miąższu. W bardzo jeszcze młodych organach, skoro tylko daje się czuć potrzeba wody, ukazują się pierwsze naczynia, które są zawsze wężownicowemi lub pierścieniowemi. Łatwo zrozumieć celowość tego porządku powstawania naczyń. Naczynia wężownicowe i pierścieniowe powstają bowiem w tych częściach roślin, które jeszcze rosną. Ponieważ podczas wzrostu naczynia muszą się także wydłużać, co byłoby niemożliwe, gdyby były zaopatrzone w inne rodzaje zgrubienia, i ponieważ naczynie potrzebuje jakiegokolwiek bądź formy zgrubienia dla wzmocnienia ścianek swoich, więc najwłaściwszą dla rosnących części formą zgrubienia jest pierścieniowa lub wężownicowata; przy wydłużaniu się rurki w pierwszej zwiększają

się tylko odległości między pojedynczemi pierścieniami w drugiej rozciąga się węzownica. Cienkie więc części ścianek cazyńowych, utworzone z błon sąsiednich komórek miąższu, mogą wyrastać wraz z ostatnimi na długość. Dopiero wtedy gdy wzrost na długość jest ukończony, w wiązce ukazują się naczynia siatkowate, drabinkowe i kropkowane t. j. zaopatrzone w formy zgrubień, niedopuszczające dalszego wydłużania się rurki.

Drewno drugorzędowe krzewów i drzew dwuliścieniowych, tworzące walec przeznaczony do wzmocnienia mechanicznego a powstający ze zlania się początkowo odosobnionych wiązek naczyniowych, składa się przeważnie z włókien drzewnych, któreśmy poznali wyżej jako pierwiastki mechaniczne. Lecz i tu drewno drugorzędowe, do którego corocznie przybywa nowy słój, zawiera liczne naczynia bądź rozrzucone, bądź skupione w gromadki szczególniej obfite i szerokie w drewnie wiosennem każdego pierścienia (fig. 7 e i 26). Naczynia te są zawsze kropkowane i otoczone również komórkami miąższowemi, których powierzchni zetknięcia odpowiadają położeniu kropek w naczyniu (fig. 27 B.). Komórki te i tu także funkcyonują jako aparaty ssąco-czołozące przy ruchu wody, mają ścianki zdrzewniałe i nazywają się *miąższem drzewnym*. Tworzą one wiązki większe lub mniejsze, przebiegające w drewnie wzdłuż i obok naczyń. Mają one prócz tego inne przeznaczenie, służą bowiem za skład dla mączki podczas zimy.

Rośliny iglaste nie zawierają naczyń w drewnie drugorzędowem; tylko w pierwotnych wiązках młodych pędów znajdujemy naczynia pierścieniowe i węzownicowe. Drewno zaś składa się wyłącznie z jednostajnych włókien, czyli tracheid. Włókna te są tak zbudowane, że służą zarazem do dwu czynności, które w drzewach liściastych przypadają w udziale dwóm organom rozmaitym, t. j. prowadzą wodę i wzmacniają roślinę. W wielu drzewach liściastych znajdujemy również tracheidy, które tu służą za przewodniki wody narówni z naczyniami; w drzewach iglastych wyłącznie one wykonywają tę czynność i mają charakterystyczną budowę. Błony ich są dość grube, aby mogły służyć do wzmocnienia rośliny, nie tyle jednak jak we włóknach drzewnych właściwych, tak iż pozostawiają dość znaczną przestrzeń wewnętrzną; tylko tracheidy, utworzone w jesieni, są wązkie i mają ścianki grubsze. Ścianki boczne, leżące w kierunku promieni, zaopatrzone są w tak

zwane *jamki lejkowate*; kropki dwu sąsiednich tracheid umieszczone są tak, że ściśle sobie odpowiadają, przez co ułatwiona jest komunikacja między nimi (fig. 28).

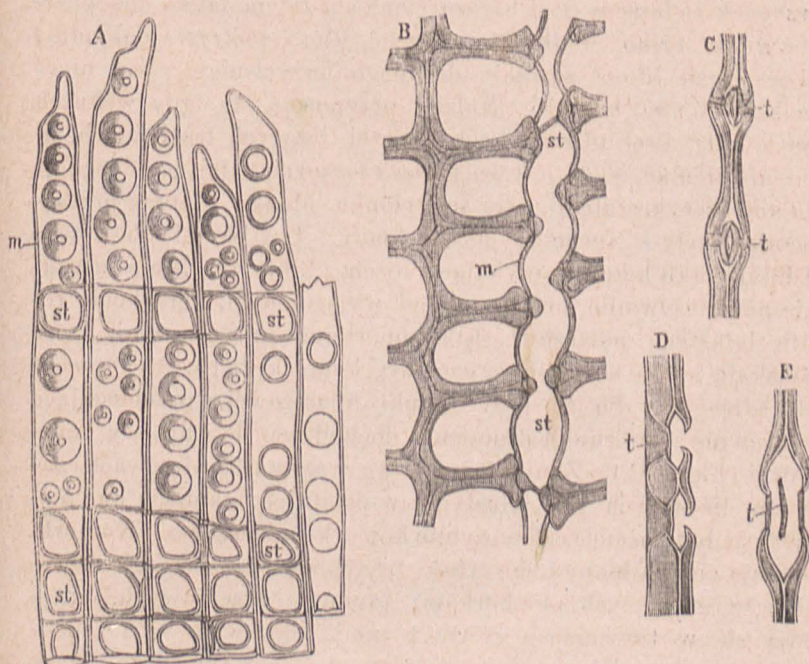


Fig. 28. Tracheidy z drewna sosny.

A. Przecięcie podłużne przez środek drewna. Tracheidy, których końce widzimy u góry, mają na ściankach prostopadłych do obwodu jamki lejkowate *st*, *st* komórki promieni rdzeniowych, przebiegających w kierunku poziomym między tracheidami. 300 razy powiększone.

B. Część przecięcia poprzecznego przez drewno; kilka tracheid, stykających się z promieniem rdzeniowym *st* każda z nich ma w miejscu zetknięcia po jednej wielkiej jamce lejkowatej jednostronnej; ze strony komórki promienia rdzeniowego nie ma sklepienia, tylko cienka błona tych komórek służy za błonę zamykającą; 350 razy powiększone.

C. Obustronne jamki lejkowate łączące tracheidy w przecięciu podłużnym; w środku daje się widać błonę zamykającą, której zgrubienie środkowe wory krążek (*torus*) *t*; pow. 570 razy.

D. Podobne przecięcie drewna świerku; krążek przyciśnięty jest do ujścia kropki jak kłapa; 600 razy powiększone.

E. Toż samo u sosny; krążek leży w środku jamki lejkowatej.

Do wnętrza każdej tracheidy otwiera się ujście jamki lejkowatej, lecz w środku tej jamki znajduje się cienka błonka pierwotna, wspólna obu tracheidom, stanowiąca błonę rozdzielającą dwie połowy jamki. Błona ta nie jest zdrzewniała i po brzegach zwłaszcza jest bardzo cienka a zatem łatwo przepuszcza wodę; tylko środkowa jej część, która pokrywa dokładnie ujście, jeśli błona zostanie do niego przycisnięta, jest nieco grubsza (t. zw. krążek). Należy przypuścić, że, gdy wskutek ssącej siły liści utworzy się w wyżej leżących tracheidach ciśnienie ujemne, woda jest wciągana z leżących niżej, przebiegając liniami wężykowatemi; przy tem cienka błonka ułatwia przesączanie wody z tracheidy do tracheidy. Czy błonki obok tego działają jako kłapy zamykające ujścia i jakie znaczenie ma takie przystosowanie, nie jest dotąd wyjaśnionem. Tracheidy roślin iglastych połączone są z komórkami miąższowemi, które wciskają w nie wodę drogą osmozy; komórki te tworzą *promienie rdzeniowe*. Są to pasy tkanki miąższowej, przebiegające w drewnie w kierunku promieni i dochodzące do warstwy miazgowej (Fig. 7 C.). Znajdujemy je we wszystkich drzewach zarówno liściastych jak iglastych; w ostatnich stanowią one niekiedy jedyne osmotycznie czynne komórki miąższowe. Komórki te mają cienką błonę i zawartość protoplazmatyczną. Na ściankach, graniczących z komórkami promieni rdzeniowych, znajdują się w tracheidach również jamki lejkowate lecz jednostronne, t. j. lejek znajduje się tylko od strony tracheidy i łączy się z nią ujściem; błonę zaś zamykającą tworzy cienka błona komórek promieni rdzeniowych (fig. 28 B); przez tę błonę przesącza się prawdopodobnie woda z promieni rdzeniowych do tracheid. Prócz tego promienie rdzeniowe służą do przechowania nagromadzonych materyałów zapasowych w ciągu zimy.

Część drewna, którą zowiemy *twardzielą* nie bierze żadnego lub bardzo mały udział w prowadzeniu wody; czynność tę wykowa wyłącznie *biel*. Stanowią ją najmłodsze pierścienie roczne, leżące najbliżej miazgi i odznaczające się jaśniejszą barwą; wewnątrzna część ciała drzewnego, od tamtej wyróżniająca się ciemniejszą barwą, stanowi *twardziel*. Jeśli podpiłujemy naokoło biel, to korona drzewa wkrótce zwiednie. Niezdatność twardzieli do prowadzenia wody tłumaczy się łatwo odbywającemi się w niej zmianami anatomicznemi; przeistoczeniu bieli na twardziel towarzyszy zwykle zatykanie wnętrza naczyń i tracheid

co czyni je nieprzepuszczalnymi dla wody. Zatykanie odbywa się w sposób dwojaki. W jednych drzewach wysąca się ze ścianek naczyń, prawdopodobnie przy współudziale otaczającego miąższu, gęsta masa gumowa, która nagromadza się w naczyniach, tworząc zasklepki. W innych znów naczynia zamykają t. zw. *zatycki*. Są to komórki, tworzące się wewnątrz naczyń i zamykające je zupełnie. Powstają one z miąższu otaczającego naczynia; błony jego komórek zamykające kropki rozrastają się nagle, wciskają się do wnętrza naczynia i tworzą tam wielkie pęcherze, rosące aż do zetknięcia się z podobnemiż pęcherzami z przeciwnej strony. Ograniczenie ruchu wody do bieli zostaje także w związku i z wyżej pomienionym stosunkiem młodych liści do ostatniego pierścienia rocznego.

ROZDZIAŁ II.

Materyały pożywne.

Wszystkie ciała, których obecność jest konieczna, aby roślina przy innych warunkach sprzyjających, rozwijała się normalnie, nazywamy jej *pożywieniem*. Nasamprzód powinniśmy zbadać, jakie należą tu pierwiastki chemiczne. Odpowiedzi na to pytanie nie daje nam sama analiza rośliny, gdyż z pierwiastków, w niej zawartych, niektóre mogły być zupełnie zbyteczne i tylko dlatego się w niej znalazły, że były przypadkowo połączone z właściwymi materyałami pokarmowemi w gruncie, z którego roślina ciągnęła żywienie. Odróżnienie więc istotnych materyałów pożywnych wymaga bliższego roztrząsania lub też odpowiednich doświadczeń. Naturalnie, że takie pierwiastki jak węgiel, wodór, tlen i azot winniśmy uważać za niezbędne dla rośliny, wchodzą one bowiem w skład związków organicznych, t. j. właściwych ciał roślinnych, bez których niemożliwe jest jej istnienie. Co zaś dotyczy innych pierwiastków, które analiza chemiczna wykrywa w popiele roślin, to niezbędności ich dla rośliny nie można dowieść na drodze teoretycznej; tylko doświadczenie może odpowiedzieć na to pytanie. Posługujemy się ku temu przeważnie tak zwanymi *hodowlami wodnemi*, w których zamiast gruntu służy woda, zawierająca w roztworze różne dowolnie wybrane części składowe popiołu. Można je zastąpić *hodowlą w piasku*. Używamy do tego naczyń napełnionych białym przepalo-

nym i dobrze wymyтым piaskiem kwarcowym, który polewamy rozmaitemi roztworami soli pożywnych w wodzie. Biorąc substancje chemicznie czyste, można w ten sposób wyłączać pojedyncze pierwiastki, wchodzące w skład popiołu, pozostawiając wszystkie inne. Jeżeli przytem robimy próby równoległe z ciecżą, zawierającą wykluczony pierwiastek, to możemy z wyniku doświadczenia wnosić, jakie ma on znaczenie dla rośliny. Jeżeli w obu hodowlach rośliny rozwijają się jednakowo, pierwiastek wykluczony nie jest dla nich niezbędnym; jeśli przeciwnie w ciecży, pozbawionej jego, roślina rozwija się zawsze nie normalnie lub hodowla nie udaje się wcale, wnosimy ztąd, że obecność jego niezbędna jest do jej życia. Za pomocą podobnych doświadczeń szereg niezbędnych do życia rośliny pierwiastków ograniczono do dziesięciu: węgiel, wodór, tlen, azot, siarka, fosfor, potas, wapień, magnez, żelazo. Zostaje nierozstrzygnięciem, czy nie należy do ich liczby jeszcze i chlor; co zaś dotyczy krzemu, który niewątpliwie jest zbyt liczny dla wielu roślin, niewiadomo czy nie jest niezbędnym dla niektórych. Jedynie grzyby stanowią wyjątek pod tym względem, że mogą się obejść bez niektórych z wymienionych tu pierwiastków, lub też mogą je zastąpić przez inne pokrewne o czem mowa będzie niżej.

Z pojęcia niezbędności wynika, że jeżeli w gruncie brakuje chociażby jednego z pierwiastków w ten sposób oznaczonych, lub jeśli pierwiastek ten znajduje się w połączeniu niewłaściwym, rozwój rośliny nie może być pomyślny, chociażby inne materiały pożywne dostarczone były w obfitości. Również jest łatwem do zrozumienia, że do pomyślnego rozwoju rośliny koniecznem jest, aby wszystkie wymienione materiały pożywne znajdowały się w ilości wystarczającej. Innemi słowy część składowa pokarmu, znajdująca się w gruncie w ilości najmniejszej, może wpływać o tyle wyłącznie na rozwój rośliny, że przez samo zwiększenie jej ilości w gruncie, można utrzymywać hodowlę odpowiedniej rośliny, dopóki składnik wspomniany nie przestanie stanowić minimum w szeregu innych materiałów spożywczych (*Prawo minimum*).

Jednem z ważnych zagadnień nauki o odżywianiu jest zbadanie związków, w jakich mogą rośliny przyjmować potrzebne do odżywiania pierwiastki, czyli poznanie wartości pożywnej rozmaitych form, w których materiały pokarmowe mogą się dostać do rośliny. Z wymienionych wyżej pierwiastków tylko

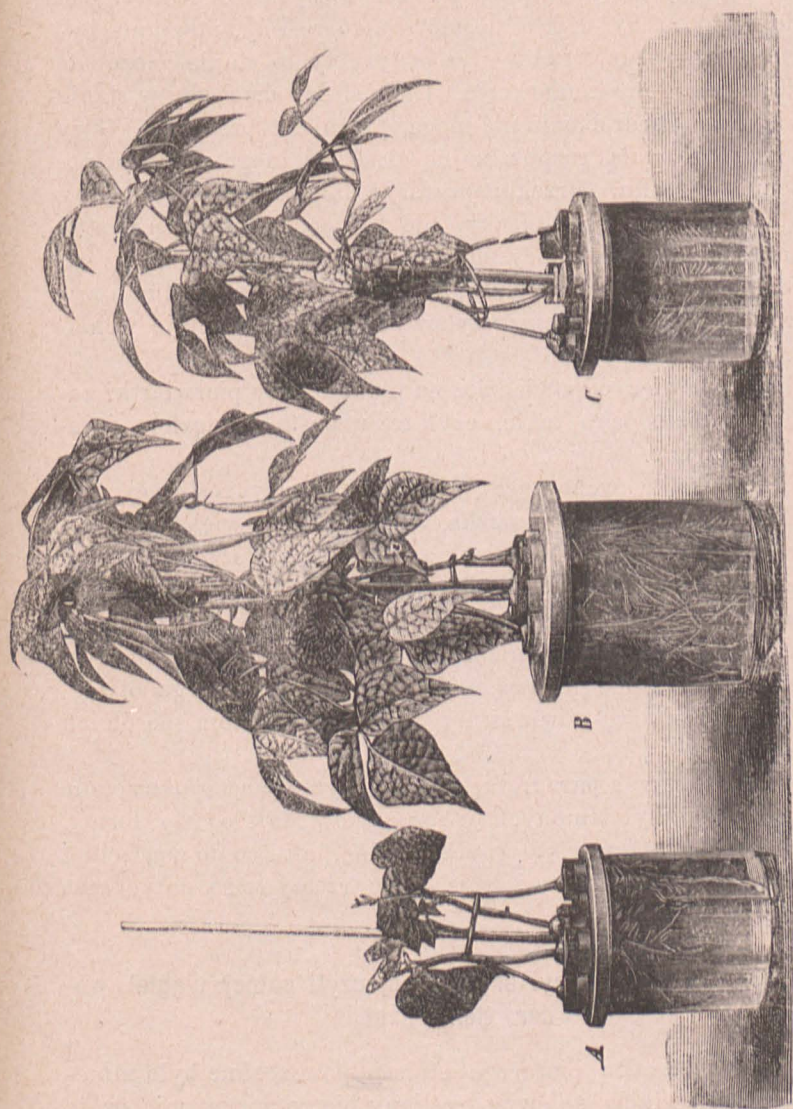


Fig. 29. Hodowle wodne.

Fasola, rosnąca w cieczy normalnej, t. j. zawierającej wszystkie sole pożywne, ale *A* bez azotu, w *B* z azotanami, w *C* z solą amoniakalną. Według fotografii zdjętej z natury.

tlen i azot spotykają się w przyrodzie w stanie wolnym, oba te ciała znajdują się również i w postaci związków chemicznych. Każde ciało ażeby mogło dostać się do rośliny, powinno być w stanie cieczy lub gazu, gdyż w tym tylko stanie może ono przejść przez błony komórkowe. Ciała stałe, chociażby w stanie największego rozdrobienia nie mogą przenikać przez nie. Gazy więc tylko lub ciała rozpuszczalne w wodzie mogą służyć za pożywienie dla roślin. Przekonamy się jednak wkrótce, że rośliny mają zdolność przeprowadzania niektórych ciał stałych w stan rozpuszczalny przy pomocy substancyj, wydzielanych przez odpowiednie organy (jak włósniki, gruczolki trawiące roślin owa-
dożernych, grzybnie wielu grzybów) i w takim stanie je wchłaniać.

Należy więc odpowiedzieć na pytanie, czy pierwiastki zostają wchłonięte jako takie, czyli też w postaci związków i jakich mianowicie.

Pierwiastki, wchodząco w skład substancji roślinnej, t. j. węgiel, wodór, tlen, azot i siarka, dostają się do większej części roślin w postaci związków nieorganicznych, zawsze zaś w innej formie niż znajdują się w roślinie. Części zatem pokarmowe, zawierające te pierwiastki, muszą ulegać rozkładowi i przerobowi chemicznemu, ażeby się zamieniły na substancje roślinne. Sprawy te nazywamy wogóle *przyswajaniem*, i, rozpatrując 5 organotwórczych pierwiastków, powinniśmy rozważyć zarazem sposób ich przyswajania.

W następnych paragrafach rozpatrzemy więc poszczegóło każdy z wyżej wymienionych pierwiastków, tak co do formy, w jakiej może być przyjęty przez roślinę, jak i co do znaczenia, jakie ma dla jej budowy i życia, o ile rzeczy te są dotychczas znane.

1. Pierwiastki substancji organicznej czyli palnej: węgiel, wodór, tlen i azot.

Aż do początku bieżącego stulecia powszechne było mniemanie przyrodników, że świat roślinny bierze pożywienie swoje wyłącznie z ziemi; że odbudowuje się nanowo ze zwłok i odpadlin świata zmarłego, stanowiących substancje organiczne próchnicy i gnoju. Przyczyną tego poglądu była po części niedokładna znajomość pierwiastków, wchodzących w skład rozmaitych

ciał, powietrza i wody. Dopiero odkrycie *Saussura* w roku 1804, że rośliny zielone pochłaniają dwutlenek węgla z powietrza i przetwarzają go na substancją organiczną, wydzielając tlen, utworowało drogę poglądowi, że właśnie przeciwnie—pożywienie roślin stanowią raczej ostatecznie produkty rozkładu ciał organicznych, które już przybrały postać związków nieorganicznych, jak dwutlenek węgla, woda, amoniak i kwas azotny, a nawet wolny azot; co do tego ostatniego, to udziału jego przyżywieniu roślin dowiedziono dopiero ostatecznymi czasami. Naturalnym ztąd wynikiem było przypuszczenie, że ciała ograniczone nie służą bezpośrednio do pożywienia roślin. *Saussure* przypuszczał wprawdzie, że oprócz dwutlenku węgla dostarcza roślinom węgla i próchnica (humus), ziemia ze stanowiska gospodarskiego. *Thaer* rozwinął tak zwaną humusową teorię i nadał jej wziętość. Rzecznikiem przeciwnego poglądu był *Liebig*, który dowodził, że dwutlenek węgla, woda, amoniak i kwas azotny stanowią właściwy pokarm roślin; ciała zaś organiczne, a zwłaszcza próchnica, o tyle tylko mają znaczenie dla odżywiania roślin, o ile przy rozkładzie swoim zamieniają się w wymienione związki. Fiziologowie skłaniali się także mniej lub więcej stanowczo ku teorii *Liebiga*, zwłaszcza od czasu, gdy przy pomocy hodowli wodnych udało się dowieść, że rośliny mogą wytwarzać składowe części swoje z samych substancyj nieorganicznych. Jednakże już wówczas było rzeczą znaną, że wszystkie rośliny, nie zawierające zieleni, jak np. grzyby i pozbawione chlorofilu pasorzyty jawnokwiatowe, nie mogą czerpać potrzebnego im węgla z dwutlenku węgla, lecz potrzebują koniecznie dla pożywienia substancyj organicznych. Później, a zwłaszcza w najnowszym czasie, dowiedziono, że i zielone rośliny mogą korzystać z pożywienia organicznego a nawet, że żywienie to jest dla niektórych z nich konieczne. Powracamy więc po części do dawnej teorii humusowej, przyznając jej słuszość częściową, jak się to niżej pokaże.

I. Dwutlenek węgla i woda, jako żywienie roślin, zawierających chlorofil.

Komórki, zawierające chlorofil, w obecności światła wykazują energiczne przyswajanie dwutlenku węgla i wody. Sprawa ta przemiany dwutlenku węgla i wody na substancją organiczną wystarcza do zapewnienia roślinie całkowitej ilości węgla, jaka jest potrzebna do jej rozwoju i wytworzenia nasion. Ciała

te więc są prawdziwemi materyałami pożywnemi roślin; znajdują się też oba w przyrodzie wszędzie; a zwłaszcza dwutlenek węgla w stanie gazu stanowi część składową atmosfery (w ilości zmiennej między 0,04 a 0,06 pct.) a rozpuszczony znajduje się we wszystkich wodach gruntowych. Za dowód, że rośliny mogą się odżywiać samym dwutlenkiem węgla służą fakty następujące:

- 1) Roślina hodowana z nasienia w wodzie, zawierającej sole pożywne lub w piasku przepalonym, jakkolwiek pozbawioną jest wszelkich innych źródeł węgla prócz dwutlenku węgla zawartego w powietrzu, rozwija się bardzo pomyślnie, jeśli inne warunki są przyjazne. Wydaje ona obfite nasiona, a ilość węgla w plonie przewyższa wielokrotnie ilość jego w nasieniu (p. fig. 29). Doświadczenia podobne robić można ze zbożami, gryką, fasolą, grochem itd., a nawet z rozmaitemi drzewkami.
- 2) Każdy grunt, na którym rośnie cokolwiek, wzbogaca się w próchnicę, t. j. substancje organiczne, zawierające węgiel, a pochodzące z roślin. Każdy grunt, który się początkowo składał tylko z ciał mineralnych, otrzymuje wogóle całą ilość próchnicy z rosnących na nim roślin; obfite nagromadzenia węgla i substancyj humusowych, jakie zawierają pokłady węgla i torfu, powstały również z roślin. Grunty wzbogacają się w próchnicę nawet wtedy, gdy przeważną część roślin zbioramy w postaci żniwa i zostawiamy tylko korzenie i ściernie. Zjawisko to byłoby niemożliwe, gdyby rośliny żywiły się wciąż tą samą próchnicą i nie wyrabiały jej z zawartego w powietrzu dwutlenku węgla.
- 3) Można przekonać się doświadczalnie, że zielone części rośliny, stojące na świetle w zamkniętem naczyniu, pochłaniają wszystek dwutlenek węgla z powietrza, a natomiast wzbogacają je w tlen. Ten ostatni pochodzi z dwutlenku węgla, który rozkłada się w roślinie tak, że węgiel zostaje, tlen zaś ulatnia się. Jeśli rośliny wodne lub części zielone roślin lądowych zanurzymy w wodzie i wystawimy na światło słoneczne, to dostrzeżemy wydzielające się (a zwłaszcza w miejscach przecięcia) bąbelki gazu; gaz ten możemy zebrać i zbadać, przyczem przekonamy się, że składa się on z czystego prawie tlenu z niewielką domieszką azotu. Azot pochodzi z powietrza, wchłoniętego z wody przez roślinę i wydzielonego razem z tlenem. Jeśli liście zielone roślin lądowych umieścimy w naczyniu zawierającym mieszaninę gazów zupełnie nie zawierającą tlenu, np. mieszaninę wodoru i dwutlenku węgla, to czule odczynniki wykażą natychmiast

obecność tlenu, skoro tylko wystawimy naczynie na światło. Rośliny więc lądowe wchłaniają znajdujący się w powietrzu dwutlenek węgla a rośliny wodne użytkują jako pożywienie dwutlenek węgla oraz węglany, rozpuszczone w wodzie.

Opisana tu wymiana gazów odbywająca się pomiędzy każdą zieloną rośliną i jej otoczeniem, a którą nazywamy *przyswajaniem dwutlenku węgla*, jest więc sprawą odżywiania, wzbogacającą roślinę w węgiel. Zupełnie inna wymiana gazów, odbywa się obok tego między rośliną a jej otoczeniem; jest to pochłanianie tlenu i wydzielanie dwutlenku węgla, które nazywamy *oddychaniem*. Sprawa ta jest zupełnie podobna do odbywającej się w organizmie zwierząt. Ponieważ nie należy ona do odżywiania więc ją tu pomijamy. Wspomnieć tylko wypada, że oddychanie odbywa się we wszystkich częściach roślin, niezależnie od tego czy zawierają one chlorofil lub nie, czy są wystawione na światło lub zostają w ciemności. Jestto sprawa ogólna życiowa, której nie można obserwować na częściach zielonych, w obecności światła gdyż wtedy ma nad nią przewagę odwrotna sprawa przyswajania dwutlenku węgla, ale łatwo ją uwidocznili w tych częściach rośliny, jeżeli je umieścimy w ciemności to jest w warunkach, w których przyswajanie nie ma miejsca.

Własność przyswajania dwutlenku węgla wyróżnia rośliny zawierające chlorofil od wszystkich innych organizmów, a zwłaszcza od świata zwierzęcego i roślin pozbawionych zieleni. Wszystkie takie organizmy pochłaniają tlen i wydzielają dwutlenek węgla. Oba królestwa uzupełniają się w ten sposób nawzajem, albowiem żadne z nich nie jest zdolne do istnienia bez drugiego; krążenie ustawiczne tlenu i dwutlenku węgla pomiędzy roślinami a zwierzętami utrzymuje jednorodny skład powietrza.

Organem, przetwarzającym w roślinie dwutlenek węgla i wodę na materiały organiczne, jest protoplazma, połączona z *chlorofilem*. Jestto barwnik nadający roślinom kolor zielony. Barwnik ten, w połączeniu z osobliwymi utworami protoplazmatycznymi, stanowi *ziarnka chlorofilowe*. Są te okrągłe ciała, postaci raczej krążków niż ziarenek, zanurzone w protoplazmie powlekającej ścianki komórki a każde ziarnko zwrócone jest szeroką powierzchnią ku światłu, tak aby przejąć jaknajwięcej promieni (fig. 30). Widzieliśmy już, że ciała chlorofilowe mogą zmieniać położenie swoje stosownie do oświetlenia. Tylko niektóre wo-

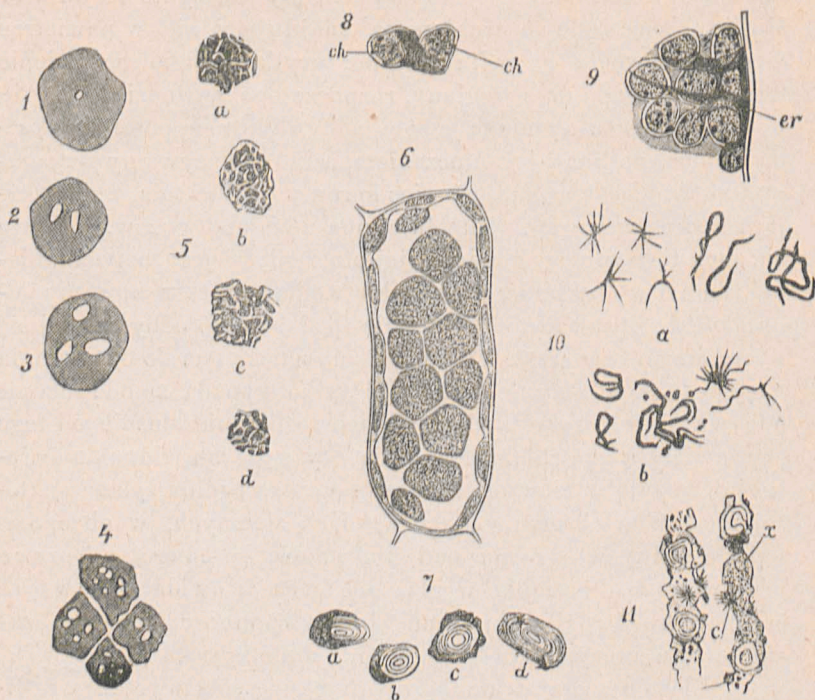


Fig. 30. Ziarnka chlorofilowe.

Ziarnka chlorofilowe tworzą w komórkach jedną warstwę; nie stykają się one z sobą jak to widać na fig. 6-ej. Bezbarwna substancja zasadnicza czyli ciało protoplazmatyczne każdego ziarnka przy silnem powiększeniu wykazuje budowę gąbczastą, co widać na fig. 5 a—d, na niewielkich częściach ziarnka. Pod wpływem światła tworzą się w ciałach chlorofilowych małe ziarnka mączki, które stopniowo wzrastają w liczbę i wielkość, jak widzimy na fig. 1—4.

Pod wpływem kwasu solnego zielony barwnik chlorofilowy przemienia się na chlorofilan, wydzielający się w postaci brunatnych kropeł (*ch* na fig. 8 i 9-ej); często tworzy on igły lub włókna brunatne, (fig. 10 a i b); niekiedy obok chlorofilanu powstaje erytrofil w postaci tabliczek koloru krwi (fig. 9 *er*). Na fig. 11-ej wystawione są wstążki zielone skrętnicy po traktowaniu ich kwasem solnym; *c* igły chlorofilanu; *x* żółte krople ksantofilu, który był połączony z chlorofilem. Fig. 7 przedstawia kilka ziarnek mączki z bulwy kartoflanej; część otaczającej je masy plazmatycznej przybrała barwę zieloną, jak to bywa w zieleniejących kartoflach; *d* takie ziarno po traktowaniu kwasem solnym; chlorofil został tu przemieniony na chlorofilan.

dorosty mają ciała zieloni bardzo rozmaitych kształtów; spotykają się tu formy tabliczek, wstążek wężykowato skręconych i t. p. Barwnik zielony jest ściśle połączony z substancją protoplazmatyczną, przesiąka ją nawskroś; można go wyciągnąć, działając alkoholem, cterem lub benzolem, które go rozpuszczają. Po oddaleniu zieleni zostają bezbarwne ciała protoplazmatyczne.

Komórki zawierające zielenią znajdują się tylko w takich częściach rośliny, które są wystawione na światło dzienne; w tych zaś zawsze tak są umieszczone, aby jaknajwięcej mogły z niego korzystać. Głównem ich siedliskiem są liście, które, jako części płaskie i swobodnie rozpostarte, najlepiej się do tego nadają i powinny być uważane jako główne organy przyswajania. Ilość i wielkość liści w roślinie służy za miarę jej przyswajania. Pomijając naskórek, nie zawierający zwykle u roślin lądowych chlorofilu, oraz żoberka i nerwy liści, stanowiące ich wiązki naczyniowe, cała substancja liści składa się z komórek obfitujących w chlorofil, między którymi przebiega układ łączących się z sobą przestworów powietrznych. Cała ta tkanka nazywa się *śródlisciem* czyli *mezofilem*. W liściach bardzo długich i cienkich również jak w iglastych i pierzastych o bardzo drobnych listkach, śródliscie zbudowane jest z komórek jednostajnych. W liściach płaskich i szerokich górna część śródliscia składa się z długich, wązkich, równoległych do siebie i prostopadłych do powierzchni liścia komórek, obficie zaopatrzonych w chlorofil (*tkanka palisadowa* czyli *słupkowa*); ponieważ wskutek heliotropizmu poprzecznego liście takie zwracają powierzchnię prostopadle do padającego światła, więc promienie jego muszą przebiegać wzdłuż komórek tkanki słupkowej. Strona dolna czyli cionowa liści składa się z komórek okrągłych, uboższych w chlorofil i luźnie z sobą połączonych, tworzących bardzo wielkie przestwory międzykomórkowe (*miękiśz gąbczasty*). Jeżeli lodyga zawiera komórki chlorofilowe, leżą one wprost pod naskórkiem, tworząc zewnętrzną warstwę kory lub też pojedyncze prążki, oddzielone od siebie tkanką mechaniczną (fig. 10).

Za dowód, że przyswajanie dwutlenku węgla odbywa się w plazmie chlorofilowej, służy następujące spostrzeżenie: wszystkie części roślin, zawierające chlorofil, wydzielają tlen na światło, wszystkie zaś pozbawione chlorofilu nie wydzielają go wcale. Kielkujące nasiona, korzenie, bulwy, cebule, pączki drzew, które normalnie nie zawierają chlorofilu, jak również takie części

które chociaż w normalnych warunkach zawierają go, ale pozbawione go zostały przez to, że wyrastały w ciemności lub w braku żelaza, nie rozkładają wcale dwutlenku węgla. Rośliny zgoła nie posiadające chlorofilu, jak grzyby, nie przyswajają również dwutlenku węgla. Przeciwnie sprawę tę łatwo wykazać w każdej roślinie lub jej części, zawierającej chlorofil; zarówno w wodorostach i mchach jednokomórkowych jak i w odciętych częściach roślin wyższych, nawet takich, które mają barwę czerwo-

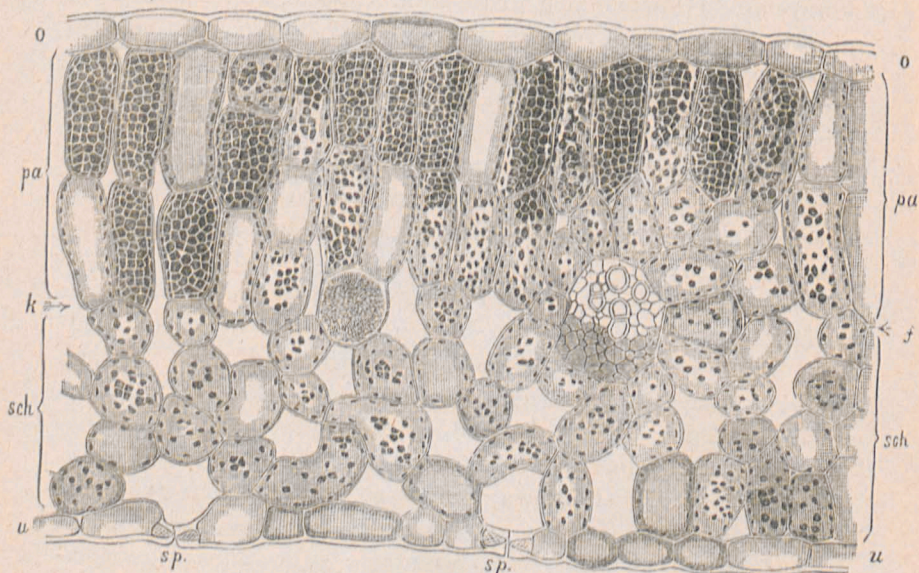


Fig. 20. Przekrój poprzeczny przez liść buraka (*Beta vulgaris*).

o naskórek powierzchni górnej; u naskórek pow. dolnej z licznymi szparkami *sp.*; pomiędzy niemi tkanka zielona śródliścia czyli *mezofil* w górnej części złożona z *komórek słupkowych* (*pa*), w dolnej z *miększu gąbczastego* (*sch*); komórki te nawleżą ziarenka chlorofilu i oddzielone są od siebie szerokimi *przestworami międzylukowymi*; *k* komórka wypełniona grupą kryształów szczawianu wapnia; *f* przekrój jednej z cienkich wiązek naczyniowych, stanowiących nerwy liścia.

ną jak liście buku czerwonego, kapusty kolorowej i t. d., gdyż rośliny te nie są pozbawione chlorofilu, tylko sok ponsowy maskuje tu jego obecność. Rośliny zielone, rosnące na próchnicy, mające przeto możność dobywania z niej związków węgla, przyswajają niemniej dwutlenek węgla. Przyswajają go i takie, o których

wiadomo, że się żywią częściami organicznymi, jeśli tylko zawierają chlorofil; tak się zachowują liście zielonych roszetek (*Drosera*) i pozbawione liści pasorzytne kianianki (*Cuscuta*), w których jednak dają się wykazać niewielkie ilości chlorofilu i odpowiednio do tego wydzielanie tlenu pod wpływem światła. Istnieją więc wypadki, w których ta sama roślina posługuje się rozmaitymi sposobami przyswajania węgla. Niewiadomo, w jaki sposób chlorofil przyczynia się do rozkładu dwutlenku węgla. Sam barwnik nie może działać w ten sposób; potrzebny jest do tego współdziałal żyjącej substancji protoplazmatycznej, gdyż ani oddzielony barwnik, ani zabite ciała chlorofilowe, zawierające jeszcze niezmienny chlorofil, nie rozkładają dwutlenku węgla na światło.

Zewnętrzne warunki rozkładu dwutlenku węgla. Pierwsze miejsce zajmuje tu światło. Zielone części roślin umieszczone w ciemności nie pochłaniają dwutlenku węgla i nie wydzielają tlenu; odwrotna sprawa, t. j. oddychanie, występuje wtedy bez żadnego ograniczenia. Przerywa się więc sprawa przyswajania dwutlenku węgla podczas nocy; wynika ztąd, że im dłuższe są dni, tem większy przyrost substancji organicznej w roślinie. Niemożliwość utrzymania rośliny w dobrym stanie podczas zimy nawet przy temperaturze sprzyjającej daje się ztąd łatwo wytłumaczyć. Posadzona w ciemnym miejscu i zostawiona w niem, w krótkim czasie ginie, mianowicie wtedy, gdy zawarte w nasieniu, z którego rosła, substancje organiczne zostaną wyczerpane. Roślina, która wyrosła w ciemności, zawiera zawsze mniej substancji organicznej, niż było w nasieniu, albowiem część tej ostatniej została zużyta na oddychanie, wytworzeniu zaś nowej stała na przeszkodzie ciemność. Wielki wpływ również wywiera stopień oświetlenia; wpływ ten można oznaczyć licząc pęcherzyki gazu, wydzielane w pewnym czasie przez jedną i tę samą część rośliny zanurzoną w wodzie i poddaną rozmaitemu oświetleniu. Najenergiczniej odbywa się przyswajanie w bezpośrednich promieniach słonecznych ¹⁾; sztuczne skoncentrowanie światła

¹⁾ Według Timiriaziewa (*Comptes rendu* 1889) już przy natężeniu światła równem połowie natężenia bezpośrednich promieni słonecznych, przyswajanie odbywa się z taką samą szybkością jak przy całkowitem ich natężeniu. Zresztą natężenie bezpośrednich promieni słonecznych przy takich doświadczeniach nie jest pod żadną jednostką stałą, bo zależy od szerokości geograficznej, pory roku, pory dnia i t. d.

nie przyspiesza tej czynności; natomiast osłabienie siły światła zmniejsza energią przyswajania. Każda chmurka pokrywająca słońce, powoduje zmniejszenie ilości pęcherzyków gazu. W pochmurny dzień roślina rozkłada znacznie mniej dwutlenku węgla niż w jasny słoneczny; a jeszcze mniej rozkładają rośliny, znajdujące się w pokoju. Dla tego też większa część roślin najlepiej się rozwija na otwartych słonecznych stanowiskach; do tej liczby należą prawie wszystkie rośliny gospodarskie. Są jednak rośliny, którym wystarcza do rozwoju mniejszy stopień oświetlenia; do takich właśnie należą rośliny cieniowe, rosnące w lasach. Niektóre z nich mogą rozkładać dwutlenek węgla nawet o zmierzchu. Położenie liści względem światła ma również znaczenie w tej sprawie; liście, których strona górna zawiera tkankę słupkową, dolna zaś gąbczastą, najlepiej przyswajają wtedy, gdy są zwrócone górną powierzchnią ku światłu, t. j., gdy znajdują się w tem położeniu, jakie zajmują naturalnie. Rozkład więc dwutlenku węgla jest wynikiem działania światła na ziarnka chlorofilu. Istota tej sprawy nie jest bliżej znana; możliwem jest jednak, że czynność chlorofilu zostaje w związku z jego właściwościami optycznymi ¹⁾. Roztwór chlorofilu wykazuje fluorescencyą czerwoną i charakterystyczne zjawiska widmowe. Światło, przepuszczone przez grubą warstwę roztworu chlorofilowego, lub przez liście zielone, daje widmo ciemne na całej przestrzeni od niebieskiej do fioletowej barwy; lewa strona jego zawiera ciemne smugi, z których najbardziej charakterystyczną jest smuga I, leżąca między liniami B i C w barwie czerwonej. Doświadczenia nad oddziaływaniem rozmaitych barw widma na rozkład dwutlenku węgla wykazały, że żadne światło jednobarwne nie działa tak energicznie jak mieszane, białe; z wszystkich zaś części widma najmocniej oddziaływa pas w barwie czerwonej, dość blisko odpowiadającej smudze największego pochłaniania. W kierunku ku linii A szybko się zmniejsza czynność promieni widma; wolniej zmniejsza się ona w kierunku przeciwnym, gdzie jest jednak bardzo słabą zaczynając od zielonej do fioletowej barwy; bardzo nieznaczne przyswajanie, zdaje się, ma miejsce jeszcze w pozafioletowej części widma. Wynika ztąd, że każde sztuczne światło oddziaływa silniej lub słabiej, stosownie do tego, jakie

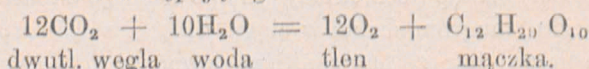
¹⁾ Właściwą jest to rzeczą nie tylko możliwą ale udowodnioną.

promienie w sobie zawiera; żadne jednak, nie wyłączając i elektrycznego, nie może zastąpić naturalnego dziennego światła. Temperatura wpływa na przyswajanie o tyle, że w pobliżu 0° jest ono bardzo słabe ¹⁾. Obfitość dwutlenku węgla wpływa również na energią przyswajania, która wzrasta do pewnej granicy wraz z zawartością jego w powietrzu. Najprzyjaźniejszą dla przyswajania zawartość dwutlenku węgla wynosi dla *Glyceria spectabilis* (manna okazała) 8—10%; dla *Typha latifolia* (rogoża szerokolistna) 5—7%, dla *Elodea* 5—10%. Wpływ ten zresztą daje się widzieć tylko przy silnem oświetleniu.

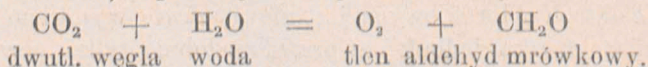
Produkty przyswajania dwutlenku węgla. Na każdej prawie zielonej części rośliny możemy się przekonać, że ciałem, tworzącym się z dwutlenku węgla i wody w ziarkach chlorofilowych, jest mączka. Ziarka mączki (fig. 30, 1—4) powstają pod wpływem światła i znikają w ciemności, gdy przyswajanie zostaje przerwane. W ciałach chlorofilowych pozbawionych mączki w ten sposób, tworzy się ona znów, jeśli je oświetlimy, najczęściej już po 1 lub 2 godzinach, przy działaniu bezpośrednich promieni słonecznych, i nieco później w świetle rozproszonem. Jeśli jednak roślinę umieścimy w powietrzu, pozbawionem dwutlenku węgla, mączka nie ukazuje się wcale. Rozpuszczenie mączki w ciemności następuje niekiedy już po 4-ch godzinach; zwykle cała mączka, nagromadzona w ciągu dnia, zostaje rozpuszczoną podczas nocy, tak że nad rankiem komórki śródliścia nie zawierają jej wcale. Krochmal wędruje, zamieniony na cukier, przez nerwy i żeberka liści do łodygi. Tworzenie się więc jego w ciałkach chlorofilowych jest niewątpliwie wynikiem przyswajania; mączka jednak jest prawdopodobnie tylko pewną formą stałą produktów przyswajania, która służy do czasowego ich przechowania; może być, że mączka nie jest pierwszym wytworem aktu przyswajania, lecz że jest nim jeden z gatunków cukru. Doświadczenia wykazały, że w ciałkach chlorofilowych, pozbawionych mączki, może się ona tworzyć w ciemności na nowo z substancyj cukrowych, jeżeli liście umieścimy na odpowiednich roztworach, lub jeżeli te roztwory będą pobierane przez korzenie. Do doświadczeń mogą służyć następujące sub-

¹⁾ Według (Jumelle'a) porosty mogą przyswajać dwutlenek węgla nawet przy — 40°C).

stancje cukrowe: cukier trzcinowy, gronowy, owocowy i maltoza; próby nie udają się z cukrem mlecznym, melitozą i inozytem. Liście roślin olejowych, zawierające mannit, mogą go przerabiać na mączkę; tak samo liście trzmieliny (*Econymus*) przerabiają duleyt, liście *Cacalia suaveolens* glicerynę. Za tem, że mączka nie jest pierwszym produktem przyswajania przemawia także fakt, że różne rośliny wyrabiają przy jednakowo przyjaznych warunkach przyswajania niejednakową ilość mączki; niektóre zaś jednoliścieniowo, jak czosnek (*Allium*), leliwa (*Asphodelus*), krępla (*Yucca*), storczyk (*Orchis*), banan (*Musa*), nie zawierają nigdy mączki w ciałkach chlorofilowych; natomiast w komórkach zielonych tych roślin znajduje się wiele rozpuszczalnych wodanów węgla, których ilość zwiększa się na świetle i zmniejsza w ciemności; niektóre z tych roślin mogą wytwarzać i mączkę w ciałkach chlorofilowych, jeśli przyswajanie jest bardzo energiczne, np. w powietrzu, zawierającym 6—8 pct. dwutlenku węgla. Stosunek objętości wydzielonego tlenu do pochłoniętego dwutlenku węgla przemawia także na korzyść przypuszczenia, że tworzy się przytem woda węgla; albowiem wydziela się cały tlen zawarty w pochłoniętym dwutlenku węgla, jak widać z następującego równania:



Stosunek taki objętości gazów może jednak również przemawiać i za tem, że powstaje aldehyd mrówkowy:



Znaleziono też istotnie substancje, posiadające własności aldehydów, w zielonych częściach roślin ¹⁾. Z aldehydu mrówkowego może powstać woda węgla przez polimeryzację. Tak więc nie jest jeszcze rzeczą stanowczo rozstrzygniętą, jaki związek jest pierwszym produktem przyswajania dwutlenku węgla ²⁾.

¹⁾ Aldehyd mrówkowy może istnieć w komórce tylko jako faza przejściowa, gdyż w małych nawet ilościach działa na protoplazmę trująco.

Prz. tl.

²⁾ Zestawienie nowszych badań i poglądów w tym przedmiocie oraz ich ocenę podał w art. p. t. „Nowsze poglądy na przyswajanie i wytworzenie substancji organicznej w roślinie“, *Wszechświat* 1893. N. N. 4 i 5.

Prz. tl.

2. Sole amonu, azotany i azot wolny jako pokarm azotowy roślin zielonych.

Rośliny zielone otrzymują azot również w postaci związków nieorganicznych. Zobaczymy wprawdzie niżej, że i organiczne związki azotowe mogą służyć za pożywienie roślinom. Niewątpliwie jednak dowiedziono, że wymienione w nagłówku ciała nieorganiczne wystarczają zupełnie, aby zaopatrzyć roślinę w azot.

1. Azotany i sole amoniakalne znajdują się we wszystkich gruntach, a będąc rozpuszczalne w wodzie, mogą być wchłaniane przez korzeń. Powstają one z rozmaitych źródeł; największa część tworzy się przy gniciu substancyj organicznych, zawierających azot; są one ostatnimi produktami rozkładu tych substancyj. Wszystkie więc resztki roślin jak korzenie, ściernie i inne pozostające po żniwie części, liście zwiędłe, zgnieciona pługiem darnina lub nawóz zielony, wszystkie odpadki organiczne nagromadzone w kompoście, wreszcie wydzieliny i produkty zwierzęce jak nawóz stajenny, gnojówka, ekskrementy ludzkie, guano peruwiańskie i rybie, mąka kostna i krew, oddają azot zawarty w nich w formie związków organicznych, ostatecznie w postaci soli amonu i azotanów. Przy tych przemianach ilość azotu bywa zmniejszoną o tę część, która ulatnia się w postaci amoniaku lub wolnego azotu podczas gnicia; strata ta bywa niekiedy dość znaczną. Sole amonu nie zostają bez zmiany w gruncie, lecz ulegają tu utlenieniu na kwas azotny, czyli nitryfikacyi. Ostatecznym więc wynikiem rozkładu substancyj organicznych w gruncie jest zamiana zawartego w nich azotu na azotany¹⁾. Azotany nie ulegają dalszemu przekształceniu w zwykłych warunkach; lecz jako ciała łatwo rozpuszczalne zostają poczęści wypłókanę wodą z gleby, z kąd się dostają do podglebia i do żył wodnych, a zatem zostają stracone dla roli. Dla tego też znajdujemy we wszystkich wodach: w źródłach, strumykach, rzekach

¹⁾ Nowsze badania (Schlössing i Müntz, Frankland, Winogradsky) wykazały, że w sprawie tej biorą udział pewne organizmy niższe należące do bakteryj dwu rodzajów: jedne z nich przemieniają amoniak na kwas azotowy (HNO_2), drugie utleniają ten ostatni na kwas azotny. Organizmy te nie są jednakowo energiczne w rozmaitych glebach i warunkach a łatwo zrozumiemy, że od energii ich czynności zależy prędkość obrotu zapasowego kapitału azotu, zawartego w substancji organicznej gruntu.

i potokach, również jak i w morzu niewielkie ilości kwasu azotowego w połączeniu z zasadami. Jeśli ziemię nawozi się saletrą chilijską, otrzymuje ona azot odrazu w postaci kwasu azotowego. Jeśli nawozimy ziemię solami amonowymi, to sole te w gruncie przemieniają się na azotany, część jednak azotu zostaje stracona w postaci amoniaku, który bywa rugowany przez znajdujące się w gruncie zasady energiczniejsze. Azotany i amoniak mogą się dostać do gruntu i z powietrza razem z opadami atmosferycznymi, ale ilość w taki sposób nabytych przez ziemię związków azotowych jest bardzo nieznaczna. Stanowią ją po części amoniak, ułatwiający się podczas gnicia substancyj organicznych, po części azotan amonu, powstający z pary wodnej i wolnego azotu wskutek wyładowań elektrycznych. Woda atmosferyczna zawiera w sobie od 0,5 do 6,21 milionowych części kwasu azotowego i azotowego a od 0,65 do 6,8 milionowych części amoniaku.

Hodowle w roztworach pożywnych lub w sztucznie utworzonych gruntach, nie zawierających innego azotu prócz azotanów lub soli amoniakalnych, dowodzą, że te związki nieorganiczne wystarczają zupełnie, aby zaopatrzyć roślinę w całkowitą potrzebną jej ilość azotu; rośliny bowiem, w takich warunkach rozwijają się zupełnie i wydają nasiona, gdy przeciwnie te same rośliny, umieszczone w takichże cieczach pożywnych, pozbawionych związków azotowych, nie rozwijają się więcej niż na to pozwala zawarty w nasieniu zapas azotu, jak to widzimy na fig. 29. Doświadczenia podobne mogą być wykonane z równym powodzeniem na fasoli, kukurydzy, owsie, jęczmieniu, gryce, słoneczniku i t. d.

Próby z gruntami sztucznymi, zawierającymi albo same sole amonu albo same azotany, dają odpowiedź na pytanie, które z tych związków lepiej służą roślinom. Próby wykonane w ten sposób z owsem, kukurydzą i fasolą karłowatą dowiodły stanowczo, że azotany są lepszym pożywieniem; żywione bowiem niemi rośliny rozwijały się bujnie i wydawały owoce; przeciwnie sole amoniakalne dały rezultaty mniej pomyślne, odżywiane bowiem przez nie rośliny nie zawsze wydają owoce (por. fig. 29). Kwas azotny ma przewagę również i nad organicznymi pokarmami azotowymi, o których mowa będzie niżej. Zgodne z tem wyniki dały próby użyźnienia, w których pojedyncze parcelle użyźniano saletrą chilijską, siarczanem amonu lub zostawiano bez nawozu. Doświadczenia podobne robione były ze zbożem, kar-

toflami, burakami i t. d. Wykazały one wyższość saletry nad siarczanem amonu; części, nawożone ostatnim, niekiedy nie dawały lepszego zbioru niż wcale nienawożone, lub brały nad niemi górę zaledwie ku końcowi vegetacyi. Ta ostatnia okoliczność daje się wytłumaczyć stopniową nitryfikacją soli amoniakalnych i wpływem powstających ztąd azotanów. Skutki więc użyźniania saletrowego następują natychmiast; użyźniania amoniakalnego, dopiero po upływie pewnego czasu. Wnosimy ztąd, że *azotany stanowią najlepsze pożywienie ze wszystkich związków nieorganicznych*. Stosuje się to oczywiście tylko do tych roślin, które były pod tym względem wyprobowane. Możliwem jest, że istnieją gatunki, które przy tych samych warunkach mogą również dobrze korzystać z połączeń amoniakalnych jak i z azotanów.

Co do *przyswajania azotanów* nie posiadamy tak dokładnych wiadomości jak o przyswajaniu węgla. Mniemanie, że przyswajanie to odbywa się w zielonych częściach rośliny, okazało się błędem. Chlorofil nie bierze żadnego udziału w tej sprawie. Naprzód wiemy, że grzyby, a więc rośliny pozbawione chlorofilu, mogą się żywić azotanami, chociaż nie tak dobrze jak związkami organicznymi azotu lub amoniakiem. Powtóre dowiedziono, że w roślinach zielonych przyswajanie azotu nie odbywa się w śródliściu; albowiem jest niemało roślin, u których nawet za pomocą niezwykle czułego odczynnika na azotany, jakim jest dwufeniliak, nie udało się wykryć tych substancyj w żadnych innych częściach rośliny, tylko w korzeniach chłonnych. Tak mianowicie zachowuje się większa część drzew (drzewa odżywiające się za pomocą grzybów, o których mowa będzie niżej, nigdy nie zawierają azotanów, pochłaniają bowiem azot w innej formie) i ziół trwałych; tak samo żółty lubin. Natomiast inaczej rzecz się ma w większej części roślin jednorocznych. W roślinach pierwszej kategorii azotany zostają zatem przyswojone już w korzeniu. Niewiadomo, czy produkt przyswajania, powstający w korzeniu, służy tylko do odżywiania tego organu, czyli też zostaje przeniesiony i do innych części rośliny. Nie jest rzeczą niemożliwą, że tu częściom nadziemnym azot powietrza służy za pożywienie; dowiedźmy się bowiem wkrótce, że niektóre rośliny mają zdolność przyswajania azotu w tej formie; możliwem jest również, że za pożywienie tym częściom służą wyciągnięte z gruntu organiczne związki azotowe. Znaczna część roślin, a zwłaszcza jednoroczna

zawierają azotany we wszystkich częściach swoich. Znajdują się one tu w wielkiej obfitości przez cały czas wegetacji od kiełkowania do wytworzenia owoców i we wszystkich organach, zaczynając od korzeni chłonnych, w całym układzie korzeniowym, w łodydze, w ogonkach, źeberkach i nerwach liści; brak ich jednak najczęściej w kwiatostanach i owocach; nigdy zaś nie znajdują się w nasionach. W roślinach jednorocznych azotany znikają zupełnie w czasie dojrzewania owoców, będąc oczywiście zużyte doszczętnie na wytworzenie zapasów azotu w nasieniu. Azotany w roślinach znajdują się w komórkach mięksiszowych, jako najobfitszych w sok komórkowy i najlepiej nadających się do przechowywania roztworów wodnych. Znajdujemy je w komórkach mięksiszowych kory korzeniowej, w rdzeniu i korze łodygi w komórkach mięksiszowych, otaczających wiązki naczyniowe liści i ogonków liściowych; przeciwnie zaopatrzona w chlorofil komórki śródliścia nie zawierają ich zwykle ¹⁾. Nie zawierają ich także punkty wegetacyjne korzenia i łodygi, złożone z tkanki twórczej, komórki jej bowiem, będąc wypełnione plazmą, nie mają przestrzeni sokowej dla roztworów azotanów. W taki sposób zachowuje się większa część ziół jednorocznych i traw, również niektóre z ziół trwałych; z drzew zaś bez turecki (*Sambucus*) i winorośl. Niektóre rośliny odznaczają się szczególną obfitością saletry, która może stanowić do kilku procentów substancji suchej, jak w słoneczniku, tytoniu, buraku, pokrzywie, szczyrze (*Mercurialis*) i w różnych gatunkach komosów (*Chenopodium*) i szarlatu (*Amarantha*). Z pojedynczych części roślin zawierają najwięcej azotanów te, w których skład wchodzi największe komórki miąższowe, mianowicie łodygi. Dowiedziono, że ilość azotanów w gryce wzrasta ustawicznie aż do czasu utworzenia owoców. Roślina ta zawiera w 12 dni po kiełkowaniu 1,869 azotanów na 100 części suchej substancji; w 33 dni później, t. j. ku czasowi kwitnienia 2,273; w 55 dni później, t. j. ku czasowi wytwarzania owoców, 2,422 i tylko 0,325 w 85 dni później t. j. w czasie dojrzewania owoców. Dowiedziono również, że wszystkie azotany, znajdujące się w roślinie, wchłonięte były przez nią jako takie; albowiem rośliny, najbogatsze w saletrę w warunkach zwykłych, nie zawierają jej wcale, jeśli wyrastają w roztworach, nie zawierających azotanów lecz tylko sole amonu.

¹⁾ Gdyż tu zostają bardzo prędko zużyte.

Mniemanie, jakoby azotany powinny się dostać do liści, aby w nich się połączyć z przyswojonemi przez ciała chlorofilowe substancjami bezazotowemi i przetworzyć się w związki organiczne azotowe, okazało się błędnem. Gdyby tak było istotnie, powinnyby były azotany nagromadzać się w wielkiej ilości w liściach roślin, umieszczonych w ciemności, gdyż w liściach tych ustaje przyswajanie; doświadczenie jednak nie stwierdziło tego. Jeśli roślinę, zawierającą w sobie azotany, przeniesiemy do cieczy, pozbawionej związków azotowych, to nie widzimy ruchu azotanów ku liściom; zostają one rozproszone w całej roślinie aż do jej podstawy, nie przenoszą się nawet drogą osmozy z dawnych, zawierających je, części korzenia do nowoutworzonych, które nie mogą związków tych wydobyć z gruntu; lecz przeciwnie znikają stopniowo w częściach starszych, ulegając widocznie przerobieniu na związki organiczne, które dopiero służą do odżywiania wyrastających w bezazotowym gruncie korzeni. Wszystkie te fakty przemawiają za tem, że w roślinach, zawierających azotany we wszystkich częściach wegetacyjnych, substancje te są przechowywane nie zaś przez nie tylko przenoszone, i że przemiana ich na związki organiczne odbywa się w tych samych miejscach, w których są nagromadzone, t. j. zarówno w korzeniu jak i w częściach łodygi. Aby jednak azotany zostały przerobione na substancje organiczne, potrzebne są związki organiczne bezazotowe. Związki te dostają się z liści najczęściej w postaci cukru, którego obecność można dowieść w komórkach, zawierających azotany, a który, jak niżej się pokaże, wędruje wdół drogą osmozy. Przyswajanie to odbywa się prawdopodobnie w każdej komórce, zawierającej azotany; powstaje przytem prawdopodobnie jeden ze związków amidowych, np. asparagina, gdyż związki te łatwo rozpuszczalne znajdują się zwykle w soku komórek miąższowych; wskutek rozpuszczalności mogą one z łatwością przenosić się drogą osmozy ku miejscu ich użycia ¹⁾.

¹⁾ Wszystkie te wywody autora nie mogą się ostać wobec prostych a rozstrzygających doświadczeń Schimpera (Bot. Zeit. 1888). Badacz ten wsta-
wił do wody liście, w których obecność azotanów została stwierdzona za pomo-
cą dwufenliaku i trzymał je przez kilka dni bądź na świetle, bądź w ciemności.
Pokazało się, że u liści trzymany na świetle reakcyja na azotany stopniowo
słabła a po 4—5 dniach znikła zupełnie; u liści pozostających w ciemności,
reakcyja na azotany utrzymywała się bez zmiany. Nie znikła też reakcyja na
azotany nawet na świetle u liści chlorotycznych *Pelargonium*, *Alternanthera* itp.

Nie posiadamy dokładnych wiadomości co do przyswajania soli amoniakalnych. Wiadomo z doświadczeń, że nie zostają one w roślinie przemieniane na azotany; powinny więc przechodzić wprost w amidy.

Rośliny mają zdolność wchłaniania soli kwasu azotowego i połączeń amoniakalnych przez liście, jeżeli bardzo słabo roztwory tych związków zostają w styczności z ich powierzchnią, a zwłaszcza z nerwami i żeberkami; ale źródło to pożywienia azotowego nie ma znaczenia dla rośliny, z powodu nieznacznej ilości tych związków w wodzie atmosferycznej.

2. *Wolny azot powietrza.* Aż do ostatnich czasów odmawiano roślinom zdolności wytwarzania związków azotowych z azotu powietrza. Za podstawą tego poglądu służyły doświadczenia Boussingaulta, wykonane w piątym dziesiątku lat bieżącego stulecia. Zasiał on fasole i łubin w sztucznie przygotowanym gruncie, pozbawionym zupełnie azotu; rośliny wyrastały pod hermetycznie zamkniętymi kloszami lub skrzynkami szklanymi, przez które przepuszczano powietrze, pozbawione wszelkich śladów amoniaku, zawierające więc azot tylko w stanie wolnym. Rośliny w tych warunkach wyrastające nie okazywały żadnego przyrostu substancyj azotowych; ilość azotu w nich nie przewyższała zawartej w nasieniu. Doświadczenia te nie są jednak rozstrzygające, albowiem rośliny w przestrzeni zamkniętej rozwijały się bardzo niedoskonale i nienormalnie. Nie mają również siły dowodowej doświadczenia, w których rośliny, wyrastające z nasienia na otwartem powietrzu w roztworach pożywnych, nie zawierających azotu, wczesnie przestawały rosnąć, albowiem nie jest wykluczoną możliwością, że zdolność przyswajania wolnego azotu wyrabia się dopiero po pewnym wzmocnieniu się rośliny lub w późniejszym stopniu rozwoju. Przeciwnie najnowsze doświadczenia, wykazały, że azot powietrza może być przez rośliny zużytkowany, że zatem stanowi dla rolnictwa źródło niewyczerpane

Z tych prostych doświadczeń wynika bezsprzecznie, że rozkład azotanów w liściach, a więc i przyswajanie z nich azotu, odbywa się przy udziale zieleni i pod wpływem światła. Czy udział tych czynników jest tu bezpośredni, czy też tylko pośredni, tego doświadczenia te nie rozstrzygają. Również i sam Schimper nie twierdzi stanowczo, aby azotany przez wyższe rośliny jedynie tylko w liściach rozkładane być mogły, nie uważa przecież za rzecz prawdopodobną aby było inaczej.

Prz. II.

i nie nie kosztujące. Jeśli posadzimy nasiona w wielkich naczyniach szklanych, napełnionych ziemią, ubogą w substancje azotowe, ale wystarczająco zaopatrzoną w inne części pożywne i pozwolimy im rosnąć na otwartem powietrzu pod szklanym dachem, polewając tylko wodą dystylowaną, aby uniknąć zawartych w deszczowej wodzie związków azotowych, to rośliny rozwijają się równie dobrze jak i w tym samym gruncie na roli; przytem analiza wykazuje, że ilość azotu w wytworzonej substancji roślinnej i w gruncie po żniwie przewyższa o wiele zawartość tego pierwiastku w użytym do zasiewu gruncie i w nasionach.

Zasiano	Procentowa ilość azotu w gruncie.		Ilość wytworzonej substancji roślinnej.	Azot zawarty	
	przed zasiewem	po żniwie		w nasionach zasianych	w roślinach zebranych
20 ziarn łubinu (grunt piaskow.)	0,0034	0,00558	49,4 g substancji suchej, zawierającej 57 nasion	0,180 g	0,7378 g
20 ziarn owsa (grunt piaskow.)	0,0025	0,00465	8,26 g subst. suchej zawierającej 84 ziarka	0,0142 g	0,0368 g
20 ziarn owsa (w gruncie glin.)	0,118	0,131	32,52 g subst. suchej, zawierającej 530 ziarek	0,0142 g	0,487 g
40 nasion rzepy (grunt glinkow.)	0,118	0,125	30,18 g subst. suchej, z 254 łuszczynami dojrzałymi	0,0033 g	0,377 g

Ta sama ziemia, pozostawiona w warunkach podobnych w ciągu równego czasu, bez roślinności, nie wykazywała żadnego lub bardzo nieznaczny przyrost azotu, grunt piaskowy zawierał po tej próbie 0,0047%, grunt glinkowy 0,110% azotu. Przytoczone w tabliczce liczby wykazują, że zdolność przyswajania azotu z powietrza nie jest jednakowa u różnych roślin, i że pierwsze miejsce w tym względzie zajmuje łubin. Prawdopodobnie inne strąkowe dzielą tę własność z łubinem. Widzimy jednak że nie stanowi ona właściwości wyłącznej roślin tego rzędu lecz wspólną jest chociaż w mniejszym stopniu i innym roślinom ja-

wnokwiatowym ¹⁾. Dowiedziono również, że i niższe rośliny, zawierające chlorofil, mają zdolność przyswajania azotu z powietrza. Ujawniły to doświadczenia, w których podobna uboga w azot ziemia wystawiona na powietrze i na światło, a zabezpieczona od deszczu, polewana była tylko wodą dystylowaną; ziemia taka wzbogacała się stopniowo w azot bez żadnej wegetacji wyższych roślin. Tak np. grunt piaskowy, który zawierał początkowo 0,0034 pct. azotu po 134 dniach wykazał 0,00426 pct. Przyrost azotu występuje w postaci wodorostów, wyrastających wciąż na takim gruncie. Następujące doświadczenia dowodzą, że takie jest istotnie źródło azotu: 180 g lekkiego gruntu piaskowego, zwilżonego wodą, włożono do kolby, do której wprowadzało się powietrze, przechodzące poprzednio przez kwas siarczany, a więc uwolnione od wszelkich śladów amoniaku. Doświadczenie trwało 180 dni, w ciągu których wodorosty ziemno rozwijały się bardzo obficie. Po upływie tego czasu oznaczono ilość azotu w gruncie, która przed doświadczeniem wynosiła 0,0045%, po doświadczeniu zaś urosła do 0,0065, w niektórych doświadczeniach nawet do 0,0086. Jeśli grunt był poprzednio ogrzany do 100°C, dla zabicia zarodników wodorostów, lub jeśli kolbę utrzymywano w ciemności, przez co nie dopuszczano rozwoju roślin chlorofilowych, ilość azotu nie tylko nie wzrastała, lecz zmniejszała się do 0,0037, a nawet do 0,0027%.

Mowa tu o wodorostach niższych, których zarodniki znajdują się w każdym gruncie. Wodorosty bowiem, które się rozwijały w tych doświadczeniach, znajdują się na roli podczas każdego zasiewu, nie mniej i na ugorze, i mogą być wykryte w najmniejszej części gruntu. Są to różne gatunki rodzajów *Oscillaria*, *Chlorococcum*, *Pleurococcus*, *Ulothrix*; później ukazują się mchy, a wreszcie chwasty jawnokwiatowe. Cały ten świat roślinny, rozwijający się na gruncie rolnym, nie wykluczając i drobnych wodorostów, przyczynia się do wzbogacenia go w związki azotowe kosztem azotu powietrza, gdyż wszystkie części składowe tych roślin zostają po ich śmierci w gruncie. Ro-

¹⁾ Prawdopodobnie przyrost azotu gruntowego w doświadczeniach tu przytoczonych, zależał od obecności w glebie mikroorganizmów. Wyniki nowszych badań zdaje się stanowczo przemawiają za tem, że z roślin wyższych tylko te, które zaopatrzone są w brodawki korzeniowe (ob. niżej)—a więc nawet nie wszystkie strąkowe, lecz tylko rodzina motylkowych (Nobbe) mogą przyswajać wolny azot z powietrza.

śliny uprawne zostawiają również po żniwie resztki zawierające azot w postaci ścierni i korzeni, które mogą wzbogacać ziemię w ten pierwiastek. Liczby bowiem wyżej przytoczone świadczą, że ilość azotu w gruncie jest większa po żniwie niż była przed zasiewem i że największy przyrost wytwarza łubin. Rozumie się, że wynik ostateczny w bilansie substancyj azotowych inaczej wypadnie, jeżeli, obok nagromadzenia azotu przez rośliny zielone, zachodzą sprawy, przy których azot się wywiązuje. Sprawy takie odbywają się w każdym gruncie, zawierającym próchnicę lub inne substancje organiczne, gdyż przy rozkładzie i gniciu tych ciał część azotu ulatnia się w powietrze. Jeśli powtórzymy doświadczenia powyższe z takim gruntem, to okaże się pewna strata azotu, przynajmniej w tych wypadkach, gdy ziemia została bez roślinności, lub gdy zasiane były rośliny, związujące niewielką ilość azotu; przeciwnie łubin, obdarzony tą zdolnością w wysokim stopniu, wzbogaca i taką ziemię w azot, lub przynajmniej znacznie zmniejsza stratę tego pierwiastku. Rośliny więc takie działają pomyślnie i na grunty humusowe: jeśli nie wzbogacają ich w azot, to przynajmniej zmniejszają jego straty.

Z wynikami tych doświadczeń zgodne są inne dokonane w polu, w których rok rocznie zbierano bogate w azot żniwa tej samej rośliny na tym samym gruncie bez użyżniania go nawozami azotowymi. (Lawes, Gilbert i Pugh w Anglii; Schultz w Lupitz). Tak np. w Lupitz zasiewano i zbierano bez przerwy łubin na gruncie piaskowym, zawierającym glinę, który od początku zasiewów ani razu nie był użyżniony substancjami azotowymi; dwudzieste żniwo zawierało ilość azotu, odpowiadającą 148 kg na hektar. Zawartość azotu w gruncie stanowiła 0,07—0,08 pct., t. j. tyleż, ile wykazała analiza, zrobiona przed pięciu laty; mimo więc obfitych plonów, ziemia nie utraciła ze swego azotu, chociaż w polu część azotu traci się zawsze wskutek wymywania go z gleby; straty tej nie mamy w doświadczeniach, robionych w naczyniach. Ilość azotu związanego w opadach atmosferycznych stanowi 0,5—6,21 milionowych części kwasu azotowego i 0,65—6,8 milionowych części amoniaku; wynosi to, przy rocznej wysokości osadu 72 cm zaledwie 2,7 kg na hektar. Znaczna więc ilość azotu związanego zawarta w plonie i zostająca w gruncie mogła powstać jedynie tylko wskutek czynności rośliny. Wynika więc z tych doświadczeń, że łubin

jest przedsprętem, wzbogacającym ziemię w azot. Grunt bowiem, o którym mowa, należał z początku do 6 lub 8 klasy i wydawał 4 centnary żyta lub owsa na morgę; polepszony zaś marglem, potasem i kwasem fosfornym bez żadnego użyźnienia azotowego, tylko po poprzednim zasiewie łubinu, wydawał 7—11 centnarów pszenicy; 7—10 centn. żyta i 7—14 centnarów owsa na morgę.

Fizyologiczna strona przyswajania azotu z powietrza jest dotąd niewyjaśniona. Ponieważ przyswajanie odbywa się w wodorostach jednokomórkowych, wnosimy, że własność tę posiada każda komórka roślinna, zawierająca zwykle części składowe t. j. protoplazmę, chlorofil i t. d. Przemawia za tem fakt, że rozmaite rośliny zielone od wodorostów do wyższych jawnokwiatowych mogą tę czynność wykonywać. Doświadczenie wykazało przytem, że przyswajanie azotu przez łubin zostaje w związku z rozwojem, jaki roślina zawdzięcza innym warunkom przyjaznym; im większą jest łodyga, im liczniejsze liście, zwłaszcza im obfitsze wytwarza owoce, tem większy jest przyrost azotu. Świadczy to o współdziałaniu wszystkich powietrznych części rośliny w tej czynności. Nie dowodzi to jednak, aby chlorofil brał taki sam udział w przyswajaniu azotu, jak w przyswajaniu dwutlenku węgla. Naturalnie, że azot powietrza może tworzyć związki organiczne tylko w obecności produktów przyswajania, powstających z wody i dwutlenku węgla, w ciałkach chlorofilowych. Jednak możliwym jest, że łączy się on z gotowemi już produktami przyswajania po za ciałkami chlorofilowemi i bez ich udziału. Niektóre strąkowate, a mianowicie łubin i groch, zawdzięczają współżyciu z pewnym organizmem niższym energiczny rozwój, stanowiący, jak się zdaje, konieczny warunek przyswajania azotu z powietrza, w gruntach, nie zawierających części organicznych. Organizm ten należący do najniższych grzybów i znajdujący się w każdym gruncie nazwany został przez autora *Rhizobium leguminosarum*; dostaje się on do rośliny przez korzenie i miesząc się z protoplazmą komórek, powoduje spotęgowanie wszystkich czynności rośliny; rośnie ona prędzej, wytwarza więcej chlorofilu, energiczniej przyswaja dwutlenek węgla i wyrabia związki azotowe w niezwykłej ilości. Rośliny takie wytwarzają na korzeniach swoich z początku małe, lecz wkrótce znacznie wyrastające brodawki. Wewnątrz tych brodawek znajdujemy osobliwy miękisz, w którego komórkach nagromadzone są w wielkiej

ilości ciała białkowane szczególnego kształtu, które poznamy wkrótce bliżej pod nazwą bakteroidów. Jeżeli, sterylizując poprzednio grunt, zabijemy zawarte w nim organizmy, to brodawki korzeniowe nie rozwijają się. Rozwój rośliny jest przytem znacznie słabszy, jeśli grunt nie zawierał wcale lub mało pokarmów roślinnych organicznych. Dodanie związków nieorganicznych azotowych nie polepsza stanu rośliny. Przeciwnie, rozwijają się one we wszystkich względach wspaniale, bez brodawek korzeniowych i organizmów je wywołujących, jeśli grunt obfity był w próchnicę, t. j. materiał pożywczy organiczny. Współżycie więc z *Rhizobium* zastępuje dla grochu i łubinu pokarm organiczny, który rośliny te znajdują w próchnicy i nawozie, a w obecności którego rozwijają się doskonale; przeciwnie w braku pokarmów organicznych podobnyż rozwój zawdzięczają jedynie temu grzybkowi. W związek z tem zdaje się pozostawać fakt, że owe brodawki szczególnie silnie są na korzeniach wtedy rozwinięte, gdy roślina rośnie na gruncie ubogim w cząstki organiczne, znacznie zaś mniejsze są u roślin rosnących na gruntach, obfitujących w humus. Nie wszystkie jednak strąkowate zachowują się w taki sposób jak groch i łubin, są rośliny, jak np. fasola karłowata, które nie korzystają wcale z zakażającego je *Rhizobium*. Wogóle kwestya ta wymaga jeszcze wielu studyów ¹⁾.

¹⁾ Stanowisko, jakie autor niniejszego dzieła zajmuje w sprawie przyswajania wolnego azotu przez rośliny, jest prawie zupełnie odosobnione i pozbawione ścisłych doświadczalnych podstaw. Zdanie, że zdolność przyswajania wolnego azotu jest wspólną wszystkim roślinom i że pod tym względem istnieją między roślinami tylko ilościowe różnice, jest niezawodnie błędne. Autor twierdzi wprawdzie, że rośliny mniej silnie asymilujące azot (nie groszkowe) mogą go przerabiać dopiero w późniejszych okresach rozwoju, gdy się dostatecznie wzmocnią przez pobieranie azotu związanego, ale i to twierdzenie nie jest poparte żadnymi przekonującymi dowodami. Wyniki doświadczeń zestawionych w tabliczce na str. 137 (i innych podobnych opisanych w pracach Franka) nie mogą służyć jako taki dowód, bo, jak już w dopisku na tej str. zauważono, wpływ mikroorganizmów nie był w tych doświadczeniach wyeliminowany. Zresztą doświadczenia Hellriegla z owsem, jęczmieniem, tataraką stwierdzały ścisłą proporcjonalność między rozwojem tych roślin i ilością związków azotowych w nich zawartych a dawką azotu do ziemi. Taka proporcjonalność nie mogłaby mieć miejsca, gdyby rośliny wzmocnione pobieraniem azotu związanego mogły następnie asymilować azot wolny. Mimo mnóstwa prac, jakie wykonano w ostatnich latach nad asymilacją wolnego azotu przez rośliny, nie udowodniono dotąd nigdy w sposób wolny od zarzutów, aby jakkolwiek roślina

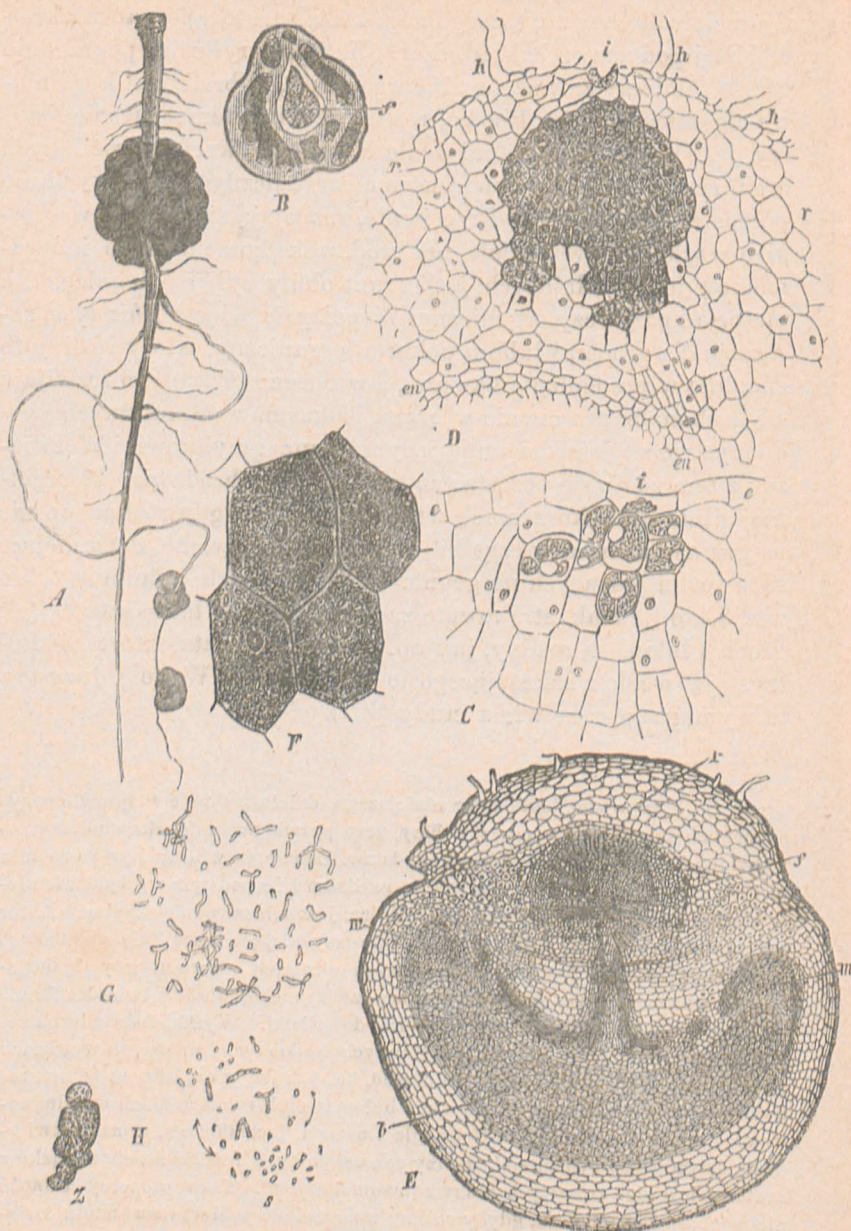


Fig. 32. Brodawki korzeniowe łubinu.
A. Korzeń łubinu z brodawkami.

B. Brodawka korzeniowa w przecięciu, *f* wiązka naczyniowa środkowa; naokoło w miąższu korowym leży tkanka bakteroidowa cielistej barwy.

C. Pierwszy stopień zakażenia, poprzedzający tworzenie się brodawki, *ee*, naskórek, pod którym leżą komórki kory korzeniowej, do komórki *i* dostał się grzybek w stanie zooglei; najbliższe pod nią leżące komórki miąższu korowego są już zakażone i odznaczają się gęstą, błyszczącą plazmą i wielkimi jądrami. Powiększone 175 razy.

D. Dalszy rozwój zakażenia; *i* miejsce zakażenia; niżej utworzyła się przez dzielenie się zakażonych komórek tkanka z komórek dzielących się energicznie; *rr* kora korzeniowa. *h h h* włókniki; *en* endoderma, po za którą znajduje się nieuwidoczony na rysunku walec lykodrzewny. Pow. 70 razy.

E. Przecięcie poprzeczne przez korzeń z młodą brodawką. Przez dalsze mnożenie się komórek zakażonych powstała tkanka bakteroidowa *b*, wzrastająca dalej za pomocą tkanki twórczej *m m*; *f*, wiązki naczyniowe korzenia, których rozgałęzienia przebiegają około tkanki bakteroidowej; *r*, kora korzenia. Słabe powiększenie.

F. Cztery komórki tkanki bakteroidowej; zawartość ich jest mętna wskutek wypełnienia bakteroidami. Wewnątrz dają się widzieć jądra i pojedyncze ziarka mączki. Pow. 230 razy.

G. Bakteroidy z komórek *F* powiększone 1090 razy.

H. Pływak *Rhizobium leguminosarum*, wyhodowane na żelatynie z bakteroidów; we wnętrzu niektórych bakteroidów widać tworzące się pływki; *s* pływak wolny; *z* stan zooglea (kolonii) powstający z pływka. Pow. 1090 razy.

zielona asymilowała kiedy wolny azot bez współdziałania mikroorganizmów pokrewnych bakteriom. Nawet wodorosty nie stanowią pod tym względem wyjątku; bo jakkolwiek zostało stwierdzone nie tylko przez Franka ale i przez bardzo ściśle doświadczenia Schlösinga i Lauranta, że ziemia pokryta wodorostami pochłania wolny azot z powietrza i przeprowadza go w związki organiczne, to jednak niedawno ogłoszone doświadczenia Kosowitscha wykazały, że przy owym pochłanianiu azotu czynnikami są nie owe wodorosty, ale towarzyszące im bakterie: w czystych kulturach wolnych od bakterij wodorosty nie mogą wcale korzystać z wolnego azotu. Z wyższych zielonych roślin nie należących do roślin groszkowych może niezawodnie asymilować wolny azot *Eleagnus* (doświadczenia Nobbego), ale i ta roślina zawdzięcza swoje wyjątkowe zachowanie się pewnemu bliżej jeszcze niezbadanemu mikroorganizmowi zamieszkującemu bulwkę, występujące na jej korzeniach. Co do pojmowania sposobu działania bakterij zamieszkujących brodawki korzeniowe roślin groszkowych przy asymilacji wolnego azotu przez te rośliny, to i pod tym względem nowsze badania nie potwierdziły powyżej wymienionych zapatrywań autora. Jak widzieliśmy autor jest zdania, że organizm brodawkowy (*bacillus radicicola* Bayringa, *rhizobium leguminosarum* Franka) wywiera tylko na roślinę, którą zamieszkuje, jakiś rodzaj bodźca potęgującego wszystkie jej czynności a z niemi razem także i zdolność asymilowania wolnego azotu. Tymczasem wszystkie ściśle doświadczenia wykazują, że zdolność asymilowania wolnego azotu przez rośliny groszkowe nie potęguje się, ale powstaje dopiero pod wpływem organizmu brodawkowego; bez

Zdolność roślin do zamiany azotu powietrza na związki organiczne podtrzymuje krążenie azotu w przyrodzie. Istnieją bowiem sprawy, w których azot ustawicznie wywiązuje się w stanie wolnym. Następuje to przy utlenieniu substancyj organicznych azotowych, a mianowicie przy gniciu i rozkładzie ich powolnym; dalej w ziemi, przy braku tlenu, odbywa się redukcya azotanów, przytem wydziela się wolny azot. Również i w organizmach zwierzęcych, jak dowiedziono, tworzy się azot z związków azotowych, wprowadzonych do jelit. Nareszcie po ukończeniu kiełkowania każdej prawie rośliny część azotu wydziela się w stanie wolnym z substancyj azotowych nasienia nieużytych i ulegających rozkładowi.

3. Związki organiczne jako pożywienie roślin.

Niektóre rośliny wchłaniają pierwiastki substancji organicznej mianowicie *wegiel i azot* także w postaci *związków organicznych*. Znajdujemy przytem różne typy odżywiania, zaczynając od roślin, dla których ta forma pożywienia jest niezbędną, i kończąc na takich, które posiłkują się nią tylko przypadkowo, jeśli nadarza się materiał odpowiedni. *Rośliny bezchlorofilowe*, do których należą

tego ostatniego rośliny groszkowe nie mogą wcale korzystać z wolnego azotu. Rośliny te nie dlatego, jak chce Frank, asymilują wolny azot przy współdziałaniu organizmu brodawkowego, że się pod jego wpływem bujniej rozwijają, ale dla tego bujniej się rozwijają, że asymilują wolny azot. Zdaje się ze wszystkiego, że główna rola przy asymilowaniu wolnego azotu przy tem współżyciu przypada nie roślinom groszkowym, ale organizmowi brodawkowemu. Wprawdzie nie mamy jeszcze stanowczych danych do rozstrzygnięcia pytania, czy sprawa przyswajania wolnego azotu odbywa się w nadziemnych, czy podziemnych opatrzonych brodawkami częściach rośliny, ale za ostatniem przypuszczeniem przemawia przecież daleko więcej względów niż za pierwszym. Przemawiają za niem nie tylko doświadczenia Kossowitscha (Bot. Zeit. 1893) skierowane specjalnie do rozstrzygnięcia tego pytania, choć ich rezultaty nie są dość stanowcze, ale także i praca Nobbego i Hiltnera (Landw. Vers., 1893) wykazująca, że przyswajanie azotu przez rośliny groszkowe zaczyna się dopiero od chwili, gdy bakterje zamieszkujące brodawki zaczynają przechodzić w bakteroidy. Nareszcie przytoczyć też należy, że podczas gdy nie skonstatowano dotąd nigdy napewno asymilacji wolnego azotu przez jakąkolwiek roślinę zieloną bez współdziałania bakterji, to Winogradskiemu udało się wyosobnić z ziemi pewnego rodzaju, bakterje, które przy pewnych warunkach łatwo asymilowały wolny azot. Bakterje te są zresztą zupełnie różne od tych, które zamieszkują brodawki roślin groszkowych.

Przyp. tłum.

wszystkie grzyby i niektóre jawnokwiatowe, żywią się wyłącznie ciałami organicznymi, gdyż jak wykazały doświadczenia, nie pochłaniają one dwutlenku węgla i nie wydzielają tlenu, albowiem pozbawione są organu przyswajania węgla, chlorofilu. Jednak i niektóre z roślin, zawierających chlorofil, pędzą tryb życia, przy którym koniecznie muszą się posilkować związkami organicznymi.

W królestwie roślinnem rozróżniamy kilka typów żywienia się substancjami organicznymi. Do tych należy nasamprzód *saprofityzm* (roztocznictwo). Rośliny, tego typu zwiemy wogóle *roztoczami*; żywią się one bowiem tocząc zwłoki roślin, zwierząt lub wszelki inny materiał organiczny gnijący. Do tej klasy pożywienia należy i *próchnica* (*humus*) składająca się ze związków organicznych, obfitujących w węgiel i azot, a pochodzących z okrucich roślinnych. Rośliny, czerpiące z niej pokarm mogą wyrastać tylko na gruntach, bogatych w próchnicę i zowią się *humusowemi*. Pomiędzy roztoczami jedne obdarzone są samą zdolnością przyswajania materiału organicznego; możemy je nazywać samożywiącemi się (autofaga); inne znów łączą się z innymi, w wysokim stopniu tę zdolność posiadającymi, roślinami i, we *współżyciu* z nimi (symbioza), karmią się przy ich pomocy.

Drugim typem odżywiania się substancjami organicznymi jest *pasorzytnictwo*; rośliny tego typu żyją jako pasorzyty na żywych organizmach i biorą pokarm z ich składowych części organicznych. Ten drugi organizm żyjący, który nazywa się *gospodarzem* pasorzyta może być albo rośliną albo zwierzęciem; rozróżniamy więc pasorzyty roślinne roślin i zwierząt. Najczęściej gospodarz ulega przekształceniom chorobliwym wskutek popelnionego na nim przez pasorzyta rabunku.

Do trzeciego wreszcie typu żywiących się substancjami organicznymi roślin należą nieliczne bardzo rośliny owadożerne.

A. Roztocze.

Rozmaite odpadki, które pozostawiają w ziemi organizmy tak za życia jak i po śmierci, mogą służyć za pokarm roślinom jeszcze zanim się rozłożą ostatecznie na związki nieorganiczne. Zdolność przyswajania tych ciał jest bardzo rozpo-

wszechniona wśród roślin; istnieją jednak przejścia stopniowe od takich które żywią się jedynie tym pokarmem do tych, które używają go obok pożywienia nieorganicznego.

1. Roztocze wśród grzybów. O ile grzyby nie należą do pasorzytów, są one roztoczami w najszerszym znaczeniu tego wyrazu. Znajdują się bowiem w przyrodzie i mogą się rozwijać jedynie na podścieliskach, zawierających cząstki organiczne. Do takich należą liczne grzyby humusowe, jak np. wielkie białe leśne i polne; dalej te, które rosną na gnoju i ekskrementach, lub takie jak pieczarki, które wzrastają na nawozie końskim; należą tu również wszystkie grzyby, gnieżdżące się na rozkładających się częściach roślin, wreszcie pleśnie, rosnące na chlebie, serze, mięsie i t. d., niemniej i drożdżaki, żyjące w roztworach cukrowych, lub bakterye gnilne, żywiące się ciałami gnijącymi. Brak chlorofilu, skutkiem którego nie mogą przyswajać dwutlenku węgla, skazuje grzyby na żywienie się substancjami organicznymi. Są więc przymusowo roztoczami, i w ogóle powinny być uważane za najlepiej przystosowane z żywiących się samodzielnie roztoczków. Grzybnia ich, stanowiąca organ odżywiania, wrasta w podścielisko, wszechstronnie je nurtując i korzystając nie tylko z substancyj rozpuszczonych, lecz po części rozpuszczając i ciała stałe. Strzępki grzybni rozpuszczają ziarnka mączki, a nawet twarde błony komórkowe; mogą one przeświadować komórki drewna, jak to widzimy na grzybach, żywiących się gnijącym drzewem lub wyrastających na budowlach drewnianych. Grzyby, rosnące w próchnicy, nurtują ją podobnie wszechstronnie rozpuszczając jeszcze nie rozłożone resztki roślin i wrastając w nie. Zniszczenie, jakie powodują, zostaje w związku z ich odżywianiem; inne zmiany chemiczne, zachodzące w podścielisku, np. gnicie i rozkład, spowodowany przez bakterye gnilne lub inne organizmy fermentacyjne, należy uważać również za wynik ich odżywiania. Niektóre roztocze rozwijały się pomyślnie, gdy probowano je żywić jedną jakąkolwiek substancją organiczną. Wielu bakteryom, drożdżakom i grzybom pleśniowym wystarcza jako pożywienie cukier lub inny rozpuszczalny wodań węgla, lub też kwas winny (którego używają tylko odmianę optycznie prawą zostawiając optycznie lewą nietkniętą); niemniej i inne kwasy organiczne, jeżeli tylko obok nich znajduje się odpowiedni związek azotowy, np. amoniak; kwas azotny przeciwnie jest mniej właściwym dla

grzybów pożywieniem. Rozmaite związki, zawierające azot, mogą również służyć za pożywienie dla grzybów i tak ciała białkowe, peptony, amidy (jak asparagina, leucyna, tyrozyna), mocznik, kwas hipurowy, kwas moczowy, glikokol, guanina, kreatyna, acetyliak i propiliak mogą, każde z osobna, służyć za pożywienie. Do sztucznych hodowli grzybów podobnych używają żelatyny, wyciągów z mięsa, wyciągów owocowych i t. p.

2. Roztocze wśród roślin wyższych. a) Roztocze żywiące się samodzielnie. Zdolność przyswajania pożywienia, zawierającego węgiel i azot, z materiału organicznego, o ile się zdaje jest bardzo rozpowszechnioną wśród roślin wyższych, chlorofilowych. Jednak sposób ten żywienia się nie jest tu niezbędnym, albowiem rośliny takie mogą rozwijać się pomysłnie, posługując się jedynie pokarmem nieorganicznym, t. j. dwutlenkiem węgla, wodą i azotanami. Dowiedziono, że znaczna ilość ciał organicznych, zawierających azot, a wchodzących w skład nawozów naturalnych, może służyć roślinom jako pożywienie azotowe. Doświadczenia, robione zresztą prawie wyłącznie z kukurydzą, dowiodły, że do takich ciał należą: 1. *Mocznik*, zapomocą którego zdołano doprowadzić roślinę do wydania owoców i obecności którego można było dowieść w roślinie. 2. *Kwas moczowy* okazał się mniej skutecznym; czynny jest prawdopodobnie tylko przez produkty rozkładu, jak amoniak. 3. *Kwas hipurowy* rozkładał się przy żywieniu się roślin na kwas benzoesowy i glikokol (kwas amido-octwy); owies i kukurydza, odżywiane tym kwasem wydały owoce. 4. *Glikokol*; kukurydza żywiona nim wydała owoce. 5. *Kreatyna*, również dobry pokarm dla kukurydzy; zdołano dowieść, że wchłanianie się nie ulegając rozkładowi. 6. *Guanina*, 7. *Asparagina*, 8. *Leucyna* i *tyrozyna*, 9. *Acetyliak*, mogą również służyć za pożywienie. Doświadczenia te wykazały jednak, że żadna z tych substancyj nie może pod względem pożywczym dorównać saletrze. Nawozy więc, zawierające substancje azotowe, stają się najpożyteczniejszymi dla roślin (przynajmniej dla tych, nad którymi robiono doświadczenia), wtedy, gdy się rozłożą w takim stopniu, że wszystkie związki organiczne przemienią się w azotany. Wyższe rośliny mogą wprost użytkować i próchnicę jako pożywienie. Wprawdzie dotychczas stwierdzono jedynie, że wyciągi, z czarnoziemem, zrobione zapomocą wody czystej lub zawierającą węglan potasu, zostają wchłaniane przez rozmaite rośliny, a zwłaszcza przez *Polygonum persicaria*, tak że

ilość cząstek humusowych zmniejsza się w roztworze. Czy roślina korzystała przytem samodzielnie z humusu i czy korzystała wogóle, nie zostało wyjaśnionem. Doświadczenie następujące przemawia jednak za tym wnioskiem. Jeżeli do równych naczyń włożymy ziemię z próchnicą lub czystej ziemi czarnej i niektóre z tych naczyń poddamy w ciągu kilku godzin działaniu pary wodnej, ogrzanej do 100°C, inne zaś zostawimy nieogrzone, to rośliny, zasiane w ziemi ogrzewanej poprzednio (np. łubin, owies, burak), rosą lepiej i wydają obfitszy plon niż te, które posiane były w ziemi nieogrzewanej. Tak np. 4 roślinki łubinu dały w naczyniach z ogrzewaną ziemią 55 g substancji roślinnej; rośliny te wyrosły bardzo dobrze i wydały owoce; w ziemi nieogrzewanej 4 podobne rośliny wytworzyły 15,5 g substancji i dały mniej nasion; 5 nasion owsa dały w pierwszym wypadku 40,3 g substancji roślinnej, 18 kwitnących ździebel i 597 ziarenek; w drugim 24,2 g substancji roślinnej, 8 kwitnących ździebel i 272 ziarenka. Wpływ ogrzewania polega na tem, że część substancji humusowych staje się rozpuszczalną; tak np. 30 g gruntu torfowego zawierały przed ogrzaniem 0,109 g substancji rozpuszczalnych, po ogrzewaniu zaś 0,268 g. Podobne doświadczenia, zrobione z ziemią ubogą w próchnicę, nie wykazały żadnej różnicy w wydajności ogrzanej lub nie ogrzanej ziemi. Wysoka temperatura czyni więc dostępnymi dla rośliny nierozpuszczalne części składowe próchnicy, których bez tego roślina nie mogła by wcale zużytkować, lub przerabiałaby je bardzo powolnie. Że pożywienie w przytoczonych wypadkach pochodzi rzeczywiście z organicznych części składowych humusu, dowodzi doświadczenie następujące. Owies posiany był w jednakowych naczyniach, zawierających tylko piasek; jedno z tych naczyń było polewane wyciągiem z traktowanego gorącą parą humusu, drugie tylko roztworem popiołu tegoż humusu. Pierwsze z nich wydały 27,5 g drugie tylko 10,1 g substancji roślinnej. Ponieważ w 100° wszystkie organizmy zawarte w ziemi zostają zabite, doświadczenia poprzednie dowodzą zarazem, że rośliny te przyswajają samodzielnie cząstki humusowe. Wspominaliśmy też wyżej, że groch i łubin, które tylko przy pośrednictwie bakteryj mogą przyswajać cząstki azotowe, w ziemi humusowej rosną dobrze i bez pomocy zakażenia.

b) *Roztocze, żyjące się przy pośrednictwie niższych organizmów.* Nowsze badania wykazały, że bardzo liczne rośliny ja-

wnokwiatowe, a zwłaszcza te, które rosną na gruncie obfitującym w próchnicę, korzystają ze zdolności grzybów przerabiania cząstek humusowych na substancją roślinną, żywiąc się przy pomocy tych grzybów, których grzybnie oplatają stale ich korzenie chłonne. Przez takie połączenie z grzybem powstają organy złożone z istot żywych dwojakich: korzenia rośliny i grzybni grzybu, rosnących i działających wspólnie; nazywamy je *mikoryzą* czyli *korzeniogrzybem* (fig. 33). Współżycie to przybiera kształty rozmaite. Grzyb może wyrastać na zewnętrznej powierzchni korzenia, otaczając go wszechstronnie (*ectotrophische Mycorrhize*). Włókna grzybni spletają się między sobą, tworząc niwy—mięksisz (pseudoparenchyma) ściśle spojony z nienormalnie w tych wypadkach powiększonymi komórkami naskórka korzeniowego, zrastając się nie tylko z powierzchnią zewnętrzną tych komórek, ale oplatając je wszechstronnie. Ta powłoka z grzybni rozciąga się na cały korzeń chłonny, szerzy się i na punkt vegetacyjny jego, który w tych wypadkach ma zwykle słabo rozwiniętą czapkę (fig. 13); w tem miejscu strzępki grzyba są najmłodsze i zdolne do prędkiego wzrostu; rosną więc narówni ze stożkiem vegetacyjnym korzenia. Pożywienie może więc dostać się do korzenia nie inaczej jak przeszedłszy przez żywą osłonę grzybni; innemi słowy, grzyb wykonywa tu czynność karmiciela. Dlatego korzeń nie rozwija w tych wypadkach żadnych włosników, które są właściwymi organami wchłaniania z gruntu; natomiast z grzybni wychodzą liczne strzępki lub włókna złożone każde z kilku strzępków, które wrastają w próchnicę i obrastają jej cząstki w taki sam sposób, jak to czynią włosniki z cząstkami gruntu. Włókna te zastępują więc włosniki, przynosząc pożywienie do korzeniogrzyba. Mamy tu zwyczajną grzybnię toczącego próchnicę grzyba, z którą korzenie łączą się, aby żywić się przy jej pomocy. Korzenie, w taki sposób z grzybem połączone, różnią się kształtem od normalnych: są one krótsze, grubsze i obficiej rozgałęzione, tak że wyglądają niekiedy jak gałązki koralu. Grzyby, biorące udział w tej symbiozie, znajdują się przeważnie w próchnicy leśnej. Korzenie roślin, tworzących korzeniogrzyby, wyrastają na gruncie ubogim w próchnicę, nie obrastają grzybnią, lecz natomiast wytwarzają włosniki. Drugą formę wspólnego pożycia korzeni z grzybami stanowią korzenie, w których grzyby wrastają do wnętrza komórek korzeniowych (*endotrophische Mycorrhize*). W jednych

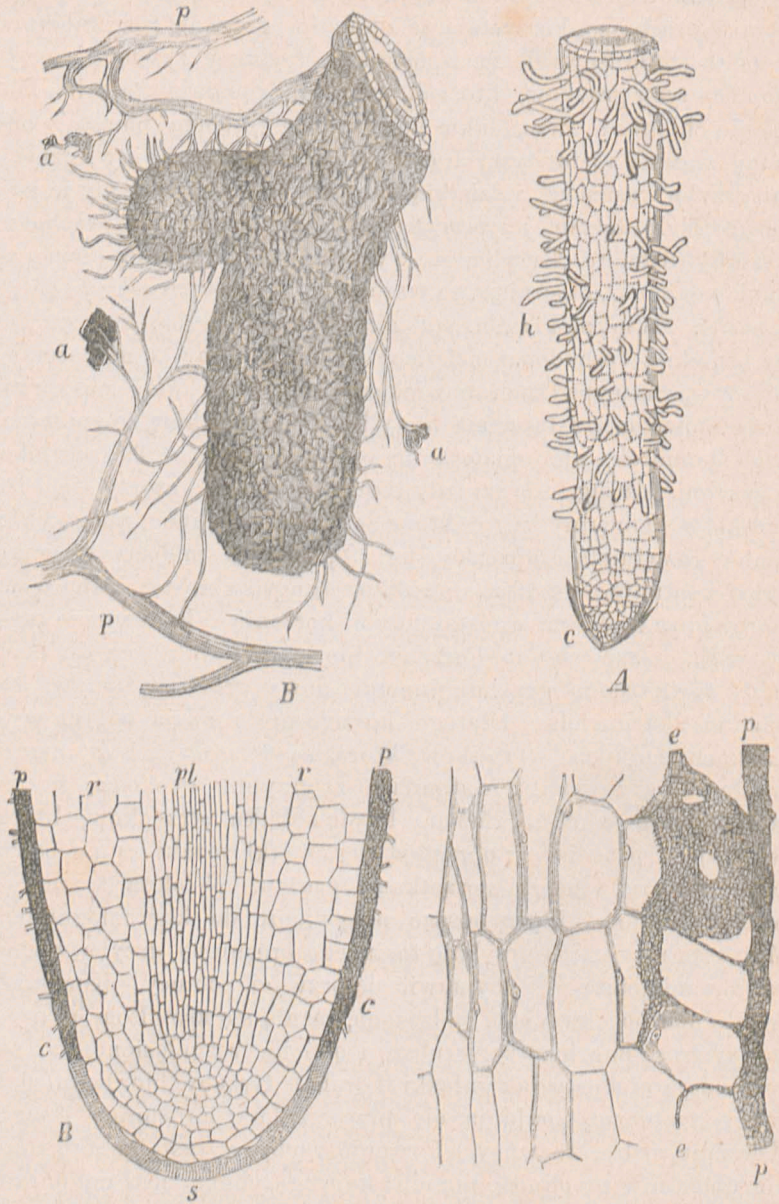


Fig. 33. Mikoryza buku.

A. Korzeń buku, rosnący w ziemi sterylizowanej; pozbawiony jest powłoki grzybowej i ma włókniki *h*; w *c* wierzchołek zaopatrzony w czapczkę. Pow. kilka razy.

B. Korzeń buku rosnącego w tej samej ziemi humusowej tylko niesterylizowanej; cały jest otoczony włóknami grzybni; niektóre z nich *p*, wrastają w próchnicę i obrastają jej cząstki (*a*). Powiększenie takież jak w A. Niżej B, przecięcie podłużne wierzchołka tego korzenia silniej powiększone; *p*, otaczająca korzeń powłoka grzybowa, której najmłodsze komórki znajdują się w *s*; *r* kora korzenia; *pl* pleroma (zaczatek wiązki naczyniowej); w *c c* zaczyna się tkanka twórcza korzenia z zaznaczoną zaledwie czapczką. Wprawo część tegoż przecięcia podłużnego silniej powiększona, aby pokazać jak wszechstronnie obrośnięte są grzybnią komórki naskórka; tworzy ona tu liczne drobne komórki.

z nich grzybnią mieści się wewnątrz komórek naskórka, które są znacznej wielkości i całe zapelnione strzępkami; niektóre z tych strzępków wychodzą na powierzchnię korzenia. Korzenie takie są bardzo cienkie i długie, składają się one tylko z naskórka i wiązki naczyniowej; brakuje im kory. W innych wypadkach korzenie są grubsze, mają dobrze wytworzoną korę, zawierającą warstwę szerszych komórek, w których mieszczą się kłębki strzępków grzyba; niektóre z tych strzępków przerastają przez błonę, łącząc się po części z innymi komórkami, zawierającymi grzyb, po części zaś wychodząc na powierzchnię korzenia. Pożycie wspólne korzeni z grzybami spotykamy we wszystkich roślinach jawnokwiatowych, pozbawionych chlorofilu, ale nie pasorzytnicznych, t. j. w roślinach humusowych bezchlorofilowych. *Monotropa hypopitys* (korzeniówka pasorzytna), rosnąca w próchnicy lasów iglastych i liściastych, żywi się przez grzybnię, otaczającą korzenie nazewnątrz; *Neottia nidus avis* (Gnioźnik właściwy v. ptasie gniazdo), *Corallorhiza innata* (żłobik koralowy), *Epipogium Gmelini* (Storzan bezlistny), należące do rodziny storczykowatych i rosnące w leśnej próchnicy, mają grzybnię wewnątrz kory. Ponieważ rośliny te pozbawione są chlorofilu, współżycie więc z grzybem stanowi dla nich konieczność. Znaczna ilość roślin humusowych zielonych posiada również stałe korzenio-grzyby. Do tej liczby należą przedewszystkiem najważniejsze drzewa leśne i wszystkie miseczkowate (*Cupuliferae*), szyszkowe leśne, brzozowate i wierzbowate, również i lipa; dalej krzewy rosnące na gruncie błotnistym leśnym należące do rodzin wrzosowatych i modrzewnicowatych (*Ericaceae* i *Empetraceae*). Wszystkie te rośliny mają grzybnię zewnętrzną. Cały szereg ziół, rosnących w lasach na próchnicy lub na łąkach błotnistych

łośnych, jak większa część storczykowatych, znaczna część liliowatych, kolcowojowych, jaskrowatych, różowatych, strąkowych, baldaszkowych, pierwiosnkowatych, wargowych, złożonych i innych mają grzybnię wewnątrz korzenia. Chociaż wszystkie te rośliny mogą przyswajać dwutlenek węgla, ale grzyby umożliwiają im korzystanie ze składowych części próchnicy, z której prawdopodobnie czerpią nie tylko węgiel lecz i azot. Przemawia za tem ta okoliczność, że rośliny takie nie zawierają w sobie azotanów. Doświadczenia równoległe z ziemią ogrzewaną i nieogrzewaną dowodzą, że ciągną one korzyść istotną ze współpożycia z grzybami, wyniki doświadczeń wypadają tu wręcz przeciwnie niż z roślinami humusowemi żywiącemi się samodzielnie. Roślinki buku wyrastają energicznie w nieogrzewanej ziemi, w której tworzą korzenio-grzyby; przeciwnie w ziemi ogrzewanej, gdzie nie mogły się wytworzyć grzyby, ponieważ wszystkie ich zarodniki zostały zabite, roślinki te giną bardzo prędko; nie mogą więc nawet korzystać z tych cząstek próchnicy, które się stają rozpuszczalne wskutek ogrzewania, a które tak sprzyjają rozwojowi żywiących się samodzielnie roślin humusowych. Wszelkie próby hodowania buku bez próchnicy wypadły niepomyślnie, nawet wtedy, gdy grunt zawierał wszystkie części nieorganiczne, potrzebne dla roślin. Jeżeli rośliny miały już korzenie obrośnięte grzybnią, to ona wkrótce zanikała, oczywiście skutkiem braku pożywienia humusowego.

B. Pasorzyty.

I. *Pasorzyty bezchlorofilowe.* Że rośliny, niezawierające chlorofilu, muszą przyswajać węgiel w postaci związków organicznych, jest to samo przez się zrozumiałem. Zdaje się, że pasorzyty nie przyswajają wolnego azotu z powietrza i, o ile doświadczenia wykazały, nie pochłaniają również kwasu azotowego z żywiących je roślin. Należy więc przypuszczać, że zarówno azotowe jak i bezazotowe substancje biorą w postaci związków organicznych z żywiących je istot. Sposób ich gnieźdzenia się na tych ostatnich zupełnie odpowiada potrzebom, jak się niżej pokaże. Do pasorzytów bezchlorofilowych należą.

1. *Grzyby pasorzytne.* Najniższe tu należące istoty, bakterie czyli laseczniki żyją najczęściej w organizmach zwierząt, żywiąc krwią lub innymi częściami ich ciała. Grzyby prawdziwe,

posiadające właściwy organ odżywiania, t. j. grzybnie, składającą się ze strzępków, jeśli są pasorzytami, umieszczają tę grzybnię sposobem najlepiej prowadzącym do celu, w organach gospodarza, z których ciągną pożywienie. Rozróżniamy pasorzyty roślinne *zewewnętrzne* i *wewnętrzne*. Grzybnia pierwszych rozwija się na powierzchni rośliny żywicieli; tylko niewielkie wyrostki boczne strzępków wrastają w komórki naskórka (*ssawki*), jak to widzimy np. na mączniaku (*Erysiphe*). Większa część jednak należy do pasorzytów wewnętrznych, których grzybnia znajduje się wewnątrz rośliny żywicieli. Woreczek kielkowy, wyrastający z leżącego na powierzchni rośliny zarodnika grzyba, wrasta przez naskórek do jej wnętrza i tu rozwija się w grzybnię. Strzępki jej rozrastają się bądź w przestworach międzykomórkowych rośliny żywicieli, obrastając ze wszech stron komórki i w taki sposób wyciągając z nich żywność, bądź też wnika ją w samo wnętrze komórek, napęlniając je, świdrując błony i ostatecznie niszcząc całą tkankę. Rdze, śnieci, wrośle i otoczniowate są pasorzytami wewnętrznymi. Każdy z tych grzybów rośnie zwykle na jednym lub niewielu gatunkach roślin żywiczych, w tych zaś zwykle zakaża tylko pewne części gospodarza: bądź korzenie, bądź łodygę i liście, bądź kwiaty lub owoce.

2. *Kanianki*. Należące tu rośliny jawnokwiatowe są pasorzytami o wijącej się łodydze, pozbawionej liści i nie zakorzenionej w ziemi. Łodyga ta owija się naokoło rośliny żywicieli; tak np. kaniańka lnu (*Cuscuta epilimum*) naokoło lnu, *Cuscuta epithimum* na koniczynie i innych ziołach; *Cuscuta europaea* na pokrzywie, konopiach itd. Nasiona kaniańki kiełkują na powierzchni ziemi, ale wyrastająca roślinka wkrótce oplata w pobliżu rosnącą roślinę żywicielką. Przylegające do niej części łodygi pasorzyta wypuszczają ssawki, twory podobne do korzeni przybyszowych, wnikające w głąb łodygi rośliny żywicieli, aż do jej wiązek naczyniowych i zrastające się z nią organicznie. Za pomocą tych ssawek pasorzyt pochłania soki pożywcze swego gospodarza. W kielichach kwiatowych kaniańki wykazano obecność niewielkiej ilości chlorofilu i dowiedziono, że mogą one rozkładać dwutlenek węgla; wydajność jednak tej sprawy jest tak nieznaczna, że nie może zastąpić sposobu żywienia się pasorzytniczego.

3. *Zarazowate (Orobanchae)* stanowią rodzinę pasorzytów jawnokwiatowych; z pod ziemi wyrasta tylko szypułka kwia-

towa tych roślin; lodyga ich, rozrastająca się w organ ssący, gnieździ się w ziemi jako pasorzyt na korzeniach innych roślin; tak *Orobanche minor* na korzeniu koniczyny, *O. ramosa* na konopi i tytoniu. Rośliny te zawierają ślady chlorofilu. Zupełnie pozbawiony zieleni jest luskiewnik gniazdosz (*Lathrea squamaria*) czepiający się korzeni innych roślin za pomocą ssawek, wyrastających z jego korzonków.

4. *Balanofory* są to pozbawione zieleni pasorzyty podzwrotnikowe; kwiatostan ich wyrasta z bulwy, rosnącej na cienkich korzeniach innych roślin.

5. *Raslezye*, pozbawione zieleni pasorzyty podzwrotnikowe, składające się prawie wyłącznie z kwiatu lub kwiatostanu, wyrastającego wprost z korzenia lub lodygi rośliny żywiciela.

II. *Pasorzyty chlorofilowe*. Niektóre rośliny, zaopatrzone w liście zwykłej budowy i obfitujące w zielen, pędzą podobnież życie pasorzytnicze. Dowiedziono, że rośliny takie przyswajają dwutlenek węgla za pomocą chlorofilu; należy więc przypuścić, że korzystają przeważnie z substancyj azotowych i mineralnych gospodarza. Tu należą:

1. *Gązewnikowate (Loranthaceae)*. Są to rośliny drzewne, wyrastające na konarach drzew i należące przeważnie do flory podzwrotnikowej. Do naszej należy z tej rodziny jemiola (*Viscum album*), rosnąca na przeszło 50-ciu gatunkach drzew tak iglastych jak liściastych. Z podstawy lodygi jemioli wyrastają tak zwane korzenie korowe, wrastające w korę gałęzi gospodarza, gdzie przebiegają przeważnie w miazdze, w kierunku podłużnym, i puszczają wyrostki poprzeczne, weiskające się w drewno. Gałązki te zachowują tkankę twórczą w okolicy miazgowej; zamieniają się zaś na drewno w drewnie gałęzi żywiciela i biorą udział w utworzeniu jej ciała drzewnego. Za pomocą takiego spojenia tkanek krzew jemioli wygląda jakby gałęź drzewa żywiciela.

2. *Pasorzyty korzeniowe z rodziny Sandalowcowatych (santalaceae) i szelężnikowatych (Rhinanthaceae)*, z których pierwszej przedstawicielem jest u nas *Thesium*, drugiej zaś *Melampyrum* (przeniec), *Rhinantus* (szelężnik), *Euphrasia* (światlik) i *Pedicularis* (gnidosz), rosną w lasach i na łąkach, po części jako chwasty na polach; puszczają korzenie w ziemię i wyglądają jak inne rośliny. Mogą one wtedy tylko rosnąć, gdy obok nich znajdują się inne rośliny zielone; na korzeniach mają małe brodawkowate

ssawki, które, przyrastając do korzeni tych roślin, ciągną z nich soki. Niekiedy ssawki te przyrastają do szczytków roślin umarłych, możliwem więc jest, że żywią się również na sposób roztoczy.

C. Rośliny owadożerne.

Niektóre rośliny chlorofilowe jawnokwiatowe mają szczególne przystosowania, przy których pomocy mogą przyswajać pokarm zwierzęcy. Do tych tak zw. *owadożernych* lub *mięsożer-nych* roślin należą: mucholówka (*Dionea muscipula*), zwierająca szybko liście przy podrażnieniu przez dotknięcie owadów, które w taki sposób zostają uwięzione; dalej różne gatunki rosiczek (*Drosera*); u tych górna powierzchnia liści pokryta jest włoskami gruczolkowemi, zawierającemi lepłą wydzielinę, w której więzną siadające na liściu owady; następnie otaczają je nachylające się ku nim wskutek podrażnienia włoski; gatunki tłustosza (*Pinguicula*), które chwytają owady, zaginając nad niemi brzeg liścia; wreszcie należy tu dzbanusznik (*Nepenthes*) i *Saracenia*, których liście mają postać dzbanuszka, wypełnionego cieczą, wydzieloną z gruczolków; owady, wpadając do niej toną. Różne organy, znajdujące się na liściach roślin owadożernych (u mucholówki są to gruczolki, u rosiczek gruczolowate główki włosków, u dzbanusznika i saraceni gruczolki wewnętrznej powierzchni dzbanuszka) wydzielają sok, zawierający pepsynę, która zamienia na peptony ciała białkowe owadów lub umyślnie położonych kawałeczków mięsa, a więc je trawi. Jednocześnie wydzielają się kwasy (prawdopodobnie organiczne, mianowicie mrówkowy, propionowy i masłowy), które przyczyniają się do rozpuszczenia ciał białkowych. Peptony i ciała białkowe zostają prawdopodobnie wchłonięte przez same gruczolki wydzielające. Dowiedziono dla niektórych z tych roślin, że wydzieliną następuje wskutek podrażnienia (tak np. dzieje się u rosiczki, mucholówki i tłustosza) bądź chemicznego, przy czem szczególnie oddziaływają ciała azotowe, bądź mechanicznego. Nie jest jednak pożywienie to dla roślin owadożernych niezbędnem, albowiem mogą się i bez niego pomyślnie rozwijać. Zda-je się jednak, że sprzyja ono wzrostowi, gdyż odżywiane w ten

sposób rosiczki wydawały więcej kwiatów, nasion i substancyi organicznej niż rośliny pozbawione pożywienia zwierzęcego ¹⁾.

II. Pierwiastki substancyi niepalnej czyli pożywienie mineralne.

1. Siarka.

Każda roślina i każda część rośliny zawiera siarkę. Jest to bardzo zrozumiałe, albowiem pierwiastek ten wchodzi w skład ciał białkowatych i dla tego znajduje się w protoplazmie każdej komórki. Ilość siarki jest więc w pewnym stosunku do ilości zawartych w częściach roślin ciał białkowatych; tak na 100 cz. popiołu znajdujemy kwasu siarczanego: w ziarnach łubinu 0,17, w ziarnach żyta 0,02; w liściach kartofli 0,54 i w bulwach ziemniaków 0,24, w drewnie 0,025. Usuwając zupełnie siarkę z pożywienia roślin przeszkadzilibyśmy ich rozwojowi. Najwłaściwszą formę, w której siarka może być przyswajana, stanowią siarczany. Kainit, siarczan amonu i gips są nawozem, nie tylko dla zawartości potasu, wapnia i azotu, lecz i dla tego, że zawierają kwas siarczany; z powodu jednak nieznacznej ilości siarki w roślinach nawozy siarczane mają tylko podrzędne znaczenie, albowiem rośliny mogą znaleźć w każdym prawie gruncie potrzebną ilość tego pierwiastku. W jaki sposób przyswajają rośliny siarkę z wchłoniętych przez korzenie siarczanów, bliżej nie wiemy; znajdujemy ją po części w postaci tych soli w roślinach. W kiełkującym grochu znaleziono 2—3 razy więcej siarki w postaci siarczanów niż w nasionach niekiełkujących. Zdaje się więc, że kwas siarczany jest stopniem, poprzedzającym powstawanie białka, i że przy rozszczepianiu się tego ciała tworzy się z niego na nowo, aby zostać ponownie użytym przy odtwarzaniu się białka w nowych częściach roślin.

Niektóre nieliczne zresztą rośliny zawierają prócz tego siarkę w innych związkach. Tak w czosnku znajduje się ona w po-

¹⁾ Nowsze badania (Tischutkin w Ber. d. deutsch Bot. Ges. 1887) wykazały, że przemiana białka na peptony w liściach tłustosza (*Pinguicula*) odbywa się pod wpływem dostających się z powietrza bakteryj; to samo wykazał Rafał Dubois (Comptes rendus 1890. T. III. s. 315 dla *Nepenthes*). Możliwem jest że i u innych roślin t. zw. „owadożernych“ peptonizacya odbywa się nie pod wpływem wydzielanego przez nie fermentu, lecz wskutek działania dostających się z zewnątrz mikrobów.

staci olejku czosnkowego czyli siarku alilu; w niektórych krzyżowych w postaci olejku gorczycznego czyli siarkocyanku alilu.

2. Fosfor.

Pierwiastek ten wchodzi również w skład wszystkich części roślin; znajduje się on w nich jako kwas fosforowy, towarzyszący zawsze ciałom białkowatym, jakkolwiek nie należy do ich składu ¹⁾. Ilość kwasu fosforowego jest tem większa im więcej ciał białkowatych w roślinie. Tak na 100 części popiołu znajdujemy w ziarnach łubinu 1,65 kwasu fosforowego, w lodydze i liściach łubinu 0,44; w nasionach lnu 1,53; w ziarnach żyta 0,98, w słomie żytniej 0,24; w bulwach ziemniaków 0,65; w drewnie 0,05. Bez fosforu nie może się rozwijać żadna roślina, a ponieważ zużywają one znaczną jego ilość, może więc nieraz zabraknąć tego pierwiastku w gruncie; ztąd wynika użyteczność nawożenia związkami, zawierającymi kwas fosforowy. Wchłania się on w postaci fosforanów. W naturze i w przeważnej części nawozów fosfor występuje w postaci soli wapiennej kwasu trójzasadowego ($\text{Ca}_3 \text{P}_2 \text{O}_8$); taki związek znajduje się w guano, kościach i fosforytach. Fosforan trójzasadowy z trudnością rozpuszcza się w wodzie; obecność soli kuchennej lub siarczanu amonu ułatwia jego rozpuszczenie. Mniemanie, jakoby przeistoczenie fosforanu trójzasadowego na łatwiej rozpuszczalne związki przyczynia się do wchłaniania jego przez rośliny, było przyczyną, że nawozy wyżej wymienione traktowano kwasem siarczanym lub solnym dla przeprowadzenia soli trójzasadowej w jednozasadową, czyli kwaśny fosforan wapnia ($\text{Ca H}_4 \text{P}_2 \text{O}_8$), ten ostatni jednak przechodzi w gruncie powoli w sól trójzasadową. nierozpuszczalne trójfosforany mogą być przez roślinę zużytkowane, a zwłaszcza, gdy znajdują się w stanie wielkiego rozdrobnienia. Istotnie bardzo dobre rezultaty wynikają z użycia *mąki kostnej, osadzonego drogą chemiczną fosforanu wapnia i żużli Thomasa*, w których związek ten znajduje się w stanie bardzo drobnego pyłu. Tłumaczy się to własnością włósników obrastania drobnych cząstek ciał stałych i rozpuszczania ich we własnej wydzielinie. Niewiadomo jaki stosunek istnieje pomiędzy ciałami białkowatymi a kwasem fosforowym; ale o istnieniu jego świadczy fakt, że dla osiągnięcia dobrego odżywiania roślin powin-

1) Kwas fosforowy należy do składu nukleiny.

(Przyp. tłum.)

na istnieć pewna proporcja między nawozem azotowym, a fosforowym. Stosunek fosforu do azotu powinien być mniej więcej jak 1 : 2.

3. Chlor.

Chlor w postaci chlorków stanowi składową część wszystkich bez wyjątku roślin; znajduje się jednak zawsze w nieznacznej ilości, nie przewyższającej ułamków procentu suchego popiołu. Tylko rośliny, obfitujące w potas i sod, zawierają więcej chloru; tak w burakach czerwonych stanowi on 2,25% w burakach cukrowych 2,01%. Obfitują w chlor rośliny solankowe, rosnące na gruncie, zawierającym wiele chlorku sodu. Zachowanie się roślin wobec tej soli jest bardzo niejednostajne. Gdy bowiem rośliny solankowe z łatwością przenoszą ogromną jej zawartość w gruncie, dla większej części innych nieznaczna już ilość chlorku sodu jest szkodliwą; tak zawartość $\frac{1}{3}$ % tej soli w wodzie wpływa już ujemnie na kiełkowanie rzepy, konieczyiny i lnu. Niektóre chwasty jak skrzyp polny mogą być wyniszczone za pomocą nawozów słonych. Chlorki wapnia i magnezu wpływają również szkodliwie; w mniejszym stopniu chlorek potasu. Ten ostatni używany bywanawet jako nawóz z powodu zawartości potasu; dowiedziono też, że jest to związek potasowy najłatwiej przez rośliny przyswajany. Przynajmniej roślinki gryki wydawały przy innych warunkach równych 387 ziarek w roztworach, zawierających potas w postaci chlorku; 184 ziarna z fosforanem kwaśnym potasu, 147 ziarn z siarczanem i 150 ziarn z azotanem potasu. Doświadczenia, w których gryka wydawała kilka nasion zdolnych do kiełkowania w roztworach pożywczych, pozbawionych zgola chloru, dowodzą tylko, że ilość tego pierwiastku zawarta w nasieniu wystarcza, aby roślina mogła jako tako wzrastać; nie służą jednak za dowód zbyteczności chloru dla roślin. W solirodku (*Salicornia*) brak chloru zmienia tylko wygląd zewnętrzny: roślinki stają się cieńsze, nieprzejrzyste i ciemnozielone; pochodzi to ztąd, że komórki miąższu łodygi są w nich 3—4 razy węższe niż w normalnych, w których te wielkie soczyste komórki nadają charakterystyczny pozór soczysty, półprzejrzystość i bladzieloną barwę.

4. Krzem.

Kwas krzemowy znajduje się w przeważnej części roślin w nieznacznej ilości; niektóre jednak łodygi i liście zawierają

ogromne ilości tego związku. Do takich obfitujących w krzemionkę roślin należą zboża. W 100 częściach¹⁾substancji suchej słoma żytnia zawiera 2,7 cz. krzemionki; plewa pszenicy 12,17 cz.; ości jęczmienia 10,07; krzemionka stanowi przytem znaczną bardzo część substancji nieorganicznej; wynosi bowiem w słomie 50—70% popiołu, w plewie i ości wyżej 80%. Jeszcze więcej krzemionki zawierają skrzypy (*Equisetacea*); stanowi ona w nich 66—97 procentów popiołu. Krzemionka znajduje się w każdym gruncie i dostaje się do roślin w postaci krzemianów rozpuszczalnych; użytkuje się zaś jako materiał budowlany do utworzenia błon, w których poczęści zastępuje błonnik. Krzemionka osadza się prawie wyłącznie w ściankach zewnętrznych naskórka i stanowi przyczynę chropawości liści traw, ości zbóż i t. d.; z powodu jej obecności łodygi skrzypów używają się do polerowania metali i t. d. W całej klasie okrzemek krzemionka stanowi stałą składową część błony. Wszystkie wymienione tu komórki, przesiąknięte krzemionką, zostawiają po spaleniu szkielec lub pancierz krzemionkowy, zachowujący wszystkie szczegóły budowy błony komórkowej. W nasionach przeciwnie krzemionka zajmuje stanowisko bardzo podrzędne; tak np. ziarna żyta i pszenicy zawierają tylko 0,04 części krzemionki; ziarna łubinu około 0,01 części na 100 części suchej substancji. Obecność krzemu w roślinach powoduje twardość i sztywność liści, która może być korzystną dla tych roślin, chroniąc je od wypasienia przez bydło. Nie przyczynia się jednak ona do wzmocnienia rośliny; funkcyja ta bowiem przypada w udziale tkankom mechanicznym¹⁾. Niema więc powodu uważać krzemu za niezbędny dla roślin pierwiastek; istotnie doświadczenia wykazały, że nawet zboża mogą się rozwijać normalnie w cieczach pożywcyh, pozbawionych tego ciała, tracą one przytem tylko ostrość i chropawość liści.

5. P o t a s .

W liczbie niewielu metali niezbędnych dla roślin potas zajmuje wybitne stanowisko. Znajduje się on we wszystkich częściach roślin w postaci soli kwasów tak organicznych, jak nieorganicznych. Sama już okoliczność, że ilość potasu docho-

¹⁾ Tę rolę przypisuje jej jednak Kohl.

dzi w niektórych roślinach do kilku procentów substancji suchej, przemawia za znaczeniem tego pierwiastku dla ich życia. Żadnej rośliny nie zdołamy doprowadzić do zupełnej dojrzałości, jeśli będziemy ją żywić roztworami pożywczymi, nie zawierającymi potasu. Wobec wspólnej wszystkim roślinom potrzeby soli potasowych łatwo może ich w gruncie zabraknąć, albowiem nigdy nie znajdują się tam w zbyt wielkiej ilości. Nawożenie więc solami potasu może w wielu wypadkach być bardzo korzystne i przyczyniać się do zwiększenia plonu, zwłaszcza gdy jednocześnie dbamy o fosforany. Sole nieorganiczne potasu, jak siarczan, fosforan i chlorek, mogą służyć za pożywienie, chociaż skuteczność ich zdaje się że jest zależna od gatunku rośliny i własności gruntu. Doskonały nawóz potasowy stanowi kainit, składający się z siarczanu potasu i magnezu, oraz chlorok potasu; Rzepa i ziemniaki udają się najlepiej przy użyciu chlorku potas-koniczyna—przy użyciu kainitu. Na gruntach torfiastych należy używać zawsze kainitu. Obfitujące w potas produkty lub szczątki, jak wyłoczyny ziemniaków, obcinki buraków, melas i wody melasowe, wyłoczyny winogron i liście winorośli, użyte jako nawóz bądź wprost, bądź przez spalenie ich inwentarzem mogą także dostarczyć ziemi pewną ilość potasu.

Znaczenie potasu w roślinach jest zagadkowe. Wiadomo wprawdzie, że rośliny, wytwarzające wiele cukru lub mączki, szczególnie obfitują w potas. Na 100 części substancji suchej zawierają potasu: bulwy ziemniaków 2,27; ich liście 1,86; korzenie burak pastewnego 3,47; jego liście 4,68; liście buraków cukrowych nawet 5,00. Zielone części t. j. liście i lodyga innych roślin zawierają także znaczne ilości potasu; tak np. trawy słodkie 2,08, młoda koniczyna polna 3,59; młody owies 3,35 procentów substancji suchej. Liście tytoniu zawierają do 3,69%. Przeciwnie w nasionach ilość potasu jest mniejsza; wynosi ona w ziarkach owsa 0,51%, w nasionach buraków 1,30; w ziarnkach łubinu 1,17. Drewno pni większych zawiera zaledwie 0,05—0,15% potasu. Rośliny, wytwarzające wiele cukru i mączki, nazwano dla tej przyczyny potasowemi i przypuszczano, że istnieje pewien związek pomiędzy tym pierwiastkiem a wodanami węgla w roślinie. Z doświadczeń nad gryką zawnioskowano nawet, że potas jest potrzebny do wytworzenia mączki w ciałkach chloroflowych i do dalszych jej wędrowek. Doświadczenia te jednak nie upoważniają do podobnego wniosku. Aby ocenić nale-

życie znaczenie potasu w roślinach, należy wziąć pod uwagę, że, nie tylko w roślinach potasowych, ale i w innych, pierwiastek ten jest dość jednostajnie rozdzielony we wszystkich organach. Jeśli posadzimy groch lub fasolę w roztworach pożywczych, nie zawierających potasu, to rosną one jakiś czas przy pomocy zawartego w nasieniu zapasu a i wytwarzają kilka liści dobrze rozwiniętych; następnie wzrost ustaje, albo trwa dalej w ten sposób, że liście dolne zamierają, podczas gdy rozwijają się nowe. Niewielka więc ilość potasu, zawartego w pierwszych liściach, może być zużytkowana dla tworzenia nowych. Z doświadczeń tych wynika wielka ruchliwość potasu w roślinach. Jeśli ograniczymy ilość potasu zapasowego, obcinając liścienie w początku kiełkowania, to roślinki przybierają postać karłowatą, rozwój jednak posuwa się stosunkowo znacznie dalej, albowiem organy mniejsze nie zużywają tej ilości pierwiastku, co normalne. Nawet w takich prawie zupełnie pozbawionych potasu roślinach można udowodnić rozkład dwutlenku węgla, tworzenie się mączki, wędrówkę cukru, nagromadzenie i użycie mączki w pochwie mączkonośnej, tworzenie się chlorofilu i garbników. Należy więc przypuszczać, że potas nie służy jednej jakiegokolwiek czynności twórczej w roślinie, lecz że obecność niewielkich ilości tego pierwiastku jest potrzebna do wytworzenia każdej komórki w sposób nam bliżej nieznanym; że zostaje on w takim stosunku do protoplazmy jak azot, siarka i fosfor, i że przeważnie potrzebny jest dla rozwoju młodych tkanek, albowiem wędruje zawsze do rosnących części rośliny. W roślinach wyższych nie może potasu zastąpić żaden ze zbliżonych do niego pierwiastków, a najmniej sól ¹⁾. Dowiedziono jednak, że w grzybach mogą go zastąpić rubid i cez, ale nie sól i nie lityn.

6. Wapień.

Sole wapienne spotykamy we wszystkich roślinach i częściach roślin, niekiedy w bardzo znacznej ilości. Stanowią one stałą chociaż ilościowo niejednakową składową część wszystkich

¹⁾ Nowsze doświadczenia wykazały, że wprawdzie nie we wszystkich ale w niektórych czynnościach sól może w roślinach zastępować potas tak, że wobec większej ilości sodu w ziemi roślina może się zadowalać mniejszą ilością potasu. Prawdopodobnie sól może zastępować potas w udziale, jaki przypada temu pierwiastkowi w wytwarzaniu turgoru roślinnego.

(Przyp. tłum.)

gruntów i wód gruntowych, najczęściej w postaci węglanów, po części jako azotanów; w nawozach fosfornych w postaci fosforanów, w gipsie jako siarczan. Przy sztucznej hodowli rośliny wcale się nie rozwijają, jeśli roztwory pożywece nie zawierają wapnia. Łatwo też może nastąpić brak wapnia w gruntach ornych, co wpływa ujemnie na rozwój roślin. W takich wypadkach za nawóz służyć może wapno lub margiel, dający doskonałe skutki przy jednoczesnem zaopatrzeniu ziemi w fosforany i potas. Znaczenie wapnia w roślinie nie jest jeszcze wyjaśnione w sposób wystarczający. Że inne jest zgoła niż potasu, wynika już z rozpowszechnienia tego metalu w różnych częściach rośliny. Wapień nagromadza się mianowicie przeważnie w powietrznych jej częściach, w organach wegetacyjnych, i zostaje tu bez dalszego ruchu do samej śmierci tych organów; ilość jego w organach podziemnych i w nasionach jest podrzędna. Tak np. na 100 części suchej substancyi:

Liście ziemniaków zawierają wapnia	2,80
Bulwy ziemniaków	0,09
Słoma żytnia	0,41
Ziarno żyta	0,05
Grochowiny	1,88
Ziarnka grochu	0,13
Liście tytoniu	7,65
Liście chmielu	7,67
Drewno	0,02—0,1.

W zielonych częściach roślin wapień znajduje się najczęściej w postaci kryształów szczawianu, które leżą w osobnych komórkach, wyróżniających się często kształtem od innych komórek miąższu; komórki takie znajdują się zarówno w korze, jak w rdzeniu i w śródliściu. Kryształy szczawianu ¹⁾ zostają zwykle nierozpuszczone do śmierci organu. W nasionach również znajduje się często szczawian wapnia w formie drobnych kryształów obok związków azotowych w komórkach endospermy lub liścieni, zawierających materyały zapasowe. Tłumaczono na tej podstawie znaczenie wapnia w taki sposób, że służy on do związania kwasów, niezbędnych dla roślin t. j. siarczanego, fosfornego i azotnego, które w połączeniu z wapniem zostają wchło-

¹⁾ Przekonano się (Schimper), że niektóre szczawiany wapnia bywają rozpuszczone i wchłonięte.

nięte, aby uleść dalszemu przerobieniu; wapień zaś, zobojętniony przez kwas organiczny, zostaje strącony. Jednak tłumaczenie takie nie jest wystarczające, albowiem jeśli w roztworze pożywym znajdują się wszystkie te kwasy w postaci związków równie łatwo przez roślinę wchłanianych, ale niema wapnia, to rośliny giną bardzo prędko. Jeśli posadzimy fasolę lub ziarno kukurydzy w podobnych niezawierających wapnia roztworach, to wkrótce korzeń traci jędrność i ginie, poczem następuje i śmierć całej rośliny. Wiadomo, że wapień znajduje się w roślinach nie tylko w postaci szczawianu, ale i w innych formach i tak jako węglan wchodzi w skład błon komórkowych; często też i drobne kryształki szczawianu wapnia inkrustują błony. Możliwą jest rzeczą, że wapień wchodzi w skład błon jako konieczny materiał budowlany. W roślinach wyższych wapień nie daje się zastąpić przez żaden inny pierwiastek; ale w grzybach może go zastąpić magnez, baryt, lub stront.

7. Magnez.

Pierwiastek ten stanowi również powszechną i niezbędną do odżywiania część składową; mało jednak wiemy o jego znaczeniu w roślinie. Jedynym ustalonym faktem jest, że występuje on w postaci soli magnezowych w każdej części rośliny, przeważnie zaś znajduje się w nasionach, gdy przeciwnie w częściach wegetacyjnych nigdy go niema tyle, ile wapnia. Tak na 100 części substancji suchej znajdujemy magnezyi:

w ziarnkach żyta. . . .	0,24
„ słomie żytniej	0,13
„ ziarnkach grochu. . . .	0,21
„ grochowinach	0,41
„ nasieniu lnu	0,52
„ lodydze lnu	0,23

W liściach tytoniu i chmielu, obfitujących w wapień, znajdujemy odpowiednio wielką ilość magnezyi:

w liściach tytoniu	2,51
„ „ chmielu	1,16.

Przyпускаją więc, że obecność tego pierwiastku zostaje w związku z obecnością ciał białkowatych. Za pomocą mikroskopu można wykryć sole magnezowe tylko w postaci tak zwanych globoidów, znajdujących się w ciałkach glutenowych nasion; globoidy są związkiem magnezu i wapnia z kwasem fosforowym;

prawdopodobnie jest to jedyna forma, w której się przechowuje magnez i kwas fosforowy jako materiał zapasowy. Godnem jest uwagi, że w grzybach magnez może być zastąpiony przez wapień, baryt lub stront.

8. Ż e l a z o.

Jedynie z ciężkich metali żelazo jest niezbędne do odżywiania roślin zielonych; grzyby jak się zdaje mogą się obejść bez tego pierwiastku ¹⁾. W roślinach jednak znajduje się bardzo nieznaczna ilość żelaza w postaci soli. Tak na 100 części suchej substancji zawiera się tleniku żelazu:

w słomie żytniej	0,05
„ ziarnach żyta	0,03
„ słomie kukurydzy	0,07
„ ziarnach	0,019
„ liściach kartofli	0,24
„ bulwach	0,04
„ liściach tytoniu	0,56
„ igłach sosny	0,04
„ drewnie sosny	0,003.

Bez żelaza rośliny nie mogą rozwijać się normalnie; ukazując się w takim razie zboczenia świadczą, że obecność żelaza niezbędna jest dla powstawania chlorofilu. Przy wyrastaniu nasion w roztworach pozbawionych żelaza tylko pierwsze liście są zielone, t. j. te, które korzystają z zawartego w nasieniu żelaza; wszystkie zaś późniejsze są bladżółte; roślina cierpi na chorobę zwaną *bladaczka* (rośliny chlorotyczne). Jeśli dodamy do cieczy pożywnej nieznacznej ilości jakiegokolwiek soli żelaznej, to już po upływie kilku dni występuje normalne zielone zabarwienie; ciółka chlorofilowa, które bez żelaza były białe lub bladżółte, przybierają barwę zieloną. Jeżeli ciecz zostaje nadal bez żelaza, to zdarza się niekiedy, że pierwsze liście, które pozieleniały dzięki zapasowi żelaza w nasieniu, tracą swoją barwę i zamierają; a natomiast liście wyżej położone nagle zielenieją, oczywiście wskutek tego, że część żelaza, zawartego w pierwszych, mogła być zużytkowaną na nowo. Pokazuje się stąd, że pierwiastek ten, w razie gdy jest w niewystarczającej dla rośliny ilości, mo-

¹⁾ Molisch wykazał, że i grzyby, potrzebują koniecznie do swego rozwoju małych ilości żelaza. (Przyp. tłum.)

że wędrować również jak i potas z jednych części do drugich. Roślina przez dłuższy czas pozbawiona żelaza wkrótce ginie; inaczej zresztą być nie może wobec braku chlorofilu, a zatem i przyswajania dwutlenku węgla. Bliższy stosunek metalu tego do chlorofilu nie jest wyjaśniony; przypuszczenie bowiem, że żelazo wchodzi w skład tego barwnika utraciło prawdopodobieństwo ¹⁾. Żelaza nie może zastąpić w roślinie żaden z blizkich mu pierwiastków, jak mangan, kobalt lub nikiel.

9. Inne pierwiastki.

Co do innych pierwiastków, znalezionych w roślinach, pytanie czy są dla nich niezbędne może się stosować tylko do tych które albo są rozpowszechnione we wszystkich roślinach, albo też wchodzi stale w skład pewnych gatunków. Bardzo pospolitym w roślinach jest *sód*. Atoli przy rozpowszechnieniu jego w przyrodzie, oraz rozpuszczalności soli jego, obecność jego w roślinach nie służy jeszcze za dowód, że jest im potrzebny. Ilość jego najczęściej nie przewyższa ułameków procentu. Wyjątek stanowią części roślin obfitujące w potas (tak np. w burakach siewnych znaleziono do 3,08% sodu), a szczególnie rośliny solankowe, zawierające niekiedy bardzo znaczne ilości sodu. Próby jednak hodowli w roztworach pozbawionych sodu dowiodły, że nie tylko rośliny zwyczajne, ale nawet solankowe, mogą się bez niego rozwijać normalnie. *Mangan* wprawdzie znajduje się w wielu roślinach w nieznacznej ilości; ponieważ jednak rośliny rozwijają się normalnie w roztworach pozbawionych tego pierwiastku, nie należy więc mu przypisywać znaczenia w ich rozwoju. Ślady *glinu*, które się znajdują w popiołach wielu roślin, należy przypisać zanieczyszczeniu; hodowle sztuczne dowodzą, że rośliny mogą się bez niego rozwijać. Czy ten metal ma jakie znaczenie dla widlaków, w których znaleziono większą jego ilość, dotąd nie wyjaśniono. *Jod* i *brom* należą do tych pierwiastków, które znajdują się stale w pewnych gatunkach roślin, a mianowicie w roślinach morskich; niewiedomo jednak, czy one mają jakie znaczenie dla wymienionych roślin. *Fluor*, znaleziony w małej ilości w niektórych roślinach lądowych, a mianowicie

¹⁾ Prawdopodobnie bladaczka pochodzi stąd, że nienormalnie rozwinięte w braku żelaza ciała protoplazmatyczne nie mogą wytworzyć zieleni. Chlorofil stanowczo żelaza nie zawiera, natomiast znajduje się ono w protoplazmie i błonach komórek (Mollisch).

w plewach zbóż, nie jest dla nich niezbędny, czego dowodzą hodowle sztuczne.

DZIAŁ TRZECI.

Substancje organiczne, sposób ich powstawania i znaczenie dla roślin.

Z niewielu materyałów surowych, które stanowią pożywienie rośliny wytwarza ona wielką ilość i różnorodność ciał organicznych; odbywa się więc w roślinie żywej czynność twórcza niemająca sobie równej.

Przyswajanie produktów pożywczych, o którym była mowa w rozdziale poprzednim, stanowi tylko nieznaczną część odbywających się w niej przeobrażeń chemicznych. Pierwsze produkty przyswajania są prawie we wszystkich roślinach jednakowe; z dwutlenku węgla i wody powstają wodany węgla, z pożywienia azotowego, amidy lub ciała białkowate. Produkty te stanowią jednak tylko materyał, z którego wyrabia roślina liczne związki, wchodzące w jej skład. Pomiedzy temi ostatniemi są takie, które się spotykają we wszystkich roślinach, inne zaś znajdują się tylko w niektórych. Jakkolwiek niedokładną posiadamy znajomość tej strony życia rośliny, nie możemy jednak przypuścić, aby to wytwarzanie rozmaitych związków było zupełnie bezcelowem; przeciwnie należy przypuścić, że każde powstające w roślinie ciało ma pewne przeznaczenie w jej życiu. Przeznaczenie to naturalnie nie ma nic wspólnego z użytkami jakie ciągniemy z rozmaitych związków organicznych roślinnego pochodzenia, dla których otrzymania uprawiamy tyle roślin.

ROZDZIAŁ I.

Znaczenie związków organicznych dla rośliny.

Rozważając związki organiczne ze stanowiska ich znaczenia dla rośliny, możemy je podzielić na kilka kategorii; okaże się przytem, że często jedno i to samo ciało wypadnie zaliczyć do rozmaitych kategorii.

I. Materyały budowlane.

Tak nazywamy związki, które są używane na utworzenie każdej komórki, na budowanie tkanek czyli stałych części składowych rośliny. Mamy tu na myśli głównie protoplazmę

i błonę komórkową. Co do ostatniej to materyałem do jej budowy jest przedewszystkiem błonnik, w błonach zdrzewniałych prócz tego substancya drzewna, korek zaś i kutyna dla tkanki korkowej, i błon kutynizowanych. W wypadkach szczegółowych służą ku temu i substancye nieorganiczne: krzemionka lub sole wapienne. Protoplazma i jądro składają się przeważnie z rozmaitych ciał białkowych. Do materyałów budowlanych można zaliczyć także ciała, których obecność w komórkach soczystych przyczynia się do spotęgowania ich jędrności; do takich należą przeważnie niektóre rozpuszczalne wodany węgla, a mianowicie gatunki cukru, prócz tego kwasy roślinne, również sole kwasu azotnego i innych kwasów nieorganicznych.

II. Związki służące do przyswajania i trawienia.

Widzieliśmy wyżej, że do przyswajania dwutlenku węgla roślina potrzebuje chlorofilu, który odpowiednio do przeznaczenia zostaje na ten wytworzony w organach właściwych, chociaż nie nie wiemy bliżej o sposobie działania tego barwnika. Korzenie roślin osobnej wydzielinie zawdzięczają zdolność rozpuszczania części składowych gruntu, które w tym stanie mogą być wchłonięte; czynna rola przypada tu kwasom organicznym. W roślinach owadożernih wytworzona przez nie pepsyna i jednocześnie wydzielany kwas organiczny wykonywają prawdziwe trawienie ciał białkowych ujętych przez nie owadów.

III. Formy przechodnie.

Ważnem zjawiskiem w roślinach wyżej uorganizowanych, których ciało składa się z rozmaitych członków, jest przenoszenie związków chemicznych z jednego organu do drugiego. Przenoszenie to jest z tego względu koniecznem, że wchłanianie i przyswajanie pokarmu odbywa się w miejscach ściśle oznaczonych; również i tak zwane substancye zapasowe nagromadzają się zawsze w pewnych organach, skąd w swoim czasie przechodzą do innych części rośliny.

Przenoszenie produktów przyswajania. We wszystkich wyższych roślinach zielonych substancye bezazotowe utworzone w komórkach chlorofilowych przez przyswajanie dwutlenku węgla i wody wędrują z liści do miejsca, gdzie zostają użyte, t. j. do dojrzewających owoców, rosnących wierzchołków i pędów lub tworzących się pączków, do warstwy miazgowej rosnących

na grubość drzew, do wierzchołków korzeni, wreszcie do tych tkanek i organów, w których nagromadzają się materiały zapasowe, a więc do bulw, kłączy, korzeni, cebul i t. d. niemniej i do tkanki drzewnej pni. Widzieliśmy jednak, że produktem przyswajania jest mączka, ukazująca się w postaci ziarenek w ciałach chlorofilowych. Ztąd wędruje ona przez nerwy i żeberka liści, przez ich ogonki i łodygę do wyżej wspomnianych miejsc; wędrówka ta możliwa jest tylko w postaci jakiegoś rozpuszczalnego wodanu węgla, któryby mógł osmotycznie dostawać się z komórki do komórki. Związkiem takim jest jeden z gatunków cukru, najczęściej cukier gronowy, sączący się przez tkankę komórek mięszzowych, otaczających wiązki naczyniowe liści a w łodydze przez komórki kory i rdzenia. Na korzyść tego przypuszczenia przemawia ta okoliczność, że cukier gronowy znajduje się stale w wymienionych wyżej tkankach rozmaitych roślin, a mianowicie w soku składających je komórek; jeśli zaś liście rośliny zostają bez światła, to cukier znika stopniowo od góry ku dołowi, z początku z żeberek, później z ogonków liściowych. Dawne mniemanie jakoby substancje bezazotowe wędrowały po tak zwanej „pochwie krochmalnej“ (Stärkescheide)¹⁾, wiązki naczyniowej zostało obalone. Co do substancyj azotowych, mniemano do najnowszych czasów, że przenoszą się w tym samym kierunku, co i bezazotowe z liści ku innym organom, lecz po innej tkance mianowicie po łyku. Jedyłą podstawą przypuszczenia tego była ta, że tkanka łykowa, ciągnąca się również bez przerwy wzdłuż całej rośliny jak i wiązki naczyniowe, zawsze obfituje w ciała białkowe. Jednak związki azotowe znajdują się również i w innych bez przerwy ciągnących się tkankach, a mianowicie w tych samych komórkach mięszzowych, które służą za drogę do wędrówki wodanom węgla. Ukazują się tu one w postaci azotanów i amidów, a więc związków, które skutkiem własności osmotycznych i rozpuszczalności lepiej się nadają do przenoszenia niż ciała białkowe. Opisując przyswajanie azotu wspominaliśmy, że rośliny można ze względu na tę czynność podzielić na dwie grupy. Do jednej należą bardzo liczne rośliny, w których ma-

1) Tak nazwał Sachs warstwę komórek wydłużonych kory otaczającą wiązkę naczyniową i zawierającą ogromną ilość mączki na wiosnę.

teryał surowy, t. j. azotany, zostają wchłonięte bez żadnej zmiany przez większą część tkanek, a zwłaszcza przez tkanki miększe. Każdy organ rośliny przyswaja je więc wprost, tak że wędrowka produktów przyswojenia jest zbyteczną ¹⁾. U innych roślin, przeciwnie, znajdujemy azotany tylko w korzeniach. Rośliny, żywiące się azotem próchnicy przy pośrednictwie grzybów nie zawierają wcale azotanów. Możliwe tu są dwa przypuszczenia, z których żadne nie jest dowiedzione: albo azotany zostają w korzeniu zmienione na amidy, które wędrują dalej po tkankach rośliny, albo też roślina żywi się azotem z powietrza, który przemienia się na substancje organiczne w pewnych organach (a mianowicie w liściach), skąd wędruje w postaci amidów lub innych łatwo rozpuszczalnych i przesiąkających przez błony związków do mięszu korowego. Dawni fizyologowie, opierając się na wynikach doświadczeń z obrączkowaniem kory, do których przywiązywano wielką wagę, przypuszczali istnienie tak zwanego prądu zstępującego; prąd ten miał się składać z dwu: jednego, zawierającego związki azotowe i przebiegającego w tkance łykowej, z drugiego z ciał bezazotowych w mięszu korowym. Doświadczenie polegało na tem, że na gałęziach lub młodych pniach ścina się kora aż do drewna w postaci pierścienia; ponieważ dopływ wody przez drewno nie przerywa się roślina zachowuje świeżość części, leżących nad raną obrączkową. Na górnym brzegu tej rany wytwarza się przytem wskutek podniesionej czynności miazgi zgrubienie w postaci wałka, gdy tymczasem nie podobnego nie daje się dostrzedz na dolnym brzegu. Uważano to za wynik nadmiernego nagromadzenia substancyj plastycznych, zstępujących po tkance łykowej. Fakt ten atoli nie może służyć za dowód prądu zstępującego; jest to wprost przystosowanie, mające na celu uleczenie rany; zachodzi to zjawisko w każdej, nawet zupełnie odciętej, ale zostającej przy życiu, gałęzi drzewa: na dolnym końcu takiej gałęzi wytwarza się zasklepka, zablizniająca ranę; z tej zasklepki mogą w pewnych warunkach wyrosnąć korzenie przybyszowe. Gdyby zjawisko to było wynikiem nagromadzenia substancyj azotowych w łyku, powinnyby się ukazywać i na obrączkowanych

¹⁾ To twierdzenie autora nie jest udowodnione, a że materje azotowe już przyswojone np. w każdej roślinie wędrują, dowód tego mamy choćby przy kiełkowaniu nasion. Patrz str. 170. (Przyp. *Hum.*)

łodygach ziół, łodygi te bowiem mają taką samą budowę anatomiczną. Ale w ziołach zazwyczaj nie daje się ona obserwować, bez względu na to, czy roślina zawiera wiązki łykowe przyrzedniowce (które zatem nie zostają przerwane przy podcięciu kory), czy nie. Przyczyną takiego zachowania się ziół jestto, że nie mają one własności gałęzi: wytwarzania zasklepki na ranie i odradzania się w osobnikach niezależnych przez puszczenie korzeni przybyszowych ¹⁾.

Wędrówka substancyj zapasowych. Materiały zapasowe, spoczywające w nasieniu, a również i te, które są nagromadzone na czas zimowy w korzeniach, kłączach, bulwach i cebulach roślin trwałych, niemniej jak w korze i drewnie drzew, stanowią materiał pożywny organów, powstających przy kiełkowaniu nasienia lub przy odnowieniu życia na wiosnę; materiały te więc muszą wędrować do nowo-powstających organów. Winniśmy tu znów wyróżniać substancje bezazotowe od azotowych. Pierwsze, w jakiegokolwiek bądź formie były przechowane w roślinie, czy to w postaci mączki, czy błonnika, inuliny, cukru trzcinowego lub olejów tłuszczowych, przekształcają się dla wędrówek w cukier gronowy. Można udowodnić obecność tego ciała w tworzących się na nowo organach, a mianowicie w ich komórkach mięszzowych. Związki azotowe, które się przechowują najczęściej w postaci ciał białkowatych, wędrują przemienione na amidy, które obok cukru można wykryć w komórkach mięszzowych młodych organów w tej epoce ich wzrostu. Ztąd pochodzi znaczna zawartość asparaginy w młodych pędach szparagów, ziemniaków, łubinu, koniczyny i t. d. Ponieważ właśnie w tych młodych pędach tkanka łykowa zaledwie jest rozwinięta, nie może przeto służyć za przewodnika dla związków azotowych. W drzewach substancje zapasowe, przeznaczone do wytworzenia podczas wiosny młodych pędów, znajdują się w postaci mączki, tłuszczu, niemniej też i protoplazmy komórek tak samych pączków, jako też i gałązek jednorocznych, na których wyrastają owe pączki; ztamtąd dostają się do młodych pędów w taki sam sposób jak to,

¹⁾ Trudno przyjąć w całości zdanie autora co do roli naczyń sitowych są to jedyne twory, które budową swoją (ob. niżej) doskonale są zastosowane do doprowadzenia ciał nieosmotycznych jak białko; trudno zaś przypuszczać ażeby jedyną formą wędrówki białka w roślinie były amidy i wodany węgla. Dodać należy jednak, że do zgodnego z Frankiem wniosku przychodzi Blass (1890) na podstawie badań anatomicznych.

się dzieje w ziołach. Przeciwnie mączka, przechowująca się w miąższu drzewnym pnia i konarów lub korzeni drzew, zostaje zużyta na miejscu na wytworzenie nowego pierścienia drzewnego, do którego miazgi dostaje się najkrótszą drogą przez promienie rdzeniowe (fig. 7); potrzebny ku temu materiał azotowy dostarczają nagromadzone w łyku ciała białkowate. Część jednak mączki zimowej, przemieniona w cukier i rozpuszczona w wodzie, unosi się wraz z nią ku górze, jak tego dowodzi zawartość cukru w soku wiosennym. Są więc ciała przedstawiające stałą postać, w której wędrują pewne związki. Ciała białkowate przenoszą się w postaci amidów, a zwłaszcza asparaginy; związki bezazotowe prawdopodobnie zawsze w postaci cukru gronowego. Zachodzi przytem często zjawisko zwane *występowaniem mączki przejściowej*. Rozumiemy przez to wytwarzanie drobnych ziarenek mączki, które wkrótce znów się rozpuszczają; część cukru, w którego postaci wędrują wodany węgla, chwilowo przybiera postać mączki. Tak np. w rosnących organach rośliny widzimy często małe ziarenka mączki, powstające w komórkach podczas wzrostu tych części, a znikające ku jego końcowi, albowiem substancja ich została zużyta na utworzenie błon komórkowych. Takie czasowe wytwarzanie się mączki daje się obserwować również w tkankach, przeznaczonych do przechowywania materiałów zapasowych, tak w chwili, gdy przybywający materiał zapasowy, zaczyna przybierać stałą postać tłuszczu, cukru, błonnika, inuliny, jak również i wtedy gdy te ciała zostają rozpuszczone, dla przeniesienia w inne części. Powstawanie mączki pod wpływem światła w ziarnkach chlorofilowych jest również takim tworzeniem się jej przejściowem.

IV. Substancje zapasowe.

Roślina zabezpiecza się na czas, w ciągu którego pozbawiona jest organów odżywiania i przyswajania, przez nagromadzenie znacznej ilości materiałów zapasowych. W pownych częściach roślin w których czynność wegetacyjna została zawieszona, znajdujemy tkanki miękkiszowe napełnione substancjami zapasowemi; przy obudzeniu na nowo życia materiały te zostają odprowadzone do nowotworzących się części roślinnych i tam zużyte jako materiał budowlany. Gromadzenia się takich materiałów zapasowych roślina potrzebuje w rozmaitych wypadkach, które rozpatrzmy po kolei.

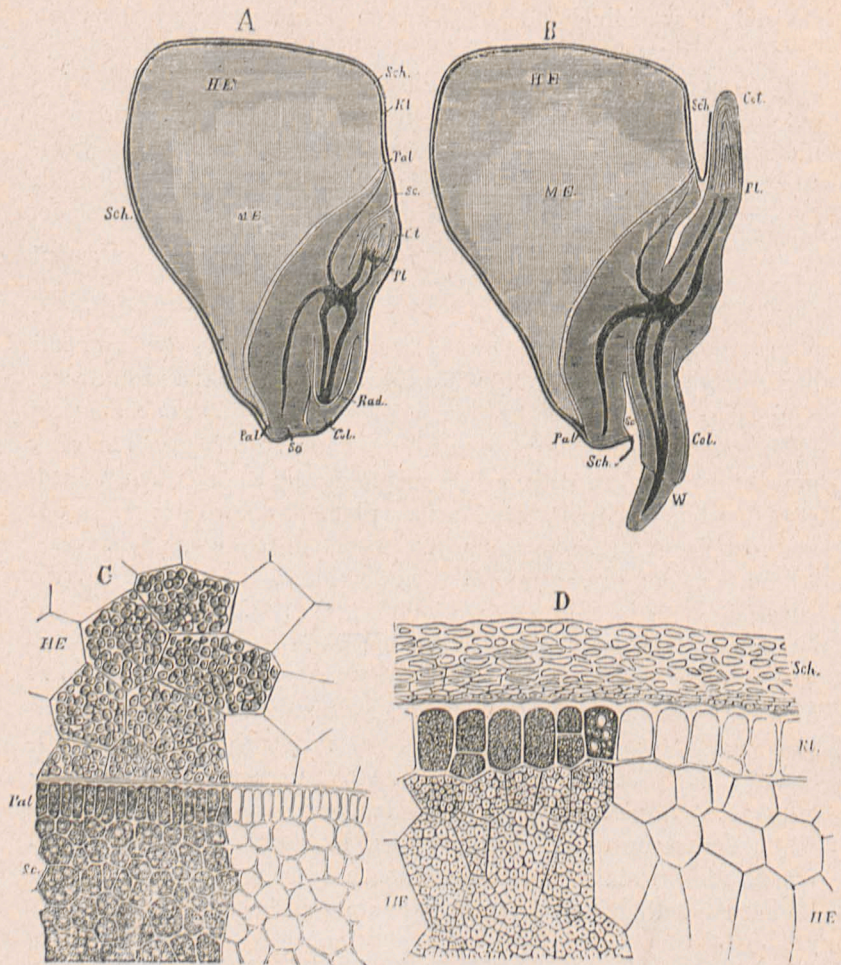


Fig. 34. Ziarnko kukurydzy z substancją zapasową.

A w stanie spoczynku; B kielkujące, w przecięciu podłużnym *sch* lupina; ME bielmo mączkowane, HE bielmo rogowe; po prawej stronie znajduje się zarodek, składający się z organu ssącego [czyli tarczy *sc*, z piórka (pączka) *Pl*, otoczonego liścieniem *cot*, w postaci pochwy] i z korzonka *Rad*, otoczonego powłoką korzonkową *Col*, z której wydobywa się przy kielkowaniu.

C miejsce zetknięcia się tarczy (*sc*) z bielmem (*ME*); komórki ostatniego wypełnione są ziarnkami mączki, łączącymi w nich dość luźnie, skutkiem czego bielmo przybiera w tym miejscu charakter mączkowany. Tkanka tarczy złożo-

na jest z mniejszych komórek, obfitujących w protoplazmę i w krople tłuszczu. Czynność tej tkanki, polegająca na wysysaniu bielma zostaje w związku z słupkowym kształtem komórek, zwróconych ku bielmu (*Pal*).

D zewnętrzna część bielma. *Kl* warstwa glutenowa, leżąca wprost pod łupiną (*Sch*), nie zawiera ona wcale mączki tylko masy białkowej pomieszanej z tłuszczem. Niżej zaczyna się właściwa tkanka bielma; ziarenka mączki w komórkach jej są mocno do siebie przyciśnięte i razem spojone, co nadaje charakter rogowej tej części bielma.

I. Substancje zapasowe nasienia.

Materyały budowlane, któremi się posługuje kielek dopóki nie rozwinie się i nie wzmocni o tyle, aby mógł się żywić samodzielnie, znajdują się w nasieniu i pochodzą z rośliny macierzystej. Najczęściej zgromadzone są w t. zw. bielmie (*endosperma*) (Fig. 34). Jest to tkanka utworzona z jednostajnych komórek miękiszowych, nie stanowiąca części zarodka lecz leżąca obok niego lub otaczająca go. Takie bielmo znajdujemy u zbóż i większej części traw, u rdestowatych, komosowatych, goździkowatych, baldaszkowatych, makowatych i wielu innych. Niektóre nasiona nie mają bielma; w takim razie materyały zapasowe nagromadzają się w liścieniach zarodka, które są wtedy bardzo rozwinięte. Widzimy to np. w strąkowych, krzyżowych i t. d. Pomiedzy materyalami zapasowymi rozróżniamy azotowe i bezazotowe; jełne i drugie znajdują się zwykle obok siebie w każdej komórce. *Substancje azotowe* znajdują się zawsze w postaci ciał białkowych; amidów albo wcale niema w spoczywającym nasieniu, albo występują one tylko w nieznacznej ilości. Ciała białkowe nagromadzone są nie tylko jako protoplazma komórek nasienia, ale nadto prawie zawsze znajdujemy je w formie ziarenek stosunkowo zbitych t. zw. *ziarenek glutenowych* (alcuronów), przyczem w każdej komórce znajdujemy albo kilka większych albo też liczne mniejsze ziarenka glutenu (fig. 35); niekiedy ciała białkowe występują w postaci krystalicznej (t. zw. krystaloidy). Zarówno ziarenka jak i kryształy składają się przeważnie z sernika (kazeiny), zawierają jednak w sobie niektóre inne związki, które powinniśmy nważać po części również za substancje zapasowe; są to kryształy szczawianu wapnia i t. zw. globoidy, ciała kuliste, składające się z substancji organicznej i fosforanu magnezu (fig. 35). W roślinach zbożowych zewnętrzna warstwa komórek bielma leżąca tuż pod łupiną, ma własności

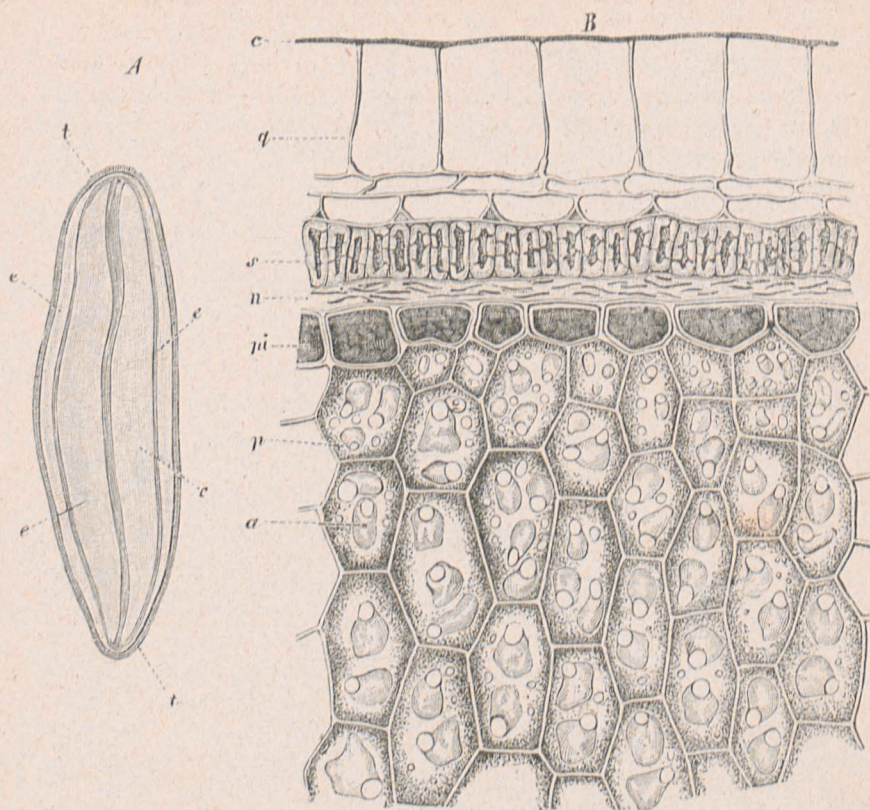


Fig. 35. Nasienie lnu z materiałami zapasowymi.

A całe nasienie w przekroju; *t* skorupka; *e* endosperma, otaczająca zarodek, którego wielkie liścienie *cc* są na rysunku przekrojone. Pow. ok. 30 razy.

B przecięcie przez skorupkę i część endospermy. Skorupka ciągnie się od *c* do *pi*; wyróżniają się w niej następujące warstwy: *pi* warstwa barwnikowa, nadająca kolor właściwy nasieniu; *n* warstwa komórek zakłębionych, która podczas dojrzewania nasienia zawierała potrzebne na wytworzenie skorupy materiały zapasowe; *c* warstwa twardzielowa, złożona z bardzo grubościennej komórek sklerenchymatycznych; *q* komórki naskórka, zawierające śluz, który występuje w postaci zgrubienia błony komórkowej, na rysunku zaś nie jest widoczny wskutek rozpełnienia; *e* naskórek. Pod *pi* znajduje się endosperma; w jej komórkach, również jak w zupełnie podobnych komórkach liścieni mieszczą się materiały zapasowe. W każdej komórce daje się wyróżnić protoplazma *pi* zawierająca tłuszcz w bardzo rozdrobnionym stanie i ziarenka glutenu rozmaitej wielkości; *a* większe z nich zawierają globoidy. Silnie powiększone.

osobliwe i komórki te nie zawierają mączki, ale wypełnione są substancją białkową, w której mieszczą się drobne, zawieszane kropelki tłuszczu (fig. 34 *D Kl*) ¹⁾; warstwę tę nazwano bardzo nie trafnie warstwą glutenową; w rzeczywistości ziarnka zbożowe zawierają ciała białkowe zapasowe w postaci glutenu, nie w tej warstwie, lecz we wszystkich komórkach bielma obok mączki. *Substancje zapasowe bezazotowe* występują w rozmaitych związkach: jako *mączka* nagromadzone są w bielmie traw, roślin ciborowatych, rdostowatych, komosowatych, goźlżikowatych, w liścieniach roślin motylkowych (lubin i niektóre inne rośliny nie zawierają wcale mączki w nasieniu); wszędzie tu komórki bielma lub liścieni są obficie napełnione ziarnkami mączki. W postaci *tłuszczu* występują bezazotowe materiały zapasowe prawie we wszystkich nasionach, niezawierających mączki. Tłuszcz znajduje się w nasionach większej części roślin rozdrobiony w protoplazmie komórek; szczególnie obfitują weń nasiona roślin tłuszczowych: krzyżowe, makowate, złożone, len, gorczyca, rącznik (*Ricinus*) i t. d. W postaci *blonnika* resp. *amiloidu* występują substancje zapasowe jako zgrubienia często bardzo znaczne ścianek w bielmie daktyla i innych palm, u lilijowatych, kosaćcowatych, pierwiosnkowatych; również w piwonii; w liścieniach nasturcyi (*Tropaeolum*) i gniowosza (*Impatiens*). Prawdopodobnie blonnik służy jako materiał zapasowy i w wielu innych roślinach obok tłuszczu. Wszystkie te ciała dostają się do nasienia podczas jego dojrzewania; największą ich ilość zawiera nasienie dojrzałe; że są one materiałem zapasowym dowodzi tego ich znikanie stopniowe w miarę rozwoju młodej roślinki. Opróżnione komórki zakłesają się wtedy. Jeżeli odetniemy liścienie lub bielmo nasienia przed końcem kiełkowania, to młoda roślina rozwija się bardzo słabo lub wcale się nie rozwija. Przy rozpuszczaniu materiałów zapasowych zdaje się że czynne są wszędzie jednakowe fermenty, które powstają lub zaczynają działać, skoro tylko woda dostanie się do nasienia; fermenty te przetwarzają substancje zapasowe w związki rozpuszczalne, o czem obszerniej mowa będzie niżej. Oprócz przytoczonych tu związków organicznych, każde nasienie zawiera pewną ilość pożywienia mineralnego, jak wapień, magnez, potas, żelazo, kwas

¹⁾ Według nowszych badań (Haberlanda) warstwa ta składa się z komórek wydzielających *dyastazę*, a więc gruczołowych.

fosforny, kwas siarczany, chlor; niektóre z tych ciał zawarte są w postaci globoidów w ziarnkach glutenu, jak już o tem wspominaliśmy. Ciała te winniśmy uważać również za materiał zapasowy dla żywienia młodej roślinki; jednakże ilość ich w nasieniu jest tak nieznaczna, że młoda roślina ginie wprzód nim zostaną wyczerpane substancje organiczne zapasowe, jeśli nie otrzymuje z gruntu potrzebnych ciał mineralnych.

2. Materiały zapasowe w zimujących organach roślin trwałych.

Zostające w spoczynku zimowym korzenie, kłącza, bulwy, i cebule ziół, równie jak i pączki lub gałęzie drzew, zawierają zapas materiałów pożywnych, przeznaczonych na utworzenie nowych pędów, wyrastających z tych organów. Prędko wzrost tych młodych pędów wiosennych wymaga gotowego zapasu materiałów plastycznych. Wspomniane wyżej organy

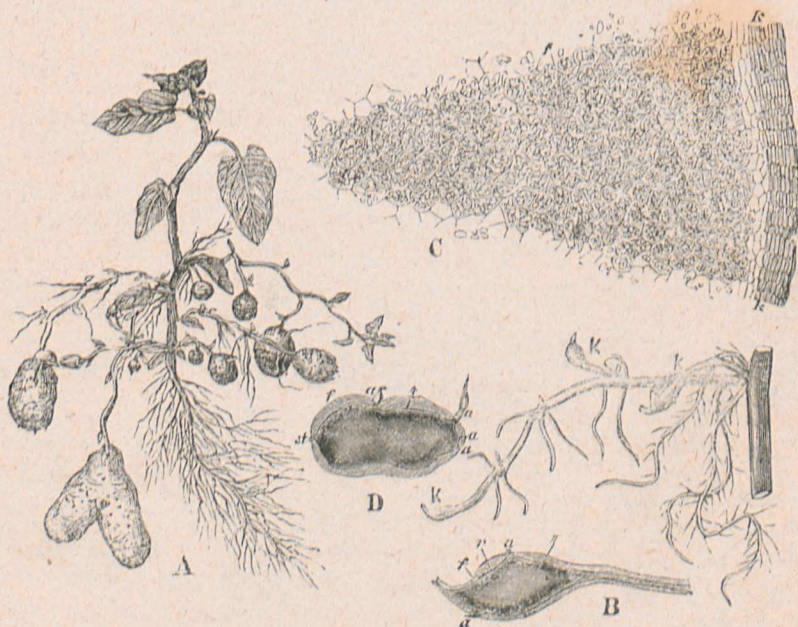


Fig. 36. Bulwy ziemniaków.

A młoda roślina, która wyrosła z nasienia i zaczyna tworzyć bulwy na podziemnych gałązkach lodygi.

B powstawanie bulw ze zgrubień pewnych miejsc gałęzi k k k; gałęzie te wydają korzenie przybyszowe. Na rysunku dolnym odrysowan jest wyrasta-

jący w bulwę koniec gałązki w przekroju podłużnym; widać tu, że zgrubienie zależy od potężnego rozwoju rdzenia łodygi (*m*); *r* kora; *f* włazki naczyniowe; *aa* małe łuskowate liście łodygi, w których kątach wytwarzają się później oczka, t. j. pączki bulwy.

C część poprzecznego przecięcia bulwy dojrzałej; składa się ona wyłącznie z komórek zawierających mączkę; *k k* skórka składająca się z tkanki korkowej; *f f* małe włazki naczyniowe. Slabo powiększone.

D Bulwa kielkująca w przecięciu; *f* przebieg wiązek naczyniowych pomiędzy korą a rdzeniem; *a a a* rosnące pączki; *st* miejsce przymocowania bulwy do łodygi.

podziemno ziół mają znaczną objętość; zawierają one bardzo rozwinięty miękisz, którego komórki napelnione są substancjami zapasowymi. W pączkach i gałązkach drzew substancye te zawiera rdzeń i miękisz korowy. *Związki azotowe* znajdują się tu również w formie protoplazmy komórek, niekiedy w postaci krystaloidów, jakie znajdujemy np. w niektórych gatunkach ziemniaków w komórkach leżących pod łupiną. Znajdują się nie mniej i amidy np. w ziemniakach, burakach, bulwach topinambur i t. d. *Substancye bezazotowe* nie są jednakowe w różnych roślinach; najczęściej spotyka się *mączka*; znajdujemy ją w zimujących korzeniach koniczyzny, lucerny i innych motylkowych, w kłączach bardzo licznych jednoliścieniowych np. kosaćca (*Iris*), maranty, obrazków (*Arum*) itd.; w bulwach korzeniowych storczyków, ziemniaków itd. (fig. 36). We wszystkich tych organach komórki miękiszowe napelnione są licznymi ziarnkami mączki. W pączkach i gałązkach drzew komórki miękiszu zawierają w jesieni również znaczne nagromadzenia mączki, które jednak jeszcze przed nastąpieniem zimy przemieniają się częściowo lub całkowicie w tłuszcz. Dla tego kora wielu drzew zawiera tłuszcz czysty lub zmieszany z mączką. Więcej mączki zawiera kora korzeni drzew. Tłuszcz stanowi również materiał zapasowy niektórych ziół; znajdujemy go w bulwach cibory jadalnej (*Cyperus esculentus*) i w kłączach niektórych skrzypów. *Cukier trzcinowy* znajduje się w postaci roztworu w soku komórkowym korzeni soczystych (burak, rzepa i t. d.). *Glukozy* (cukier gronowy i owocowy) występują w tej roli przeważnie w cebulach, niemniej i w kłączach wielu roślin. *Inulina* rozpuszczona w komórkach mięszzowych korzeni spotyka się przeważnie w roślinach, należących do rodzin: złożonych (zwłaszcza w bulwach korzeniowych georginij), dzwonkowatych i innych pokrewnych. Cechą

wspólną wszystkich tych materiałów zapasowych jest znikanie ich podczas wyrastania młodych pędów na wiosnę. Wielkie bulwy ziemniaków dają rośliny silne; przeciwnie bulwy pokrajane dają pędy tem słabsze, im mniej substancyj zapasowych zostaje przy oczku.

3. Materiał zapasowy drewna i łyka.

Części roślin, zachowujące czynność twórczą w stanie dorosłym, zabezpieczają się równie przez nagromadzenie materiałów zapasowych. Dotyczy to szczególnie wytwarzania tkanek mechanicznych (str. 19) a więc włókien łykowych i drewna; cechę tych tkanek stanowi grubość ścian komórkowych, na których wytworzenie potrzebny jest materiał bezazotowy. Nagromadza się on w postaci mączki w komórkach miękiszowych, otaczających wiązki łykowe. Warstwę tę nazywają *pochwą krochmalną*; uważano ją mylnie za drogę, po której wędrują wodany węgla. Otacza ona każdą wiązkę naczyniową w postaci pochwy tam, gdzie wiązki te (jak to bywa u jednoliściennych) opasane są włóknami łykowymi (fig. 37); w roślinach dwuliściennych pochwa ta otacza cały pierścień wiązek jeżeli tylko włókna łykowe umieszczone są na stronie zewnętrznej (jak na fig. 9). Tam zaś, gdzie włókna łykowe tworzą osobne pęczki nazewnątrz od wiązek naczyniowych, pochwa otacza je ze strony zewnętrznej; widzimy to w łodygach wielu dwuliściennych i w ogonkach liściowych. Komórki pochwy wypełniają się dość znacznymi ziarnkami mączki już podczas wzrostu organu, a zapas ten przechowuje się przez cały czas wzrostu włókien łykowych, t. j. dopóki mają cienkie ścianki. Ostateczne zgrubienie włókien następuje dopiero w pewnym wieku łodygi, przez co nabywa ona większej sztywności i oporności. W miarę, jak posuwa się naprzód grubienie ścianek, wyczerpuje się mączka z pochwy i ku końcowi grubienia komórki pochwy wypróżniają się zupełnie (Fig. 37 B),

W opisanej tylko co sprawie potrzebny był jedynie materiał zapasowy bezazotowy, idący na grubienie ścianek gotowych już komórek; przeciwnie przyrostowi drewna towarzyszy tworzenie się nowych komórek z miazgi (Str. 36). Potrzebny więc tu jest nie tylko zapas wodorów węgla, ale i ciał białkawatych. Ciała te nagromadzają się w tkance, którą nazywamy *łykiem miękkim*, *floemą* lub *częścią sitową* wiązki. Tkanka ta składa się

z pierwiastków o cienkich, niezgrubiałych ściankach, obfitujących w protoplazmę, a zatem w ciała białkowate. Za taką rolę wspomnianej tkanki przemawia najwyraźniej miejsce, które ona zajmuje: towarzyszy bowiem zawsze wiązkom naczyniowym, przy czem grubość jej jest zwykle w prostym stosunku do ilości mającego się utworzyć drewna. Znajdujemy ją zawsze tuż

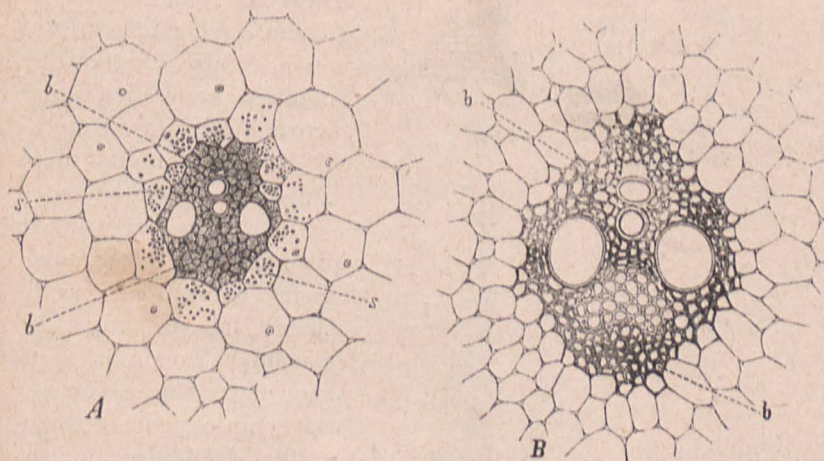


Fig. 37. Pochwa, otaczająca wiązki naczyniowe kukurydzy.

Przekrój poprzeczny *A* młodej, *B* dojrzałej lodygi; powiększenie jednokowe. Wiązka naczyniowa otoczona jest tkanką rdzenia, złożoną z wielkich komórek.

W stanie dojrzałym cała wiązka (*B*) otoczona jest włóknami lykowemi o grubych ściankach (*b*); w młodej lodydze włókna te nie są jeszcze rozwinięte (*A*); komórki zewnętrzne (*b*) mają tu ścianki cienkie. Materiał zapasowy, służący do wytworzenia tych grubych ścianek znajduje się w postaci wielu drobnych ziarenek mączki, wypełniających sąsiednie komórki rdzenia (*s*) (pochwa krochmalna *a*). Skoro włókna lykowe zostaną zupełnie wytworzone (w *B*), nie znajdujemy już mączki w pochwie.

obok miazgi nazewnątrz. Tam gdzie miazga tworzy pierścień zamknięty (większa część lodyg dwuliścieniowych i pni drzew) lyko miękkie tworzy podobny pierścień okalający pierwszy; w ogonkach i żeberkach liściowych, gdzie miazga ma postać paseczka tkanki, leżącego nazewnątrz (t. j. ku dołowi) drewna, lyko tworzy takiż sam paseczek. Materiały więc, z których ma się utworzyć drewno, znajdują się zawsze w pobliżu i na pogotowiu. W lyku miękkim rozróżniamy następujące części składowe:

1. *Rurki sitowe* szerokie względnie, bardzo wydłużone komórki, umieszczone w szeregach jedne nad drugimi. Przegródki ich poprzeczne zaopatrzone są w t. zw. *blaszki sitowe*, t. j. przedziurawione są cienkimi otworkami (fig. 38). Gdzieniegdzie blaszki sitowe znajdują się i na ściankach bocznych tych rurek. Rurki

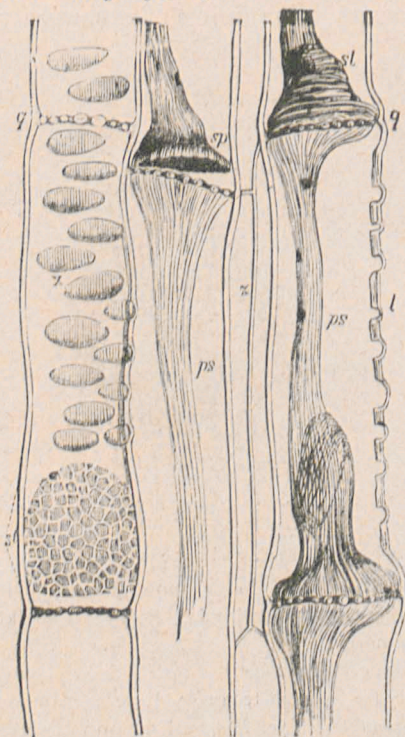


Fig. 38. Rurki sitowe dyni
(przecięcie podłużne przez lyko)

q blaszki sitowe; st i ps zawartość rurek skrzepla pod działaniem alkoholu; si blaszka sitowa na ściance bocznej; z i l miejsca, w których mają się utworzyć także blaszki; z komórki przyrurkowe.

sitowe napełnione są śluzowatym sokiem, którego główną część składową stanowią ciała białkowe; znajdują się w nich prócz tego nieliczne ziarenka mączki, kropelki oleju i nieco cukru. Pory blaszek sitowych tworzą rzeczywiste otwory, przez które przechodzą cienkie nici protoplazmy, łączące zawartość sąsiednich komórek. Główną masę tej zawartości wstrzymuje jednak przegródka działająca jak sączek; z tego powodu zawartość ta nagromadza się niekiedy na blaszkach sitowych, gdy rurki zostaną przecięte. W jesieni znajdujemy często blaszki sitowe zamknięte t. zw. *zasklepką*. Znaczenie jej nie jest dotychczas wyjaśnione ¹⁾. 2. *Komórki przyrurkowe towarzyszące*, są to wązkie wydłużone komórki, niemające blaszek si-

¹⁾ Zasklepka tworzy się w jesieni ku końcowi wegetacyi i rozpuszcza się na wiosnę; prawdopodobnem jej przeznaczeniem jest zatrzymanie materjałów pożywczych w tych punktach rurek sitowych, w których się znajdują, t. j. na całej długości wiązek naczyniowych; chemiczny jej skład bliżej nieznan.

towych; zawartość ich jest również protoplazmatyczna. 3. *Miękisz łykowy*, stanowią mniej lub więcej szerokie komórki, które przegródkami poprzecznymi tak są podzielone, że mają dość jednolite wymiary; nie mają blaszek sitkowych. Wypełnione są plazmą lub ziarnkami mączki.

W ten sposób łyko zawiera wszystkie materiały jakich potrzebuje miazga do swojej czynności. Drzewa, wytwarzające

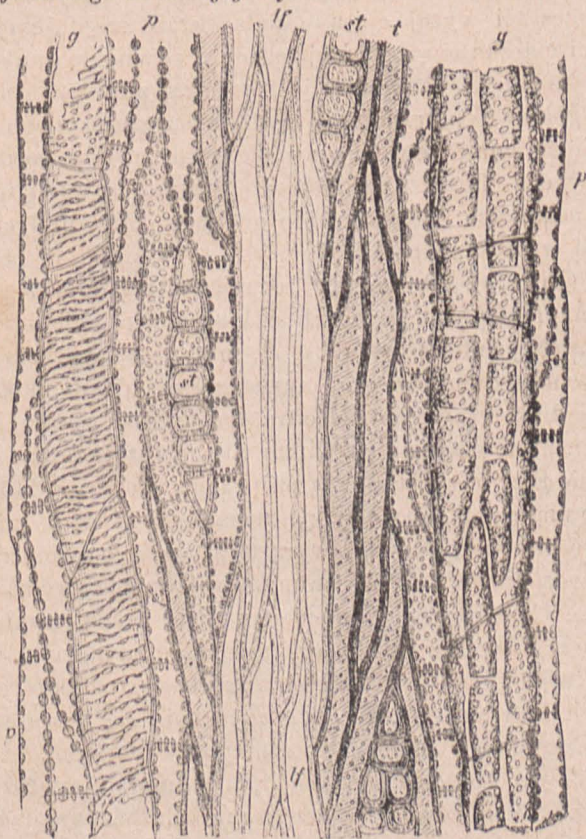


Fig. 39. Przecięcie podłużne przez drewno balwana chińskiego (*Ailanthus glandulosus*).

g g naczynia kropkowane; *p p p* otaczający je miąższ drzewny, krótkie komórki o zgrubiałych ściankach, obfitujących w kropki; *st* promień rdzeniowy poprzecznie przecięty, składający się również z kropkowanych komórek; promienie te otoczone są miększym drzewnym *lf* włókna drzewne, o grubych ściankach, które przyczyniają się do nadania mocy drewna; *t* tracheidy kropkowane, służące do prowadzenia wody.
(według Sachs'a)

obficie drewno, potrzebują znacznych zapasów wodoru węgla a zwłaszcza na początku wiosny, gdy powstaje nowy słoje roczny, liście zaś jeszcze nie są rozwinięte. Ażeby tej potrzebie zadość uczynić nagromadzają się zapasy we wszystkich gałęziach, w korzeniach i pniu. Materiały zapasowe zaczynają się wytwarzać w roślinie ku końcowi lata; przez całą zimę zostają one nie-
 tknięte a znikają wtedy, gdy rozpoczyna się czynność miazgi. Są to po części wyżej opisane ciała, które znajdujemy w łyku, po części mączka nagromadzająca się w pewnych punktach drewna. Ilość mączki w drewnie jest podczas zimy tak znaczna, że w lata głodowe potrafią ją wydobywać z mielonego drzewa. Znajduje się ona przeważnie w miękiszu drzewnym i promieniach rdzeniowych. Pierwszy składa się z komórek równowymiarowych o ściankach umiarkowanie grubych, zdrewniałych, zaopatrzonych w proste kropki. Komórki te w zimie wypełnione są mączką (Fig. 39). Promienie rdzeniowe składają się z kilku piętr komórek, przebiegających w kierunku promieni w drewnie aż do warstwy miazgowej (Fig. 7); można je dostrzedz na przecięciu poprzecznym drewna nawet gołym okiem; składające je komórki mają wszystkie właściwości miękiszu; są one wydłużone w kierunku promieni i w zimie również wypełnione mączką. Promienie rdzeniowe stanowią prócz tego drogę, po której przenosi się materiał zapasowy z drewna ku warstwie miazgowej. W miarę przyrostu drewna wyrastają (czynności miazgi) i promienie rdzeniowe, tak że komunikacja z miazgą wciąż się podtrzymuje. Gdy drewno staje się grubszem, nowe promienie wci-
 skają się między dawne, stosownie do wzrostu obwodu. Dlatego na przekroju widzimy promienie rdzeniowe rozmaitej długości; w każdym bowiem słoju rocznym zaczynają się nowe, wszystkie zaś przebiegają do miazgi. Spostrzegamy przytem, że promienie rdzeniowe otoczone są gromadami komórek miąższu drzewnego (fig. 39 st); przez takie urządzenie ułatwia się przenoszenie zawartości tych komórek ku miazdze. U drzew znajdujemy przedłużenie promieni rdzeniowych w łyku; wielkie promienie idą przez całe łyko, rozszerzając się w postaci klina, aż do miąższu korowego; mniejsze dochodzą tylko do komórek łyka. Służą one tu do przenoszenia substancyj zapasowych z łyka ku warstwie miazgowej. Znaczenie tych promieni łykowych jawne jest szczególnie u tych roślin, gdzie łyko poprzecinane jest wiązkami włókien sklerenchymy; stanowią w nich bowiem jedyną dro-

ge, którą mogą przenosić się osmotycznie materiały zapasowe ku miążdze. Zbiorniki wyżej pomienione napelniają się materiałami zapasowymi w końcu każdego lata; dostają się one tu z miększu korowego i rdzenia (gdzie ten istnieje), przyczem promienie rdzeniowe znowuż służą za drogę.

4. Wydzieliny i inne produkty końcowe wymiany substancyi.

W roślinach powstają liczne ciała, które, będąc raz utworzone, już nie znikają, a więc nie zużywają się na żadne cele. Należą tu przedewszystkiem tak zwane *wydzieliny*, t. j. związki, które się nagromadzają w pewnych punktach rośliny bądź na jej powierzchni, jeśli są wydzielane przez naskórek, bądź też wewnątrz a zwłaszcza w przestworach międzykomórkowych, w tak zwanych zbiornikach wydzielin lub w osobnych woreczkach. Prawie w każdym wypadku stwierdzić można, że wydzieliny te są użyteczne dla rośliny jako takie (t. j. nieulegając dalszym przemianom).

I. Wydzieliny naskórkowe.

Tu należą: a) wydzielanie się *miodu* w tak zwanych *miodnikach* t. j. pewnych punktach kwiatu, których nabłonek wydaje sok słodki, zawierający cukier. Wiemy, że sok ten służy jako lep dla owadów, które, zwiedzając kwiaty, pośredniczą przy przenoszeniu pyłku z jednej rośliny na drugą. Ciecz cukrowa wydziela się w postaci bardzo stężonego roztworu z błony zewnętrznej komórek naskórkowych, przyczem błona ta prawdopodobnie bierze udział w przemianie chemicznej; naskórek zostaje przez wydzielinę rozsadzony. Następujące później obfite wydzielenie wody jest skutkiem działania osmotycznego tego stężonego roztworu na komórki; tak samo każde przecięcie jakiegokolwiek części rośliny pokrywa się wodą, jeśli położymy na niem okruch soli lub cukru. Jeżeli oplączemy miodniki wodą wydzielenie jej z rośliny przerywa się i następuje ponownie dopiero wtedy, gdy położymy na nich trochę cukru. b) *Wydzielenie wosku* tworzącego delikatne, ścierające się pokrycie na powierzchni pędów, liści owoców, jak to widzieć można na kapuście, maku, sliwkach itd. Wosk jest wydzieliną naskórka, powstającą w nim w sposób bliżej nieznanym; raz starty nie odnawia się więcej. Tłumaczyliśmy już znaczenie jego jako środka zmniejszającego parowanie

oraz jako ochrony od zwilżenia. c) *Wydzielanie olejków lotnych oraz balsamów*; okrywają one młode pączki drzew wonnym lakierem, utrzymującym się niekiedy i na rozwiniętych liściach, jak u olchy, brzozy, topoli. Wydzielina ta powstaje z komórek naskórka lub z osobliwych włosków, których błony a poczęści i zawartość komórkowa przetwarza się w nią. Należy tu również wonne i lepkie okrycie włoskowe niektórych ziół, zwłaszcza wargowatych; tutaj końce włosków rozszerzone w postaci główek wydzielają substancje aromatyczne. Przeznaczenie tych wydzielin zdaje się polegać po części na zmniejszeniu parowania roślin, po części na ochronie od zwierząt, które woń ich odstręcza.

2. Wydzieliny wewnętrzne.

Występują one w szczególnych zbiornikach, ciągnących się wewnątrz rośliny nakształt kanałów. Należą tu *przewody smolo-*

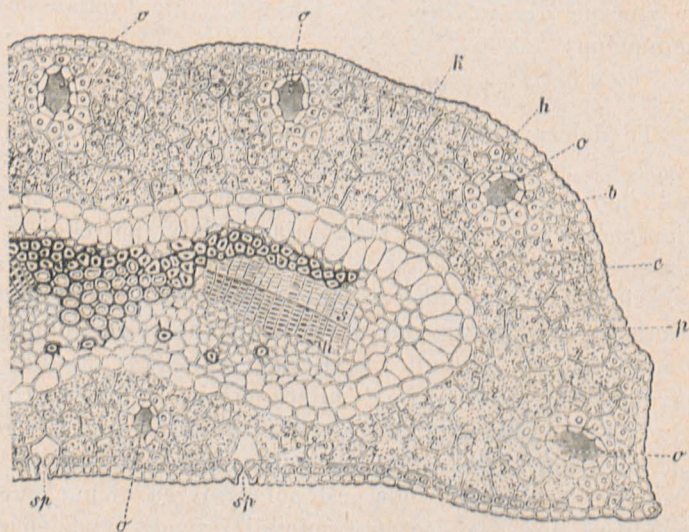


Fig. 40. Przewody żywiczne w szpilce sosnowej.

Przecięcie poprzeczne igły sosnowej; *e* naskórek, *sp* szparki; *h* warstwa zgrubiałych komórek mechanicznych, leżących pod naskórkiem; *p* tkanka chlorofilowa liścia o fałdzystych błonach. Wewnątrz tej tkanki ułożone są w regularnych odstępach przewody *o* zawierające olejek terpentynowy. Każdy z przewodów powstaje drogą rozszczepienia tkanki i okryty jest wewnątrz warstwą komórek o cienkich ściankach wydzielających żywice; warstwę tę otacza nazewnątrz druga, złożona z komórek mechanicznych. W środku igły znajduje się podwójna wiązka naczyniowa, której połowę tylko widać na rysunku: *h* część drzewna *s* część lykowa; *k* pochwa młaższowa.

balsamiczne, znajdujące się w igłach, korze, często i w drewnie drzew iglastych, nie mniej jak liściastych obcokrajowych; dalej zbiorniki balsamiczne w owocach i organach wegetacyjnych baldaszkowatych, *przewody gumowe* kłodziniastych (*Cycadeae*) i t. d. Są to przestwory międzykomórkowe a więc przerwy w tkance, niemające błony własnej. Powstają one w sposób dwojaki, a ztąd i dwojaki sposób powstawania wydzieliny. Jeden polega na tem, że komórki, które się znajdowały poprzednio na miejscu przewodu, zanikają a zawartość ich zamienia się na wydzielinę; za przykład tego rzadszego typu kanałów służyć mogą przewody smolne niektórych drzew iglastych. Nierównie pospolitszy sposób powstawania zbiorników balsamicznych i gumowych polega na tem, że komórki rozsuwają się, tworząc przestwór, którego objętość wzrasta wskutek dzielenia się komórek otaczających kanał. Przyjmują one przytem własności szczególne: są małe, cienkościenne i zawierają tylko wodnistą plazmę. One to dają wydzielinę, której sposobu pochodzenia bliżej nie wyjaśniono; same komórki zwykle nie zawierają w sobie substancji, którą znajdujemy w zbiorniku. Inne wydzieliny znajdują się w *woreczkach właściwych*, t. j. zbiornikach, posiadających własne ścianki. Są to właściwie mówiąc komór-

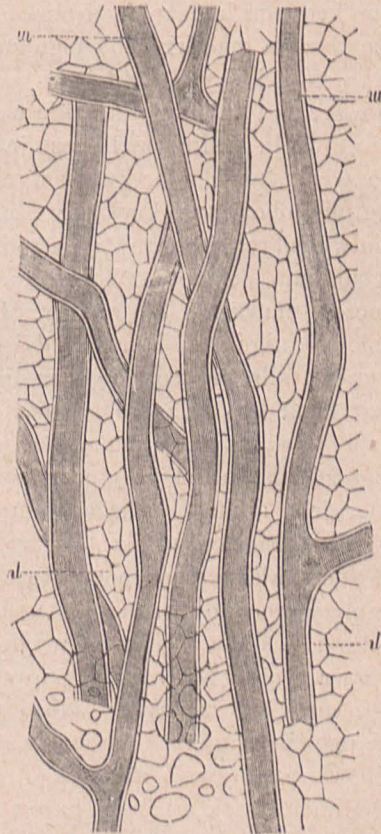


Fig. 41. Naczynia mleczne z łodyg *Euphorbia resinifera*. Przecięcie podłużne przez korę; *pp* komórki mlekiszowe; *mm* wypełnione sokiem mlecznym naczynia.

ki, wydłużone nakształt woreczków. Niekiedy też powstają te zbiorniki ze zlania kilku pojedynczych komórek, przez rozpuszczenie przegródek między niemi i tworzą wtedy układ połączonych z sobą rurek. Mowa tu o *rurkach* czyli *naczyniach mlecznych*, które znajdujemy u makowatych, wielu złożonych, dzwonekowatych, mleczajowatych i innych. Przebiegają one zwykle wzdłuż całej rośliny.

Zawartość ich czyli sok mleczny jest cieczą białą lub żółtawą; wycieka on przy nacięciu rośliny i zawiera zawieszone drobne kropelki kauczuku, tłuszczu lub żywicy, często też pojedyncze ziarenka mączki; obok tego gumę, cukier, garbniki a zwłaszcza alkaloidy, którym zawdzięcza swe trujące własności. *Woreczki gumowe* są to komórki krótkie woreczkowate, rozrzucone w miększym wielu roślin, zwłaszcza jednoliścieniowych (u liljowatych, kosaćcowatych; storczykowatych i in.); zawierają zwykle słuź i gumę; obok tego kryształki szczawianu wapnia. U lipowatych, malwowatych i pokrewnych rodzin guma znajduje się w postaci zgrubienia ścianek. Wewnętrzne wydzieliny często mają widoczne znaczenie dla rośliny. Pewnem jest, że będąc raz wydzielone nigdy nie biorą już dalszego udziału w przemianie substancji, odbywającej się w roślinie. Wątpliwość w tym względzie może być tylko co do soku mlecznego, który uważany jest przez wielu za ciecz, służąca dożywienia rośliny. Na korzyść tego zdania można przytoczyć spostrzeżenie, że jeśli rośliny, zawierające sok ten, rosną w ciemności lub w powietrzu pozbawionem dwutlenku węgla, sok traci swoją mętność i staje się wodnistym, a odzyskuje pierwotne własności, skoro roślinie zostaną przywrócone warunki normalne przyswajania. Nie służy to jednak za dowód, jakoby wygłodzona roślina korzystać miała z zawartych w soku materiałów pożywnych, albowiem sok i bez tego musi być rzadszym, skoro przy wzroście rośliny zwiększa się jego ilość, gdy jednocześnie, wskutek przerwy w przyswajaniu, nie przebywają mu znikąd cząstki pożywné. Raczej uważać powinniśmy sok mleczny narówni z wydzielaniem żywicy i balsamów za środek ochronny roślin lub zaradczy na uszkodzenia. Rana będąc okrytą olejkami, żywicą lub sztywniejącym na powietrzu sokiem mlecznym jest jakby opatrzona w sposób naturalny i ubezpieczona od niechybnie bez tych środków następującego gnicia. Istotnie wydzieliny te występują przy każdym zranieniu rośliny, okrywając uszkodzone miejsca. Korzystamy

z tych samych własności olejku terpentynowego i smoly, gdy powlekamy rany drzew itp. dziegiem, kalafonią lub podobnemi substancjami. Przy takim zapatrywaniu się na przeznaczenie wydzielin wewnętrznych, układ ich zbiorników w roślinie oka zuje się doskonale odpowiadającym przeznaczeniu swemu; szerzą się one bowiem na całej roślinie od korzeni do liści i owoców, leżąc w pobliżu powierzchni; zbiorniki balsamów i smół znajdują się najczęściej pod naskórką (fig. 40); naczynia mleczne przebiegają najczęściej w korze, często w zewnętrznej części łyka; w liściach idą w postaci żyłek obok wiązek naczyniowych przez tkankę zieloną. Dla tego niegłęboka już rana powoduje wypływanie wydzielin. Położenie tych zbiorników nazewnątrz wiązek naczyniowych zdaje się służyć za wskazówkę, że idzie tu przedewszystkiem o zabezpieczenie tych organów od uszkodzeń. Nawet głębsze uszkodzenia, sięgające w głąb drewna zostają w drzewach iglastych okryte żywicą, albowiem przewody żywiczne znajdują się tu wewnątrz drewna. Wiadomo, że obnażone drewno można ochronić od spróchnienia powlekając je smołą. Przeznaczeniem soku mlecznego może być prócz tego ubezpieczenie roślin od zniszczenia przez zwierzęta, które odraża gorzki smak i trujące własności tej cieczy, wypływającej w postaci wielkich kropeł przy najmniejszym uszkodzeniu rośliny. Odmienne przeznaczenie muszą mieć woreczki gumowe; hygroskopijność zawartego w nich śluzu nasuwa przypuszczenie, że są one tkanką przechowującą wodę.

Oprócz wydzielin wyżej wspomnianych, rośliny wytwarzają inne ciała, mające znaczenie produktów końcowych, t. j. takich, które nie ulegają dalszym przekształceniom, ale giną jako takie wraz z zawierającymi je częściami roślin. Tu należą np. rozmaite barwniki, nadające kolor kwiatom i owocom. Potrzebne są one roślinie do tego, aby odpowiednie części uczynić widocznymi dla oka zwierząt, które już to przyczyniają się do zapylenia kwiatów, już to do rozrzucenia nasion przez pożarcie owocu. Olejki eteryczne, oddziaływające na organa powonienia zwierząt w kwiatach służą również za środek do zwabienia owadów. Podobne znaczenie mają w owocach niektóre substancje, nadające im smak przyjemny np. cukier, kwasy organiczne, substancje aromatyczne i t. d.

ROZDZIAŁ II.

Oddzielne substancje roślinne.

I. Wodany węgla

A. Gromada błonnika.

Należące tu związki mają wzór wspólny $C_6 H_{10} O_5$. Różniamy następujące ciała.

1. *Błonnik*, główna składowa część błony komórkowej, nierozpuszczalny w wodzie i większej części innych cieczy, przepuszcza jednak przez siebie wodę i mniej lub więcej nią nasiąka. Główne reakcje błonnika są następujące: jod z kwasem siarczanym lub z chlorkiem cynku barwią go na kolor niebieski; kwas siarczany stężony również jak amoniakalny roztwór tlenu miedzi rozpuszczają go. Błony grzybów nie dają zabarwienia z wymienionymi odczynnikami i oporniejsze są na działanie kwasu siarczanego, dla tego nazwano tę odmianę błonnika *błonnikiem grzybowym*. Zachowują się podobnie komórki naskórka korzeniowego i włóśników wielu roślin wyższych. Niekiedy po długim macerowaniu w potażu gryzącym można otrzymać zabarwienie jodem i w tej odmianie. Działanie kwasów rozcieńczonych zamienia błonnik na dekstrozę. Błonnik powstaje zawsze w tej samej komórce, której ścianki ma utworzyć; głównie więc wytwarza się w rosnących częściach. Ponieważ, jak dowiedziono, cukier gronowy przyływa w obfitości ku rosnącym częściom przez pośrednictwo komórek miękiszowych (str. 152), usprawiedliwia to przypuszczenie, że jest on materiałem, z którego komórka wytwarza błonnik. Substancje bezazotowe, nagromadzone w zbiornikach materiałów zapasowych, jak mączka, cukier, inulina, tłuszcze służą do wytworzenia błonnika w młodych pędach i korzonkach, wyrastających z tych organów. Jeżeli bowiem nasiona, kłącze lub cebule dają pędy w ciemności, to powstają z nich liczne młode organy a jednocześnie znikają wyżej wspomniane materiały zapasowe; ponieważ przyswajanie nie może odbywać się bez światła, więc wszystek błonnik potrzebny do utworzenia tych organów pochodzi może tylko z materiałów zapasowych. W jaki sposób odbywa się owo przekształcenie materiałów zapasowych na błonnik, o tem nie wiemy. Większa część substancyj zapasowych ulega przy tem pierwotnie przemianie w inne ciała, prawdę odobnie w cukier gronowy; ale nie

wiemy, czy cukier zawarty w soku komórkowym zamienia się wprost na błonnik. To, co wiemy o tworzeniu się błon komórkowych, świadczy o udziale protoplazmy w tej sprawie. Widzimy mianowicie, że przy dzieleniu się komórek przegradzająca je błona powstaje z drobnych ziarenek na granicy dzielących się ciał plazmatycznych (str. 5); niewiadomo jednak z czego składają się te ziarenka. Również gdy komórka naga otacza się błoną, wydziela ją plazma. Wypowiedziano na tej podstawie przypuszczenie, że błonnik jest produktem rozkładu ciał białkowych. Gdy rośnie komórka mająca już błonę, tworzy się nowa ilość błonnika, lecz w sprawie tej protoplazma zdaje się nie ma tak bezpośredniego udziału; należy bowiem przypuścić, że w samej błonie powstają nowe cząstki, wnikające między istniejące (str. 29), i że cząstki te wykryształizowują się z przesiąkającego błonę roztworu, wytworzonego wewnątrz komórki. Niezadługo przed czasem, gdy odbywa się energiczny wzrost komórki z powierzchni, również jak przez czas tego wzrostu, ukazują się w niej liczne drobne ziarenka mączki, znikające później i stanowiące prawdopodobnie materiał, z którego powstaje błonnik. (Fig. 14). Gdy błony komórkowe rosną na grubość, powinna się również tworzyć znaczna ilość błonnika; i ta sprawa odbywa się tylko w komórkach, zawierających żywą plazmę, jakkolwiek cząsteczki błonnikowe i tu najczęściej powstają w samej błonie. Również i przy tym sposobie wzrostu materiał, z którego powstaje błona znajduje się wewnątrz komórki, w postaci ziarenek mączki. Do tych wypadków wzrostu błony przez wnikanie cząsteczek błonnika probowano również zastosować przypuszczenie o powstawaniu błonnika z plazmy, sądzono bowiem, że analizy chemiczne dowodzą obecności ciał białkowych w błonie komórkowej, jednak dotąd nie potwierdzono tego ostatecznie.

Raz utworzony błonnik prawie nigdy nie rozpuszcza się do powtórnego użytku. Błony komórek zostają bez zmiany aż do śmierci rośliny lub organu. Wyjątek stanowi rozpuszczanie się przegródek przy powstawaniu naczyń i rozpuszczanie błon podczas wytwarzania się przewodów, zawierających wydzieliny. Najważniejszym jednak wypadkiem rozpuszczenia błonnika i powtórnego jego zużytkowania jest ten, w którym występuje on w roli materiału zapasowego. Silnie zgrubiałe błony komórek endospermy lub liścieni zostają podczas kielkowania na-

sienia w znacznej części rozpuszczone. Widzimy przykład tego w daktylach i innych palmach, u liljowatych, kosaćcowatych, u nasturcy (*Tropaeolum*), niecierpka (*Impatiens*), piwonii (*Peonia*), pierwiosnkowatych i wielu innych. Błonnik ten, rozpuszczający się podczas kiełkowania, prawdopodobnie różni się chemicznie od zwyczajnego. Niewątpliwie stwierdzono to dla niektórych z wymienionych tu nasion, a odmianę tę nazwano *amyloidem*. Nazwa ta, przypominająca mączkę, pochodzi ztąd, że błonnik ów barwi się samym jodem na niebiesko a w wodzie gorącej pęcznieje.

W wielu tkankach błony, składające się początkowo z czystego błonnika, zawierają w późniejszym wieku inne substancje. Takie ciała nazywamy *inkrustującymi*; można je wydalić za pomocą odpowiednich odczynników (np. kwasu azotowego i chlorku potasu) a wtedy zostaje błonnik czysty. Do takich ciał należą głównie substancja drzewna i korkowa.

a) *Błony zdrzewniałe* znajdujemy we wszystkich tkankach drzewnych (jak np. drewno właściwe drzew) również jak i w twardej skorupkach nasion i owoców. Błony takie są zawsze dość grube; zdrzewniałe są tylko warstwy zgrubienia, podczas gdy błonka pierwotna, stanowiąca cienką warstewkę wspólną obu sąsiednich komórek, t. j. ta błona, która otaczała komórki przed zgrubieniem, bywa zwykle kutynizowana (ob. niżej). Również i wewnętrzna warstewka, granicząca z wnętrzem komórki, nie bywa często zdrzewniała, lecz składa się z barwiącego się na niebiesko od jodu i chlorku cynku błonnika. Błonkę tę nazywają trzeciorzędową, pośrednie zaś pomiędzy nią a pierwotną błoną zdrzewniałe warstwy błoną drugorzędową. Błony zdrzewniałe poznajemy po następujących reakcjach: kwas siarczany stężony rozpuszcza je, lecz z roztworem jodu dają tylko żółte zabarwienie. Floroglucyna i kwas solny barwią je na ponsowo, podczas gdy czysty błonnik wcale się nie barwi temi odczynnikami. Błony te mają własność nagromadzenia w sobie barwników jak fuksyna, karmin i t. d. Ciało, którego obecności błony zdrzewniałe zawdzięczają swoją osobliwość nie jest bliżej znane. Wiadomo jednak, że składa się ono z węgla, wodoru i tlenu, ale zawiera węgla znacznie więcej niż błonnik; substancją, znajdującą się w drewnie nazywają *drzewnikiem* (*lignina* lub *xylogen*). Zda się, że ciało, znajdujące się w pestkach owocowych, różni się od drzewnika właściwego. Działaniem ługu sodowego można

wyciągnąć z drewna ciało, które nazwano *gumą drzewną*. Skład chemiczny i własności jej są zbliżone do błonnika, ale pod wpływem kwasów daje nie dekstrozę, lecz jakiś cukier zwracający w lewo płaszczyznę polaryzacji światła.

b) *Błonki korkowe i kutynizowane*. Pierwsze, znajdujemy w tkance korkowej, której przeznaczeniem jest zabezpieczenie roślin od zbytniego parowania, drugie w niemniej ważnym a tę samą fizyologiczną czynność pełniącym nadskórku. Obie odmiany są do siebie bardzo zbliżone i wykazują następujące reakcje: nie rozpuszczają się w stężonym kwasie siarczanym ani w amoniakalnym roztworze tlenku miedzi; rozpuszczają się we wrzącym ługu potażowym; roztwory jodu nie barwią ich na niebiesko.

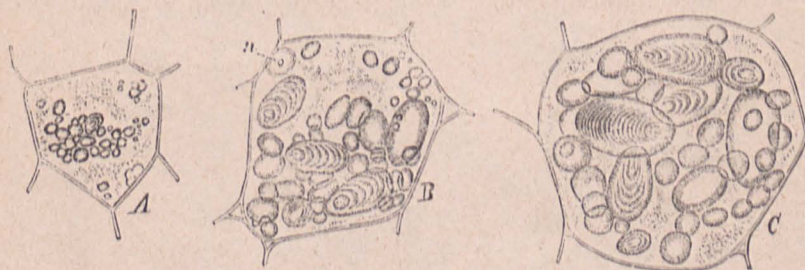


Fig. 42. Wzrost ziarenek mączki.

Komórki z bulwy ziemniaka w rozmaitym wieku, zawierające ziarenka mączki (powiększenie jednakowe). *A* z bulwy o 0,5 cm średnicy; *B* z bulwy o 2 cm średn., *C* z dojrzałej. W *A* ziarenka mączki nie przewyższają 13,5 *H* ($H = \frac{1}{1000} \text{ mm}$), w *B* dochodzą one do 35 *H* w *C* do 54 *H*. Na dojrzałych ziarnkach widać wyraźnie uwarstwienie, pochodzące ze zróżnicowania się substancyj w miarę wzrostu ziarenka. W *n*—jądro komórki.

Substancja korkowa czyli *suberyna* oraz zawarta w nadskórku *kutyna* są związkami obfitującymi w węgiel a należącymi do tłuszczów, dają bowiem z ługiem gorącym mydła, z których można otrzymać kwasy organiczne. W błonach korkowych i kutynizowanych znajdujemy prócz tego tłuszcze, wosk i niektóre inne substancje, które dają się wyciągnąć za pomocą alkoholu, eteru i chloroformu, również nieznaczną ilość barwników.

2. *Mączka*, czyli skrobia, zwana także krochmałem, stanowi wodan węgla, znajdujący się w postaci ziarenek we wnętrzu komórek. Jest w wodzie zimnej nierozpuszczalna i osadza się

w postaci białego proszku jeśli zmiążdżymy w wodzie odpowiednie części roślin. Skład jej chemiczny jest podobny do składu błonnika, również i reakcje są zbliżone do reakcyj tego ciała. Mączka nie rozpuszcza się w alkoholu, eterze i innych podobnych cieczach; z wodą gorącą tworzy klejster (przy tem ziarna jej pęcznieją). Z jodem daje niebieskie zabarwienie. Każde ziarnko mączki składa się z dwu rozmaitych substancyj; ujawnia się tu już warstwowata budowa tych utworów, każde bowiem ziarnko składa się z naprzemian-łogłych warstw silniej i słabiej załamujących światło (fig. 42), co zależy od nierównej w nich zawartości wody. Jeśli rozetrzemy ziarnka mączki, możemy z nich wyciągnąć substancją rozpuszczalną w wodzie i barwiącą się na niebiesko od jodu. Substancją tę wyciągnąć można i z nieuszkodzonych ziarenek, działając na nie pewnymi ciałami np. śliną, wyciągiem słodowym, kwasami roz-



Fig. 43. Leukoplasty z kłęczów kosańca (*Iris germanica*).

Młode rosnące ziarnka mączki, połączone z leukoplastami; od nich rozpoczyna się wzrost ziarnka, a kierunek warstw w niem zostaje wytknięty przez położenie leukoplastów. Silnie powiększone.

cienczonemi. Pozostała substancja zachowuje wtedy kształt ziarnka, ale reaguje jak błonnik, t. j. z jodem daje żółte zabarwienie, z chlorkiem zaś cynku jodowym niebieskie. Ciała te nazwano *granulozą* i *amylocelulozą* (amylum = mączka) czyli błonnikiem mączkowym¹⁾. Mączkę znajdujemy we wszystkich pra-

¹⁾ Pogląd ten na skład chemiczny mączki, opierający się na badaniach Karola Nägeliego, jest już dziś porzucony. Walter Nägeli wykazał, że t. zw. amyloceluloza jest produktem przemiany mączki. Ciało to nazwał on

wie roślinach oprócz grzybów; w większej ilości nagromadza się jednak tylko w tych częściach roślin, które służą za zbiorniki materiałów zapasowych, np. w bulwach i innych organach podziemnych; w wielu nasionach (zboża, rdestowate, strąkowe). W tych tkankach komórki przepelnione są mączką. W ziemniakach zawartość mączki wynosi od 14 do 30 i więcej procent; w grochu 58 proc.; w bobach 45% w owsie 47, w jęczmieniu 58 w życie 60, w pszenicy i prosie 64 w kukurydzy 65% w ryżu do 76%. Sago jest mączką wydobytą z pni niektórych palm i sagowcowatych (*Cycadeae*); *arrow-root* mączką z kłączy marantowatych (*Marantaceae*). Prócz tego ukażuje się mączka czasowo przy przemianach jednych ciał w inne; tak w komórkach rosnących (fig. 14), w ziarkach chlorofilowych podczas przyswajania (fig. 30) również przy rozpuszczaniu substancji zapasowych p. błonnika zapasowego i tłuszczów. Mączka stanowi bardzo właściwą do przechowania formę wodoru węgla, będąc bowiem nierozpuszczalną w wodzie nie jest osmotycznie czynną. Powstaje zawsze w protoplazmie komórek z początku w postaci drobnych ziarenek, które wyrastają stopniowo (fig. 42). Często dają się przytem widzieć tak zwane *leukoplasty* (ciałka wytwarzające mączkę); są to ziarnkowate utwory plazmatyczne, na których wy-

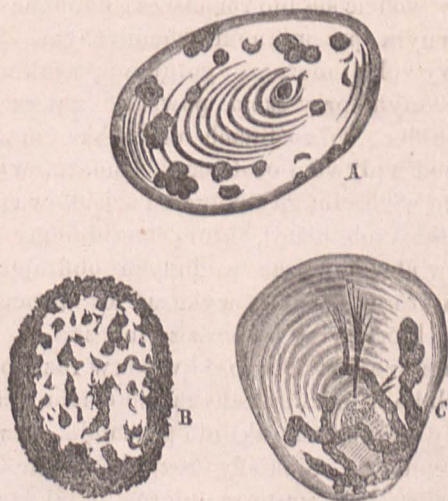


Fig. 44. Rozpuszczanie ziarenek mączki w kiełkującej bulwie ziemniaka. A Początek działania diastazy; ziarnko wygląda jak wygryzione z powierzchni. B, ziarnko znacznie zmniejszone wskutek rozpuszczenia $\frac{1}{2}$ z powierzchni, C forma rozpuszczenia, w której ziarnko wygląda jakby stożone idącemi od powierzchni kanałami.

amylodekstryną; rozpuszcza się ono w wodzie ogrzanej do 60° stopni a po odparowaniu osiada w postaci tabliczek krystalicznych: barwi się na żółto od jodu. Powstaje wskutek działania rozcieńczonych kwasów na mączkę. Prz. tl.

tworząc się ciałka mączki, zostające w związku z leukoplastami przez cały czas wzrostu (fig. 43). Ciało, z którego powstaje mączka, musi być jakimś rozpuszczalnym wodanem węgla, prawdopodobnie jest niem najczęściej glukoza, gdyż w tej postaci jak widzieliśmy wędrują materyały zapasowe do odpowiednich organów. Ostatecznym przeznaczeniem wszystkich ziarenek mączki (tak tych, które stanowią materyał zapasowy, jak nie mniej czasowo powstających) jest rozpuszczenie. Ponieważ zaś mączka w wodzie się nie rozpuszcza powinna więc ulec w tym celu pewnym przemianom chemicznym. Taką przemianę sztucznie wywołać możemy gotując ją z jakimkolwiek kwasem rozcieńczonym, przy czem powstaje z początku dekstryna a następnie cukier. W roślinach przeróbka mączki na cukier odbywa się pod wpływem osobnego fermentu, wytwarzanego przez komórkę w chwili, gdy potrzebna jest owa przemiana. Jest nim *dyastaza* (ob. niżej), którą znajdujemy w kielkującym jęczmieniu (w słodzie) oraz w innych obfitujących w mączkę nasionach, a której obecność wykazać też można w wielu innych organach, w których się rozpuszcza mączka ¹⁾. Dla działania dyastazy konieczna jest obecność kwasu; w roztworach obojętnych działa ona słabo, a w alkalicznych nie działa wcale. Pod wpływem dyastazy ziarenka mączki nie pęcznicją, lecz znikają stopniowo, jakby topniejąc; niekiedy rozpuszcza się ziarenko jednostajnie z powierzchni; często zaś nierówno tak, że wygląda jakby wygryzione lub stoczone (fig. 44).

Mączką rozpuszczalną (amidulina) nazywają ciało, które znaleziono w soku komórkowym naskórka *Gagea* i niektórych innych liliowatych, również w mydlniku (*Saponaria*), gipsówce (*Gypsophila*) i niektórych innych. Ciało to rozpuszczalne w wodzie barwi się jodem na niebiesko. O chemicznej jego naturze mało co wiemy.

3. *Dekstryna*; tak nazywamy szereg ciał, powstających jako produkta pośrednie przy przemianie mączki na cukier. Rozpuszczalne są w wodzie zimnej lub gorącej, w alkoholu zaś nie-

¹⁾ Zdarza się, że w niektórych organach, w których mączka uległa rozpuszczeniu, dyastazy nie daje się wykryć (np. w wielu liściach); mimo to obecność jej jest i wtedy prawdopodobną, gdyż jak wykazał Jentys wykryciu dyastazy nawet przy dość znacznej jej zawartości przeszkadzać może obecność w wyciągu roślinnym innych ciał a w szczególności garbników. *Przyp. tlóm.*

rozpuszczalne. Roztwory ich są prawozwrotne ¹⁾. Względem jodu zachowują się rozmaicie; jedne wcale się nie barwią (achrodekstryna), drugie barwią się na czerwono (erytrodekstryna) trzecie na niebiesko (amylodekstryna); tę ostatnią utożsamiają z granulazą ²⁾. Dekstryny znajdują się w niewielkiej ilości w sokach wielu roślin.

4. *Sinistryna* jest ciałem zupełnie podobnem do dekstryny ale lewozwrotnem. Znalaziono je w cebulach scilli i innych jednoliścieniowych; również w kiełkującym jęczmieniu.

5. *Inulina*. Jest to ciało tegoż składu chemicznego, co i mączka; spotyka się rozpuszczona w soku komórkowym. Jod nie barwi jej wcale; nie ma ona żadnego smaku; jest lewozwrotna. Alkohol osadza ją w postaci tak zw. *sferokryształów*, t. j. utworów kulistych z uwarstwieniem współśrodkowem, złożonych z promienisto ułożonych drobnych kryształów. Ciało to jest mało rozpowszechnione; spotyka się jako materiał zapasowy w organach podziemnych niektórych roślin w zastępstwie mączki. Znajdujemy je w bulwach georginy, topinamburu; w korzeniach cykoryi, mniszka, omanu, i innych złożonych, niemniej i w pokrewnych rodzinach. Powstaje z glukozy i dla wędrówki zamienia się w nią powtórnie.

6. *Gumy i śluz roślinny*. Są to wodany węgla tegoż składu co i mączka; charakteryzują się tem, że w zimnej wodzie pęcznieją, tworząc masę lepłą. W alkoholu nie rozpuszczają się a gotowane z kwasami dają cukier gronowy. Rozróżniamy dwie gromady tych ciał: 1) *gumy prawdziwe*, które z kwasem azotnym dają oprócz kwasu szczawiowego kwas śluzowy, z jodem zaś nie dają niebieskiego zabarwienia; 2) *substancje śluzowe*, które dają z kwasem azotnym tylko kwas szczawiowy, z jodem zaś zabarwienie niebieskie lub fioletowe. Są to związki zbliżone do błonnika. Fizyologiczne znaczenie tych ciał w roślinie jest najrozmaitsze. Zdaje się, że wszystkie są ostatecznymi produktami przeróbki, które już powtórnie się nie rozpuszczają. Według miejsca znalezienia rozróżniamy: a) *Substancje śluzowe w naskorkach owoców i nasion*. Obfity śluz, powstający przy działaniu wody na nasienie lniane, nasienie pigwy, gorczycę, nasiona babki

¹⁾ Z błonnika zapasowego palmy słoniowej otrzymano lewozwrotną gumę sinistrynę. Przyp. tł.

(*Plantago*), lnianki, rzeżuchy i wielu innych krzyżowych, pochodzi z komórek naskórka. Pęczniejąc silnie w skutek pobierania wody rozsadza on błony i wypływa z nich otaczając nasiona. W komórkach znajduje się zaś w postaci warstw zgrubienia błony i powstaje tu jak i błonnik z mączki, która poprzednio znajdowała się w tych komórkach. Korzyść, którą osiąga roślina z tego śluzu, zdaje się polega na tem, że przykleja on nasienie do ziemi a w taki sposób daje punkt oparcia korzonkowi wdrażającemu się w grunt; nasiona pozbawione sztucznie tego śluzu przy kiełkowaniu nie mogą wpuścić korzonka w ziemię. b) *Woreczki gumowe* są to wydłużone komórki rozrzucone w miękkiszowych tkankach powietrznych i podziemnych organów roślin. Spotykamy je w wielu jednoliścieniowych: u storczykowatych, liliowatych, kosaćcowatych i innych. Są to zwykle komórki o cienkich ściankach, których przestrzeń wewnętrzną napelniona jest wodnistym śluzem; przy tworzeniu się tego śluzu nie widać ziarenek mączki; tylko powstają tu zwykle kryształy szczawianu wapnia, które zanurzone są w masie śluzu. W rodzinach pokrewnych z malwowatymi, lipowatymi i t. d. spotykają się podobne woreczki śluzowe; ale tu śluz tworzy warstwy zgrubienia błony, które wzrastając stopniowo ostatecznie wypełniają całe wnętrze komórki. c) *przewody gumowe* są to przestwory międzykomórkowe, przebiegające w miękkiszu rośliny, w których śluz powstaje wskutek wydzielenia z sąsiednich komórek. Znajdujemy je u sagowcowatych (*Cycadeae*) i *Maratiaceae*. Fizyologiczne znaczenie tych utworów nie jest bliżej znane. d) *Guma w drewnie ochronnem i w twardzieli*. Po każdym uszkodzeniu drewna żywej rośliny przybiera ono na zranionej powierzchni ciemne zabarwienie podobne do zabarwienia twardzieli. Ta ściemniała część okrywa całą powierzchnię rany i nazywa się drewnem ochronnem. Ciemna barwa pochodzi stąd, że wnętrze naczyń i tracheid zostaje wypełnione brunatną masą, przybierającą twardość chrząstki a podobną do zgęszczonej gumy, która zatyka wszystkie otwory przeciętych naczyń. Powstaje ona wkrótce po zranieniu jako wydzielina na wewnętrznych ściankach naczyń w postaci drobnych początkowo, następnie coraz zwiększających się kropeł, prawdopodobnie przy udziale komórek miękkiszowych otaczających naczynie. Doświadczenia wykazały, że drewno takie jest zupełnie nieprzepuszczalne dla wody i powietrza, a więc otwory w układzie naczyniowym, powstające wskutek przecię-

cia, zostają przez nie zupełnie zatkane. Zamiana bieli na twardej w drewnie starszym zależy od podobnej wydzieliny (str. 107). Powstawanie gumy ochronnej charakterystycznym jest dla drzew liściastych, które się odznaczają szerokimi naczyniami. Tworzenie się wielkich ilości gumy, jakie spotykamy u wiśni, moreli i brzoskwini, zależy od osobliwych procesów. Powodem i tu zdaje się jest zranienie lub zamieranie sąsiednich części; wskutek tego następuje zmiana w czynności warstwy miazgowej, która, zamiast naczyń, zaczyna wytwarzać wielką ilość miękiszu drzewnego; komórki zaś jego przemieniają się w masę gumy przy całkowitem rozpuszczeniu błon, miazga i kora niekiedy biorą udział w tem przekształceniu; zład powstaje wielka ilość gumy, zasklepiającej miejsca zranione i często wypływającej nazewnątrz. W podobny sposób tworzy się guma arabska w mimozach i guma tragantowa w gatunkach *Astragalus* (traganków).

Spokrewnione z gumami są ciała *pektynowe* czyli galarety roślinne, które spotykają się w wielu owocach soczystych. Mało co wiemy o ich własnościach chemicznych. Przy gotowaniu roztwory ich ścinają się w galaretę. Nie są to produkty przemiany błon komórkowych; niewiadomo dokładnie ani jak powstają ani też jakie jest ich przeznaczenie fizyologiczne.

B. Gromada cukru gronowego ¹⁾.

Pomiędzy gatunkami ciał cukrowych właściwych, t. j. słodkich, w wodzie rozpuszczalnych wodań węgla wyróżnia się ta gromada następnymi cechami: Należące tu gatunki cukru mają wzór $C_6H_{12}O_6$, obdarzone są w wysokim stopniu własnością redukcijną, t. j. w roztworze siarczanu miedzi za dodaniem wodań potasu i ogrzaniem wywołują osad czerwonny, powstający wskutek redukcji tlenku miedzi na tlenek; wreszcie ulegają fermentacji alkoholowej wprost pod wpływem drożdży. Należą tu:

1. *Cukier gronowy* czyli dekstroza ²⁾ cukier prawozwrotny, krystalizujący niewyraźnie. Jest to jeden z najbardziej rozpo-

¹⁾ Według dziś przyjętej terminologii: *Heksozy*.

Prz. II.

²⁾ Według dziś przyjętej nomenklatury *glukoza*: należy do *Heksoaldoz*; znane są lewoszwrotna i obojętna odmiany glukozy.

Prz. II.

wszecznionych w królestwie roślinnem gatunków cukru. Znajduje się w postaci roztworu w soku komórkowym we wszystkich owocach słodkich (obok cukru owocowego) i jest formą, w której odbywa się wędrówka wodoru węgla ku wszystkim częściom roślin wyższych. Widzieliśmy wyżej, że nie tylko produkty przyswajania, powstające w liściach, dostają się w tej postaci przez ogonki liściowe i łodygi do miejsca swego zużycia, ale i wszystkie bezazotowe substancje zapasowe, jak mączka, inulin, cukier trzcinowy, błonnik, tłuszcze przemieniają się na cukier gronowy, aby z miejsca, gdzie się przechowują, dostać się do tych, w których zostają użyte na utworzenie nowych błon. Ten więc cukier wędrorny jest tylko ciałem przejściowym, podczas gdy tworzący się w owocach jest ostatecznym produktem wymiany; produktem ostatecznym jest również cukier, znajdujący się w miodnikach kwiatowych. Cukier owoców i miodników nie tworzy się w miejscach znalezienia, lecz pochodzi z produktów przyswajania liści i jako taki zostaje tu z nich doprowadzony.

2. *Cukier owocowy* ¹⁾ czyli *lewuloza* różni się od poprzedniego tem, że jest lewozwrotny ²⁾ i tworzy niekryształizujący syrop. Znajduje się obok poprzedniego w słodkich owocach i w miodnikach; powstaje również z produktów przyswajania w liściach. Wynika więc ząd, że dla wytworzenia cukru w owocach koniecznym jest światło i obecność liści. Światło przy tem potrzebne jest tylko dla liści; grona winne otoczone ciemną skrzynią dojrzewają i nabierają słodyczy, jeśli tylko liście rośliny są dostatecznie oświetlone. Wysoka temperatura sprzyja tworzeniu się cukru w owocach, jak tego dowodzą owoce znajdujące się na cieplejszych stanowiskach lub w ciepłych krajach. Pochodzi to zdaje się ząd, że temperatura ma wielki wpływ na prędkość wędrówki cukru w tkankach. W winogronach niedojrzałych przeważa na początku cukier gronowy, następnie ukazuje się cukier owocowy, który stanowi większą część w dojrzałym owocu; możliwem więc jest, że powstaje w samych winogronach z pierwszego.

¹⁾ *Heksoketoza* czyli *fruktoza*.

Prz. tl.

²⁾ Dziś już znana jest i prawozwrotna i nieczynna odmiana tego cukru (α -akroza).

Prz. tl.

C. Gromada cukru trzcinowego.

Tu należą gatunki cukru, których skład chemiczny wyraża się wzorem $C_{12} H_{22} O_{11}$. Nie odtleniają one weale tlenu miedzi lub tylko w słabym stopniu, większa część ich nie fermentuje wprost, lecz dopiero po przemianie na jeden z gatunków poprzedniej gromady. Znany jest cały szereg związków tego wzoru; niektóre z nich spotykają się tylko w pewnych gatunkach roślin; tak *mykoza* w wielu grzybach, *synantroza* w bulwach złożonych, *melecytoza* w soku modrzewia, *melitoza* w mannie australijskiej, pochodzącej z gatunków *Eucalyptus*. Ważniejsze z nich są:

1. *Cukier trzcinowy* czyli zwyczajny (cukier burakowy, sacharozą). Krystalizuje wyraźnie, prawozwrotny; jest to ten cukier, który dobywa się z trzciny cukrowej, buraków i innych roślin cukrowych (prosa cukrowego, sorga, klonu cukrowego). W przeciwności do gronowego i owocowego, które znajdują się przeważnie w owocach, cukier trzcinowy właściwy jest sokom organów wegetacyjnych, łodygi i korzenia i występuje przeważnie w roli materiału zapasowego, powstającego z utworzonego w liściach cukru owocowego i gronowego. Przed zużyciem w roślinie przemienia się napowrót w cukier owocowy i gronowy. Przypuszczają, że przemiana ta odbywa się pod wpływem osobnego fermentu, znajdującego się w komórkach. Gotowanie z rozcieńczonym kwasem powoduje również rozkład cukru trzcinowego na owocowy i gronowy ¹⁾.

2. *Maltoza* znajduje się w słodzie; powstaje tu obok dekstryny jako produkt przemiany mączki zapasowej. Jest to cukier krystaliczny, słabo odtleniający tlen miedzi; fermentuje bez poprzedniej przemiany.

II. Substancje niby-cukrowe.

Tak nazywają słodkie substancje roślinne, różniące się od ciał cukrowych prawdziwych tem, że nie należą do wodoranów węgla, lecz zawierają więcej wodoru. Najlepiej znanym jest *mannit* znajdujący się w wielu grzybach oraz w mannie, wydzielonej niektórych drzew, a zwłaszcza mannowca. O sposobie jego powstawania nie wiemy.

1) $C_{12} H_{22} O_{11} + H_2O = C_6 H_{12} O_6 + C_6 H_{12} O_6$.

III. Glukozydy.

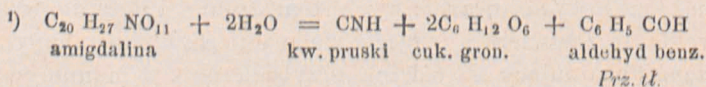
Są to ciała obojętne, krystalizujące, rozpuszczalne w wodzie i nietlone. Smak ich jest najczęściej gorzki; charakterystyczną cechą jest ta, że przybierając wodę, rozkładają się na nowe ciała, z których jedno jest glukoza. Rozkład ten można wywołać gotując je z rozcieńczonymi kwasami lub alkalicami; odbywa się on również w roślinach pod wpływem osobnych fermentów. Nie wiemy o sposobie ich powstawania i znaczeniu dla roślin. Każdy prawie ze znanych glukozydów właściwy jest jednej lub niewielu roślinom. Rozróżniamy dwie gromady:

A. *Glukozydy zawierające azot*. Tu należą:

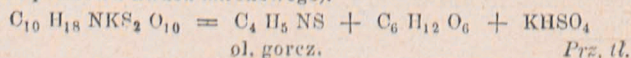
1. *Amigdalina* ($C_{20} H_{27} NO_{11}$). Znajduje się w gorzkich migdałach (słodkie jej nie zawierają) tudzież w nasionach, liściach i korze innych migdałowatych (*Amygdaleae*). Migdały słodkie i gorzkie zawierają ferment, *emulsynę*, który rozkłada amigdalinę na olejek gorzkich migdałów, kwas pruski i cukier gronowy ¹⁾. Fermentacja ta odbywa się jednak dopiero w zmiążdżonych migdałach; nie wiemy dokładnie, w jaki sposób oddzielone są od siebie emulsyna i amigdalina w nasionach całych, aby reakcja ta w nich nie zachodziła.

2. *Kwas mironowy* ($C_{10} H_{10} NS_2 O_{10}$); prócz azotu zawiera jeszcze siarkę. Znajduje się w nasieniu gorzycy obok fermentu *mirozyny*, który, znowuż dopiero po zmiążdżeniu nasion, powoduje rozkład kwasu mironowego na olejek gorzyczyn i glukozę ²⁾.

3. *Solanina* ($C_{43} H_{71} NO_{16}$), ciało trujące właściwe wszystkim gatunkom psianki (*Solanum*). Daje z kwasem azotnym różowe zabarwienie. W *Solanum dulcamara* (psianka słodkogorz) znajduje się w znacznej ilości. W ziemniakach jest jej bardzo mało; znajduje się tu w kilku warstwach komórek, leżących pod samym naskórkem bulw; również i w latoroślach, w których



²⁾ Reakcja odbywa się według następującego wzoru (w gorzycy znajduje się sól potasowa kwasu mironowego):



IV. Substancje wyciągowe gorzkie.

Tu zaliczamy wszystkie inne gorzkie substancje, niedające cukru przy rozkładzie. Mało są znane pod względem chemicznym i prawie że wcale nieznane ze stanowiska fizyologicznego. Ważniejsze są: *lupulina*, znajdująca się w chmielu; *absyntyna* w piołunie; *aloina*, w aloesie; substancja gorzka kwasu i inne.

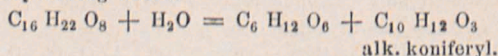
V. Kwasy organiczne roślinne.

Są to związki węgla, wodoru i tlenu, rozpuszczalne w wodzie i mające własności kwasów. Bardzo są rozpowszechnione w roślinach po części w postaci soli obojętnych lub kwaśnych, po części w stanie wolnym i są przyczyną kwaśnego smaku wielu soków roślinnych. Ilość kwasów roślinnych jest bardzo wielka; do najbardziej rozpowszechnionych należą następujące:

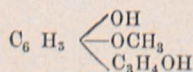
1. Kwas szczawowy, $C_2 H_2 O_4$, najbardziej rozpowszechniony; niema może rośliny, któraby go nie zawierała. Znajduje się niekiedy w postaci szczawianu potasu rozpuszczonego w soku komórkowym, najczęściej zaś w postaci krystalicznej jako szczawian wapnia (fig. 45). Kryształy te mają bądź postać igieł tworzących pęczki (t. zw. rafidy) bądź słupów lub ośmiościanów i t. d. czasem w skupieniach krystalicznych, leżących wewnątrz komórki. Niekiedy znajdujemy drobne kryszta-

koniferyny; po 18 godzinnem gotowaniu z wodą drewno traci wszystką zawartą w niem koniferynę i nie daje już tego zabarwienia (Singer). Wanilina daje ponsowe lub fioletowe zabarwienie z florogluęzną i kwasem solnym, również charakterystyczne dla drewna; wyciąg z drewna przygotowany zapomocą wody wrzącej daje to zabarwienie ale nawet 1½ miesięczne gotowanie drzewa w wodzie nie pozbawia go całej ilości zawartej w niem waniliny.

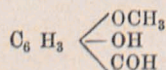
Koniferyna pod wpływem emulsyny, lub gotowana z kwasem rozcieńczonymi, rozkłada się według wzoru:



Alkohol koniferynowy ma budowę:



Wanilina jest aldehydem metyloprotokatechowym:



(Prz. II.)

ły szczawianu wapnia w błonie komórkowej lub na jej zewnętrznej stronie jak to często bywa u grzybów i porostów. Spotykamy kwas szczawiowy przeważnie w organach wegetacyjnych, w liściach łodygach, korzeniach i korze. Szczaw i szczawik zawdzięczają smak swój jego obecności. Wyżej wspomniane kryształy szczawianu wapnia znajdują się obficie w miększyszu liści, łodyg, kory i korzeni ziół i drzew należących do rozmaitych rodzin. Znajdują się również w materiałach zapasowych nasienia, w ziarnkach glutenu ¹⁾.

¹⁾ Nie znajdujemy kryształów szczawianu wapnia w większej części paproci, w gatunkach *Selaginella*, w skrzypach, widłakach i większej części mchów. Pomiędzy jawnokwiatowemi brakuje ich większej części traw, kukurydzy, ciborowatym i wielu roślinom pasorzytnym. W wielu z tych roślin nieobecność kryształów tłumaczy się brakiem wapnia, gdyż rośliny te rosną na gruncie przeważnie krzemionkowym. Zawierają one kw. szczawiowy w postaci soli potasowych w soku komórkowym. Co do miejsca znalezienia w pojedynczych częściach rośliny Schimper rozróżnia trzy a Kohl, którego pracy (p. t. Kalksalze und Kieselsäure in d. Pflanzen 1889) zawdzięczamy wiele ciekawych danych dotyczących tych kryształów, cztery rodzaje szczawianu wapnia: 1) pierwszorzędowy szczawian wapnia znajduje się w pączkach; powstaje niezależnie od przyswajania; 2) drugorzędowy w miększyszu zawierającym chlorofil powstający pod wpływem przyswajania; 3) trzeciorzędowy tworzy się w pobliżu wszelkich komórek skłerenchymatycznych w organach wegetacyjnych, nasionach i owocach gdzie się wytwarzają substancje zapasowe; wreszcie 4) czwartorzędowy powstający w liściach w jesieni przed ich opadaniem i wraz z nimi oddalany z rośliny.

Ogromne rozpowszechnienie tego kwasu w królestwie roślinnym, oraz jego obecność we wszystkich miejscach, gdzie tworzy się lub rozkłada białko, niemniej jak i ta okoliczność, że większa część szczawianów wapnia nie zostaje powtórnie rozpuszczoną a więc jest produktem ostatecznym przemiany, czyli wydzieliną (zwłaszcza ogromne ilości szczawianu wapnia wyrzucają rośliny w jesieni razem z liśćmi opadającymi; (ob. niżej R. 4. Opróżnienie opadających organów) nasuwają myśl, że kwas ten jest ubocznym produktem powstającym przy jakiejś wspólnej wszystkim roślinom sprawie chemicznej. Berthelot, André, Schimper i inni przypuszczają, że tworzy się on przy powstawaniu ciał białkowych z amidów i wodorów węgla; Kohl przedstawia przebieg tej sprawy w sposób następujący:

I azot azotanów (z gruntu)

II węglowodory wodany węgla przeniesiono na CO₂ i H₂O
przy oddychaniu.

Amidy	białko	amidy	białko i t. d.
(asparag.)			

III Wodany węgla	(pierwszorzędowy)	III Wodany węgla	kw. szczawiowy
(przyswojone)	kw. szczawiowy	(przyswojone)	(2-go rzędowy)

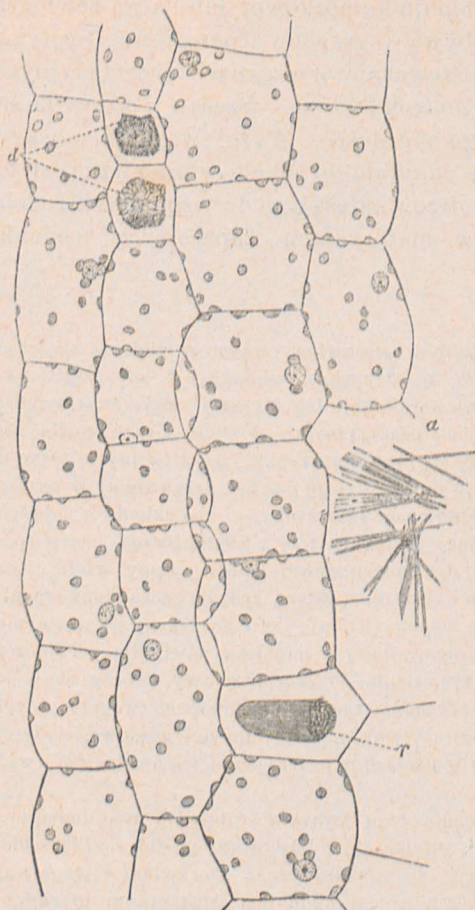


Fig. 45. Kryształy szczawianu wapnia z winorośli.

Na przecięciu podłużnem kory, pomiędzy komórkami zawierającymi chlorofil, dają się widzieć komórki zawierające twory krystaliczne bądź w postaci wiązek cienkich igieł (rafidy) jak w *r* (w *a* wiązka rozproszona przy przecinaniu) bądź w postaci skupień (*d*). Komórki takie pozbawione są chlorofilu

2. Kwas jabłkowy ($C_4H_6O_5$) po części wolny, po części w związku z potasem lub wapniem znajduje się w soku niedojrzałych jabłek, jarzębiny i innych owoców kwaśnych obok niżej następujących kwasów. Również spotyka się w zielonych częściach roślin np. w soku kwaśnym roślin soczystych i t. d.

3. Kwas winny ($C_4H_6O_6$) wolny lub w postaci soli potasowych lub wapiennych szczególnie w soku winogron, nie mniej i w innych częściach winorośli; również w innych owocach kwaśnych, a w małej ilości w liściach, korzeniach i korze wielu roślin.

4. Kwas cytrynowy ($C_6H_8O_7$), obficie znajduje się, w cytrynie w stanie wolnym, również i w innych owocach kwaśnych; w postaci

Odmienny pogląd na pochodzenie przynajmniej części kwasu szczawowego, mianowicie jako produktu rozkładu białka, wypowiedziałem w pracy o pierwotnej syntezie białka (*Zosmos* 1893, czerwiec i lipiec). Co do przeznaczenia tego

soli wapiennych lub potasowych w liściach, korze i korzeniach wielu roślin.

5. Kwas mrówkowy ($\text{CH}_3 \text{O}_2$) znajduje się we włoskach pokrzywy ¹⁾ i innych parzących roślin; niewielkie ilości jego znaleziono w rozmaitych częściach roślin.

6. Kwas octowy $\text{C}_2 \text{H}_4 \text{O}_2$ w niewielkiej ilości w rozmaitych częściach wielu roślin.

Mniej rozpowszechnione lub do pojedynczych roślin ograniczone są następujące kwasy:

Kwas waleryanowy $\text{C}_5 \text{H}_{10} \text{O}_2$ w korzeniu waleryany, angeliki, kaliny (*Viburnum opulus*) i t. d.

Kwas bursztynowy $\text{C}_4 \text{H}_6 \text{O}_4$ w małej ilości w winorośli, piołunie i sałacie.

Kwas fumarowy $\text{C}_4 \text{H}_4 \text{O}_4$ przeważnie w dymnicowatych jak dymnica (*Fumaria*), kokorycz *Corydalis* i inni.

Kwas chelidonowy $\text{C}_7 \text{H}_4 \text{O}_6$ w *Chelidonium majus* (jaskółcze ziele).

Kwas mekonowy $\text{C}_7 \text{H}_4 \text{O}_7$ w soku mlecznym maku.

Kwas akonitowy $\text{C}_6 \text{H}_6 \text{O}_6$ w *Aconitum* (tojad), *Delphinium* (ostróżka) i t. d.

Znaczenie kwasów organicznych dla roślin nie jest w sposób należyty wyjaśnione; nie jest też one zawsze jednakowe. Ciała te powstające często w pozbawionych zieleni organach rośliny nie są pierwotnymi produktami przyswajania, lecz dalszej przemiany. Co do znalezienia ich w rozmaitych częściach rośliny, daje się zauważyć, że sok z liści jest najkwaśniejszy, mniej kwaśny sok z łodygi, a najmniej z korzenia. W grubych łodygach i liściach zielona kora jest kwaśniejsza niż biały rdzeń. Zawartość kwasów zmienia się zależnie od pory dnia; w nocy jest większa niż w dzień; dla tego też niektóre części roślin przybierają w nocy kwaśny smak, który tracą podczas dnia.

kwasy w roślinie to już Holzner wypowiedział przypuszczenie, że wydziela on kwasy azotny, siarczany i fosforny ze związku z wapniem, z którym połączone dostają się do rośliny, sam zastępując ich miejsce (wskutek czego właśnie powstaje szeczawian wapnia, kwasy zaś wolne ulegają dalszemu przerobieniu). W nowszych czasach Emmerling drogą chemicznych doświadczeń dowiódł, że istotnie kwas szeczawowy może rozkładać azotany (wapnia i potasu) w słabych roztworach.

Prz. II.

¹⁾ Według doświadczeń Haberlanda, substancją parzącą we włoskach pokrzywy nie jest wcale kwas mrówkowy ale pewien właściwy enzym.

Prz. II.

Zjawisko to odkryte zostało na roślinach gruboszowatych (Crassulaceae), gdzie występuje ze szczególną jaskrawością. Tak *Bryophyllum* (płodnoliść) zawiera niekiedy w słoneczne dni sierpniowe 11 razy mniej kwasu niż w nocy. Stosuje się to jednak i do innych roślin jako правило ogólne. Największa zawartość kwasu bywa nad rankiem; później opada stopniowo do wieczoru, aby wzrastać znów w nocy. Zależność zjawiska tego od światła można stwierdzić również przez zaciemnianie pojedynczych części roślin. Podwyższenie temperatury znacznie przyspiesza rozkład kwasów. Znikaniu kwasów pod wpływem światła towarzyszy wydzielenie tlenu, gdyż nawet w powietrzu pozbawionem dwutlenku węgla, gdy nie może mieć miejsca wydzielanie tlenu, towarzyszące sprawie przyswajania, liście roślin zawierające kwasy wydzielają tlen pod wpływem światła. Przypuszczają więc, że rozkład kwasów jest sprawą utlenienia, spowodowaną przez wydzielający się podczas przyswajania tlen, tworzące się zaś przytem dwutlenek węgla i woda ulegają ponownie przyswojeniu. Z czego powstają te kwasy w nocy, ni wiadomo; prawdopodobnie powstają one z cukru, znajdującego się w organach przyswajania; kwasy więc byłyby w takim razie produktami niezupełnego utlenienia podczas oddychania ¹⁾. Powstające w nocy kwasy są: jabłkowy, mrówkowy i octowy.

Kwasy znajdujące się w owocach są również prawdopodobnie produktami utlenienia dostającego się tu cukru. W miarę dojrzewania owoców ilość cukru wzrasta, kwasów zaś zmniejsza się. Przyczyną tego może nie jest zobojętnienie kwasów, lecz ich dalsze utlenienie na wodę i dwutlenek węgla; również prawdopodobnym jest, że w miarę dojrzewania wymiana materij, a więc i utlenienie cukru na kwasy, zmniejsza się.

Obfite znajdowanie się kwasu szczawiowego w postaci kryształów soli wapiennej, dowodzi odmiennego ich znaczenia. Kryształy te, raz będąc utworzone, najczęściej już nie znikają ²⁾. Sądzono więc, że kwas szczawiowy przeznaczony jest do zobojętnie-

¹⁾ Bardziej prawdopodobnym i większym cieszy się dziś uznaniem przypuszczenie, że są one produktem utlenienia ciał białkowych. To samo stosuje się do kwasów owocowych. Prz. II.

²⁾ Nie stosuje się to do wszystkich szczawianów. Schimper wykazał, że trzeciorzędowe szczawiany (według jego klasyfikacji co odpowiada trzecio- i czwartorzędowym Kohla) mogą być rozpuszczone ponownie. Prz. II

nia nadmiaru wapnia, z którym przywędrowały do rośliny kwasy azotny, siarczany i fosforny. Znowuż inne znaczenie możemy mu przypisać tam, gdzie komórki miękiszowe wypełnione kryształami szczawianu wapnia leżą tak gęsto obok siebie, że pełnią rolę tkanki mechanicznej lub wspierają tę ostatnią, jak u wielu roślin pod naskórkciem, w sąsiedztwie z włóknami łykowemi, w osadach kwiatowych i t. d.

Za jedną z czynności kwasów w roślinie uważać można podwyższenie przez nie jędrności komórek oraz przyspieszający wpływ na przemianę mączki na cukier.

Ciała garbnikowe czyli *garbniki* stanowią gromadę ważną ze względu na ich rozpowszechnienie w roślinach. Ciała te składają się z węgla tlenu i wodoru, rozpuszczalne są w wodzie i alkoholu, trudno krystalizują się, nie posiadają woni, odznaczają się zaś ściągającym smakiem i zdolnością garbowania skóry. Posiadają one własności słabych kwasów; charakterystyczne dla nich są osady ciemno-zielone lub czarno-niebieskie, które tworzą z solami tlenikowemi żelaza (atrament). Do garbników dających osad niebieski należy *tanina*, znajdująca się w naroślach dębowych liści, *garbnik dębowy*, w korze dębu; do dających osad zielony z żelazem, garbniki z kory wierzbowej, olchowej, wiązowej, garbnik z katechu, kawowy, znajdujący się w liściach i owocach tej rośliny, chinowy w korze chinowej i inne. Znaczenie garbników dla roślin jest całkiem nieznane ¹⁾. Uderzająca jest ilość ich w korze, ale i w tkance przyswajającej liści, w korzeniach i t. d. spotykają się również. Wszystkie takie części łatwo poznać po ściągającym smaku również i po tem, że na przecięciu prędko brunatnieją; podobnie zachowuje się wyciśnięty z nich sok. Zależy to od tego, że większość związków garbnikowych

¹⁾ Ostatniemi czasy wyszły prace (Krausa, Büsgena) rzucające pewne światło na przemiany garbnika w roślinie. Pierwszy z tych autorów rozróżnia dwojakie pochodzenie garbników: 1^o podczas przyswajania; 2^o przy tworzenie nowych organów (kielkowanie, puszczenie pędów z kłączy i t. d.). Büsgen rozróżnia również pierwszorzędowe garbniki, powstające na świetle od drugorzędowych, tworzących się w ciemności, lecz dochodzi do wniosku, niezgodnego z poprzednim autorem, że oba rodzaje mogą w pewnych wypadkach zniknąć podczas wegetacji, a więc iść na jakiś użytek. Przekonał się on dalej drogą doświadczeń, że liście leżące na roztworze cukru wytwarzają w ciemności garbnik. Löw i Bokoray wykazali zależność wytworzonego w skrętnicy (Spirogyra) garbniku od składu soli, w których żyły te wodorosty. *Prz. tł.*

utlenia się na powietrzu, tworząc brunatne lub czerwonobrunatne ciała. W kielkujących nasionych nie bywa zwykle garbnika; wytwarza się on dopiero z dalszym wzrostem młodej roślinki. Zdaje się, że raz wytworzony garbnik może niekiedy zniknąć. W niektórych roślinach jak bób, klon, wiąz znajduje się on we wszystkich komórkach młodych rosnących części łodygi i korzenia; w miarę zaś przyrostu tkanek znika ponownie, jednak niektóre komórki lub tkanki zostają wciąż napełnione garbnikiem; do takich należy kora, zwłaszcza zaś najmłodsze części łyka u drzew. Często znajdują się tu pojedyncze komórki trwale napełnione garbnikiem, zwykle zmieszany z czerwonym barwnikiem.

VI. Tłuszcze.

Tłuszcze składają się z węgla, wodoru i tlenu; w zwykłej temperaturze są ciekłe albo miękkie albo twarde; z wodą się nie mieszają, lecz pływają po niej; nie ulatniają się bez rozkładu. Powinniśmy je uważać za związki podobne do soli (eteru) składają się bowiem z *gliceryny* i *kwasów tłuszczowych*. Stosownie do tych ostatnich rozróżniamy cały szereg tłuszczów. Tłuszcze płynne w zwyczajnej temperaturze (oleje) składają się przeważnie z *oleiny*, t. j. eteru glicerynowego *kwasu oleinowego* ¹⁾. Tu należy większa część olejów zawartych w tłustych owocach jak rzepakowy, lniany, konopny, słonecznikowy, makowy, oliwkowy i t. d. Tłuszcze półtwarde w zwyczajnej temperaturze są poczęści eterami kwasu *palmitowego*, po części *stearowego* ²⁾ (palmityny i stearyny) i gliceryny. Należą tu rozmaite tłuszcze palmowe, masło kakaowe, masło muskatolowe i t. d. Zresztą tłuszcze roślinne są najczęściej mieszaninami rozmaitych gatunków tłuszczu a stopień ich ciekłości zależy od stosunków ilościowych składników. Tłuszcze są zawsze produktami protoplazmy; znajdują się one w niej w postaci drobnych kropeł jak w emulsji lub też tak zmieszane, że okiem nie dają się odróżnić. Nieznaczne ilości tłuszczu zawiera prawdopodobnie protoplazma każdej komórki; w większej jednak ilości nagromadza się tam, gdzie służy jako

¹⁾ Wzór tego kwasu jest $C_{18} H_{34} O_2$; należy on do szeregu bardziej utlenionego niż kwasy niżej wymienione.

²⁾ Kwas palmitowy = $C_{16} H_{32} O_2$; stearowy = $C_{18} H_{36} O_2$.

materyał zapasowy, przedewszystkiem więc w nasionach tłustych i w korze drzew na zimę. Nasiona konopi zawierają 30%, lnu 35%, maku 45%, rzepaku 50%, orzechy włoskie do 55% oleju. W organach tych powstaje tłuszcz z cukru doprowadzanego do nich z części przyswajających ¹⁾. Podczas kiełkowania takich nasion lub gdy rozwijają się pączki drzew tłuszcz znika z organów zapasowych, idąc na utworzenie nowych części roślin; prawdopodobnie przemienia się przytem powtórnie na cukier, pojawiają się jednak przejściowo i ziarenka mączki w komórkach, z których znikają tłuszcze. Część tłuszczu prawdopodobnie zużywa się przytem na oddychanie (ob. niżej).

Wosk (roślinny) jest tłuszczem stałym w zwyczajnej temperaturze. Sposób powstawania jego również jest odmienny. Tworzy się on w nadskórku (str. 174) części powietrznych, a przez niektóre rośliny wydzielany bywa na powierzchni tego ostatniego w postaci pyłku, łatwo dającego się zetrzeć, jak np. na zielonych częściach kapusty, maku, grochu, również na śliwkach, winogronach i wielu innych niepokrytych włoskami częściach roślin. W większej ilości wydziela się na pniach niektórych palm.

VII. Olejki lotne czyli eteryczne.

Są to ciała mające wygląd tłuszczu, odznaczające się jednak lotnością i wonią, wskutek której nadają woń i smak korzenny częściom roślin. Są to przeważnie związki bardzo bogate w węgiel, występujące jako produkty końcowe wymiany materji, najczęściej jako wydzielin. Według składu chemicznego rozróżniamy następujące olejki eteryczne.

1. *Węglowodory* czyli *niezawierające tlenu olejki*. Najważniejszym z nich jest olejek terpentynowy $C_{10}H_{16}$, rozpowszechniony wśród drzew iglastych, a który wyżej poznaliśmy jako wydzielinę, zawartą w osobnych przestworach między komórkami liści i drewna. Przy uszkodzeniu drzewa zawartość ich wylewa się na miejsce uszkodzone i służy do jego ochrony. Przy wię-

¹⁾ Wobec tego co wiemy o powstawaniu tłuszczów w organizmach, zwierząt wątpliwem jest, aby w roślinie powstawać mogły wprost z cukru. Prawdopodobnie są one tu jak i u zwierząt produktem rozkładu białka, dopływający zaś cukier łącząc się z azotową częścią tego ostatniego służy do powtórnego odtworzenia jego.

kszych uszkodzeniach lub w pobliżu zamierających części w drzewach szpilkowych wytwarzają się większe ilości olejku dla ochrony pozostałych przy życiu sąsiednich organów. Powstaje on po części wewnątrz komórek drzewnych, nasycając ich błony tworzy tak zwane drzewo smoliste, po części przez rozpuszczenie tworzącego się w pobliżu uszkodzenia nienormalnego mięksizu drzewnego, w taki sam sposób jak guma w migdałowatych (str. 180). Tworzą się przytem często wielkie ilości olejku, wypływającego z pnia. Nie wiadomo z jakich ciał bezpośrednio powstaje terpentyna; zużytkowane są na nią błony rozpuszczającego się mięksizu drzewnego, ale i z organów przyswajania odbywa się dopływ wodoru węgla; prawdopodobnie odtleniając się ciała te dają ów węglowodor.

2. *Olejki eteryczne zawierające tlen.* Tu należą przeważnie olejki nadające woń kwiatom i owocom; każdej prawie roślinie właściwy jest jakiś odmienny olejek np. różany, cytrynowy, rozmarynowy, lawendowy, miętowy, pomarańczowy, goździkowy, koproowy, cynamonowy, kminowy, rumiankowy i t. d. Niektóre z nich są stałe w zwyczajnej temperaturze, są to t. zw. kamfory jak np. kamfora japońska z *Laurus camphora*, bornejska z *Dryobalanops camphora*; należy tu i kumaryna ¹⁾ znajdująca się w bobach Tonka również w łodydze i korzeniu *Anthozanthum odoratum* (Tonka wonna). Sposób powstawania wszystkich tych i innych olejków eterycznych nie jest jednakowy; wiele z nich a w tej liczbie i kamfory znajdują się wewnątrz komórek wonnych części roślin, inne zaś są rzeczywistymi wydzielinami, które tworzą się bądź w kanałach międzykomórkowych, bądź w gruczołach włoskowych lub w gruczołkach pączków.

3. *Zawierające siarkę olejki lotne.* Z tych znajduje się gotowy w roślinach olejek czosnkowy czyli siarek alilu, $C_6H_{10}S$, spotykający się w wielu gatunkach cebuli i niektórych iglastych. Należy tu i olejek gorczyczny czyli siarkocyanek alilu C_4H_5NS ; nie spotyka się on jednak gotowy lecz powstaje jako produkt rozkładu zawartego w ziarnkach gorczycy glukozydu.

¹⁾ Kumaryna ($C_9H_7O_2$) jest bezwodnikiem kwasu kumarowego; kamfora zaś ($C_{10}H_{16}O$) i borneol ($C_{10}H_{18}O$) należą do związków typu aldehydowego i alkoholowego.

VIII. Żywice.

Tak nazywają się substancje roślinne, zbliżone do olejków eterycznych; niektóre żywice są produktami utlenienia tych ostatnich; są one rozpuszczalne w alkoholu i w olejkach eterycznych, lecz nie są lotne. Pod względem sposobu powstawania i przeznaczenia fizyologicznego wykazują one również wielkie podobieństwo do olejków lotnych; są one wszystkie wydzielinami rośliny i powstają regularnie w miejscach uszkodzenia służąc jako balsam ochronny na ranę. Tak *żywica sosnowa* np. ma też same źródła co olejek terpentynowy, gdyż jest produktem jego utlenienia; w roślinie zwykle bywa z nim zmieszana. Mieszanina taka dobytą z rośliny nazywa się *terpentyną*; oczyszczona od olejku smoła stanowi *kalafonię*. Inne pochodzące z drzew podzwrotnikowych żywice lub ich mieszaniny z olejkami są: mastyks, kopal, żywica damary, gwajak, gumilak, żywica elemi, balsam kopajski, peruwiański, toluński, storaks, smoła benzoesowa, krew smocza i inne. Mało wiadomo dotychczas o sposobie powstawania tych ciał. *Gumy żywiczne*: tak nazywają się mieszaniny żywicy z gumą i olejkami eterycznymi; spotykają się one w wielu roślinach w ten sam sposób jak olejki i żywice t. j. w kanałach międzykomórkowych, z których wypływają przy uszkodzeniu rośliny. Tu należą myrra, asand, gumiguta, żywica mleczajowa i inne wydzielinę roślin gorącego klimatu.

Kauczuk czyli guma elastyczna jest związkiem zbliżonym do żywicy, ale złożonym tylko z węgla i wodoru. Jest on tą składową częścią soku mlecznego, która powoduje charakterystyczny jego wygląd, będąc zawieszony w nim w postaci bardzo drobnych kulek. Przy wysychaniu soku mlecznego, kuleczki te łączą się w masę elastyczną, która służy do wielu wyrobów. Największą ilość kauczuku dostarczają obfitujące w sok mleczny drzewa podzwrotnikowe. O sposobie jego powstania w roślinie nie mamy bliższych wiadomości.

IX. Zasady roślinne czyli alkaloidy.

Związki z trzech lub czterech pierwiastków złożone (węgiel, wodor, azot, większość zawiera i tlen). Posiadają najczęściej gorzki smak i oddziałują jako silne trucizny na organizmy zwierzęce. W każdej roślinie trującej znajduje się jeden lub kilka alkaloidów, nadających jej tę własność. Wobec jednak

niewielkiej ilości takich roślin rozpowszechnienie alkaloidów nie jest znaczne; przytem każdy zwykle jest ograniczony do jednego gatunku roślinnego. Nie wiemy nic o powstawaniu tych ciał. Znaczenie ich dla życia rośliny prawdopodobnie nie jest jednako-
we. Niektóre rozpowszechnione są we wszystkich częściach rośliny, nasuwając myśl, że jako silne trucizny służą ku ochronie jej od zwierząt. Godnem bowiem uwagi jest, że alkaloidy takie zawarte są w soku mlecznym, wypływającym przy każdym uszkodzeniu rośliny. Tak morfina, kodeina, tebaina, papaweryna, narkotyna i narceina znajdują się w opium, mlecznym soku maku. Wogóle zaś większa część soków mlecznych zawiera trucizny. W innych roślinach alkaloidy zawarte są nie w mlecznym lecz w sokach wszystkich części, często także w nasieniu. Gorzkie alkaloidy drzewa chinowego—chinina, cynchonina, chinidyna i cynchonidyna znajdują się przeważnie w korze; atropina w liściach i korzeniu wilczojagody; daturyna i hyoscyamina we wszystkich częściach bielunia i lulka; kolchicina w powietrznych i podziemnych organach zimowitu, tak samo weratryna w ciemierzycy, akonityna w *Aconitum* (tojad), strychnina i brucyna w owocach wroniego oka, kofeina czyli teina w rozmaitych częściach krzewu kawowego i herbacianego.

X. Ciała białkowe czyli proteinowe.

Obok wodorów węgla są to najważniejsze i najbardziej rozpowszechnione związki, również niezbędne dla roślin jak i dla zwierząt. Są one bowiem główną częścią składową protoplazmy, która jest właściwym podścieliskiem życia komórki. Niema więc żadnej części rośliny, któraby nie zawierała ciał białkowych. Wprawdzie zawartość ich może być bardzo rozmaita; od tego zależy rozmaita pożywność części roślin dla zwierząt, te ostatnie bowiem otrzymują całą potrzebną dla siebie ilość białka od roślin. Tak:

Nasiona łubinu zawierają	38,1%	białka
" wyki	26,4	"
" grochu	22,6	"
" pszenicy	13,0	"
" żyta	11,0	"
Nasiona owsa	10,1	"
" jęczmienia	10,0	"
Słoma grochu	6,5	"

„ żyta	„	3,0	„
Bulwy ziemniaków	„	2,1	„
Buraki cukrowe	„	1,0	„

Pod względem chemicznym ciała te odznaczają się zawartością azotu i siarki, po części fosforu; nie są one lotne, są objętne chemicznie. Budowa ich jest bardzo złożona i mało znana. Dla rozpoznania ciał białkowatych pod mikroskopem posługujemy się następnymi reakcyami: roztwór jodu barwi je na żółto-brunatno; w rozcieńczonych roztworach barwników przybiorają ciemniejsze od tych ostatnich zabarwienie, gdyż po zabiciu protoplazmy cheiwie wchłaniają barwniki; mniej powszechną jest reakcyja z odczynnikiem Millona, od którego przyjmują czerwono-ceglaste zabarwienie. Chemia rozróżnia następujące gatunki ciał białkowatych: ze względu na strawność dla organizmu zwierzęcego wszystkie ciała białkowe dzielą się na dwie wielkie gromady: do pierwszej należą ciała rozpuszczalne w pepsynie czyli strawne, stanowiące znaczną większość, do drugiej nierozpuszczalne pod wpływem tego fermentu. Ciała białkowe rozpuszczalne w pepsynie są: 1) *Albumin* czyli *białko roślinne*, rozpuszczalne w zimnej wodzie, przy gotowaniu ścinające się, znajduje się we wszystkich sokach roślinnych i może być otrzymane działaniem wody na części roślin. 2) *Gluteny* są to ciała białkowe, których mieszanina stanowi *kleber* czyli klej szewcki. Znajduje się on przeważnie w ziarnkach zbóż jako substancya zapasowa, wypełniając razem z krochmałem komórki endospermy. W wodzie nierozpuszczalny gluten tworzy z nią masę dającą się ugniatać; w alkoholu i w zakwaszonej lub alkalicznej wodzie rozpuszczają się właściwe ciała glutenowe. Z glutenu wydobyto następujące ciała białkowe: nierozpuszczalną w alkoholu gluteno kazeinę należącą do 3-iej gromadki; w roztworze alkoholowym zawierają się: *gluteno-fibryna* czyli *włóknik roślinny*, osadzający się za oziębieniem roztworu alkoholowego i dwa ciała zostające po oziębieniu w roztworze: *Gliadyna* czyli klej roślinny i *maucedyna*. Obie są bardzo do siebie zbliżone i trudne do oddzielenia. 3) *Kazeiny* czyli *serniki* roślinne, nierozpuszczalne w wodzie i alkoholu, lecz rozpuszczalne w słabym ługu potażowym jak również w roztworach fosforanów. Z tych roztworów osadzają się w postaci serowatej za dodaniem kwasu. Zawierają prócz siarki kwas fosforowy. W znacznej ilości znajdują się w nasionach, w których stanowią materiał zapasowy w postaci t. zw.

ziarnek glutenowych. I tu rozróżniamy kilka gatunków jak wyżej wspomnianą *gluteno-kazeinę* zbóż, *legumia* nasion strąkowych i inne. Kazeiny rozpuszczają się po części w roztworach soli kuchennej i niektóre wykrystalizowują z nich. Takie sztuczne kryształy białkowe otrzymano z nasion dyni i innych zawierających tłuszcze, również z nasion wyki. Inne kazeiny rozpuszczalne w wodzie słonej nie krystalizują się wykazują przytem odmienny skład chemiczny; mamy tu oczywiście do czynienia z rozmaitemi związkami. Prawdopodobnie należą do tych ciał i naturalne kryształy białkowe, spotykające się w roślinach. W najnowszym czasie poznano ciała białkowe nierozpuszczające się w soku żołądkowym (w pepsynie), nazywają je wogóle *nukleinami*, gdyż zawierają się przeważnie w jądrach komórkowych. Są one zarówno rozpowszechnione w królestwie roślinnym jak i w zwierzęcym. Oddzielamy je od innych, poddając mieszaninę działaniu sztucznego soku żołądkowego (pepsyny) w temperaturze krwi, który rozpuszcza wszystkie inne ciała białkowe. Nukleina zawiera się prawdopodobnie i w protoplazmie komórek, znaleziono ją bowiem w komórkach bezjądrowych grzybów. Tak np. ze 100 części azotu w grzybach pleśniowych 19,86% przypada na amidy, peptony i t. d., 39,39% na zwyczajne ciała białkowe, 40,75% na nukleiny. Dla drożdży stosunek ten jest: 10,11%, 63,80 i 26,09. Nukleiny odznaczają się również zawartością fosforu obok siarki. Istnieją prawdopodobnie rozmaite nukleiny; zwłaszcza odróżniają dwie odmiany, z których jedna jest rozpuszczalna w sodzie, druga nie. Może być, że druga jest identyczna z *plastyną*.

Roślina użytkuje ciała białkowe przeważnie na utworzenie *protoplazmy* komórek. Możliwie, że wszystkie wyliczone tu ciała białkowe znajdują się w protoplazmie; wprawdzie nie można ich rozróżnić mikrochemicznie, lecz samo optyczne różnicowanie, wyrażające się w ziarnkowatej budowie, w warstewce hyaloplazmy (fig. 1 str. 2) i w jądrze przemawiają za skomplikowanym składem. Wiadomo przynajmniej napewno, że jądra składają się głównie z nukleiny. Protoplazma tworzy się przeważnie w tych punktach, gdzie powstają nowe komórki, a więc we wszystkich punktach wegetacyjnych, w owocach i zalążkach. W młodym wieku bowiem, jak to widzimy na tkanice twórczej, komórki wypełnione są całkowicie protoplazmą; w miarę wzrostu komórki zawartość w niej tej ostatniej nie zda-

je się bardzo zwiększać; przeciwnie tworzy się tylko wielka przestrzeń sokowa, a protoplazma stanowi przylegającą do ścianek warstwę (woreczek pierwotny). W niektórych komórkach powstają w późniejszym wieku twory protoplazmatyczne, mające specjalne przeznaczenie, na które zużywają się nowe ilości ciał białkowatych. Do takich należą: 1) *Chromatofory* t. j. protoplazmatyczne podścielisko ciałek barwnikowych zwłaszcza zaś chlorofilowych w zielonych częściach rośliny. Ciała te zostają bezbarwne po wyciągnięciu barwników zapomocą rozpuszczających je cieczy i składają się z ciał białkowatych. Leżą one zawsze w masie plazmy i powstają z niej. 2) *Ziarnka proteinowe*, stanowiące materiał zapasowy białkowy nasion. Leżą one w protoplazmie zwykle przytem obfitującej w tłuszcz i zapełniają razem z nią całą komórkę. W większej części nasion tłustych ziarnka te są dość znacznie i mieszczą w sobie jeszcze pewne twory odmiennej natury a mianowicie: albo *globoidy*, okrągłe ciała składające się przeważnie z fosforanu magnezu (fig. 157) albo też *krystaloidy*, to jest kryształy białkowane, przeważnie kazeinowe; albo wreszcie kryształy szczawianu wapnia. Endosperma ziaren zbożowych zawiera ziarnka glutenowe w warstwie komórek leżącej wprost pod okrywą nasienia; są one tu bardzo drobne i liczne. Warstwę tę mylnie nazwano glutenową; właściwy gluten, występujący tu jako materiał zapasowy, znajduje się obok mączki w komórkach endospermy. Kryształoidy spotykają się nie tylko w nasionach; np. w pojedynczych komórkach pod skórką bulw wielu gatunków ziemniaków; w jądrach komórkowych wielu roślin; niekiedy chromatofory ukształtowane są w postaci kryształoidów. Ciała te powstają z protoplazmy komórek. 3) *Zawartość rurek sitowych*, gęsty śluzowaty sok, mętny wskutek zawartych w nim drobnych ziarenek, składa się przeważnie z ciał białkowatych i prawdopodobnie pełni rolę materiału zapasowego dla czynności miazgi. 4) *Bakteroidy* w brodawkach korzeniowych roślin motylkowatych. Brodawki te ograniczone są do tej rodziny, ale w niej występują u każdego gatunku i osobnika. Tylko w gruncie sterylizowanym, t. j. pozbawionym przez żarzenie zarodników mikroorganizmów, brodawki nie wytwarzają się, gdyż istnienie swoje zawdzięczają zakażeniu rośliny temi organizmami. Brodawki otoczone są tkanką korkową, nie są więc zdolne do przyjęcia pożywienia z zewnątrz; są to raczej organy do przechowania substancyj białkowatych, znajdują się bowiem na ko-

rzeniach, połączone są z niemi wiązkami naczyniowemi i składają się przeważnie z mięszu o okrągłych komórkach, które napelnione są bardzo drobnymi ciałkami przypominającemi bakterye; uważano je za grzyby; lecz nie są one zdolne do dalszego rozwoju i powstają raczej z protoplazmy młodych komórek rosnących brodawek, a ku czasowi dojrzewania owoców zostają rozpuszczone, a więc zużytkowane na potrzeby azotowe rośliny. W tym czasie bowiem brodawki korzeniowe tracą zawartość swoją, mięknią i marszczą się. Podczas więc okresu vegetacyjnego żywi je roślina napelniając materiałem zapasowym, później zaś one zwracają go roślinie. Nazwa bakteroidy zaznacza podobieństwo do bakteryj; składają się one z ciał białkowatych, a mianowicie wykazują reakcyę kazeiny. Zarodniki grzyba, z którym w pożyciu są rośliny strąkowe (*Rhizobium* fig. 32,H), zawarte są w bakteroidach i pozostają po rozpuszczeniu tych ostatnich ¹⁾).

Co do powstawania ciał białkowatych możliwe są dwa przypuszczenia: albo przyjąć trzeba, że tworzą się one wprost z pożywienia azotowego, a więc kwasu azotowego, amoniaku lub azotu wolnego, albo też z przetworów powstających w roślinie z tych pokarmów, więc może np. z amidów. Dla pierwszego z tych przypuszczeń nie mamy żadnego punktu oparcia. O sposobie bowiem przyswajania azotu wolnego nie nie wiemy. W roślinach zaś, które korzystają obficie z azotanów, spotykamy je wprawdzie we wszystkich komórkach mięksiszowych dorosłych organów, lecz nie dosięgają one punktów vegetacyi, gdzie białko tworzy się w obfitości ²⁾).

¹⁾ Powyższe przedstawienie rzeczy niezupełnie odpowiada dzisiejszemu stanowi nauki. W przeciwieństwie do zdania autora jest rzeczą bardzo prawdopodobną, że rośliny motylkowe właśnie za pomocą brodawek korzeniowych pobierają wolny azot z powietrza. Otoczenie brodawek tkanką korkową nie dowodzi niczego przeciw temu zapatrywaniu, gdyż komórki tej, tkanki nie są tu z sobą zduszone ściśle, ale z pozostawieniem przestworów międzykomórkowych. Bakteroidy nie powstają też z protoplazmy młodych komórek, ale są istotnemi bakterjami zmienionemi tylko pod wpływem tej protoplazmy. Nobbe otrzymał nawet w czystych hodowlach bakteryj kształty podobne do bakteroidów. Przelistaczanie się bakteryj na bakteroidy jest według tego autora warunkiem pobierania azotu przez rośliny motylkowe i póki przeliscoczenie to w brodawkach nie nastąpi, roślina mimo obecności brodawek z wolnego azotu korzystać nie może.

Przyp. 11.

²⁾ Przerabianie azotanów jak wynika z badań Schimpera (*Bot. Ztg.* 1888) odbywa się w zielonych komórkach mięksiszowych, do których zostają

Przeciwnie powstawanie białka z amidów, czyli ze związków organicznych jest dowiedzione. Przy kiełkowaniu nasion łatwo stwierdzić, że nagromadzone w nich białko zapasowe przemienia się w amidy i w tej formie wędruje do rosnącego zarodka. Tak np. niekiełkujące nasiona żółtego łubinu zawierają 9,46% azotu; z tych 8,15% przypada na ciała białkowate, 1,31% na inne związki azotowe. Jeśli te nasiona kiełkują w ciemności i bez pożywienia azotowego, to po 13 dniach znajdujemy 3,86% azotu w postaci amidów, których przedtem nie było wcale, a ilość ciał białkowatych okaże się w odpowiednim stopniu zmniejszoną. W zarodku odtwarzają się ponownie ciała białkowate z tych amidów, którą są formą wędrowki, i idą na budowę młodej roślinki. Aby zaś z amidów utworzyć ciała białkowate potrzebne są związki bezazotowe. Z tem wiąże się prawdopodobnie fakt, że amidy nagromadzają się w roślinie, gdy zbraknie jej niezbędnego do tej syntezy materiału bezazotowego. Wiadomo mianowicie że gdy młode rośliny strąkowe rosną w ciemności, nagromadzają się w nich niezwykle ilości amidów, w tych zaś warunkach nie odbywa się przyswajanie dwutlenku węgla, a więc i wytwarzanie ciał bezazotowych. Również na świetle, ale w powietrzu pozbawionem dwutlenku węgla, odbywa się nagromadzanie amidów. Stopniowo znikanie lub zmniejszenie ilości amidów w młodej roślinie przy kiełkowaniu w normalnych warunkach tłumaczy się przemianą ich w ciała białkowate przez połączenie z powstającymi tu wodańmi węgla. Również prawdopodobnym jest, że i te ciała białkowate, które wytwarza roślina w późniejszym wieku z pożywienia azotowego, nie powstają z niego bezpośrednio, lecz przechodząc przez amidy. Jeśli rośliny kiełkujące zostawimy w gruncie bezazotowym, dopóki nie wyczerpią wszystkich zapasów białka i nie znikną z nich amidy, a następnie dodamy azotanów do gruntu, wkrótce odkryjemy w roślinie nowe ilości amidów.

doprowadzone azotany i zostaje w ścisłym związku z czynnością chlorofilu; gdy liście są zaciemnione, azotany nagromadzają się w tych komórkach, również w roślinach pozbawionych przystępu dwutlenku węgla lub w liściach albinicznych, słowem w tych warunkach, gdy komórka nie wytwarza wodań węgla; przeciwnie przy usunięciu tych warunków azotany znikają, ulegając przerobieniu, prawdopodobnie redukcji na amidy i dalszej. Zestawienie literatury co do tego przedmiotu znajduje się w wyżej cytowanej pracy „Synteza pierwotna białka w roślinie“ (Kosmos, 1893 czerwiec i lipiec). *Przyp. II.*

Los ciał białkowatych w roślinie, tam gdzie występują jako materiał zapasowy, jest ten, że w pewnym czasie zostają rozpuszczone i przeniesione dla żywienia nowopowstających organów. Tak dzieje się z ziarnkami glutenu, zawartością rurek sitowych i bakteroidami w brodawkach korzeniowych. Przy tem jak widzieliśmy przemieniają się na amidy; ponieważ jednak zawierają siarkę, więc ta musi przejść w inne związki mianowicie w kwas siarczany; w kielkujących bowiem nasionach łubinu, wyki i dyni stwierdzono zwiększanie się ilości tego kwasu w miarę przyrostu amidów. Ciała białkowate, użyte na protoplazmatyczne twory komórek wegetacyjnych, zostają tu do śmierci. Jednak i z tych niektóre komórki oddają przed śmiercią swoją zawartość plazmatyczną częściowo lub całkowicie innym, aby uczynić ją użyteczną dla rośliny. Tak z rdzenia, który ma uschnąć czyli zamienić się na wypełnione powietrzem próżne komórki, znika protoplazma i jądro. Również gdy żółkną liście drzew w jesieni przed opadaniem lub ziół podczas dojrzewania nasion, większa część protoplazmy wraz z barwnikami i ziarnkami chlorofilu znika z komórek liści, wędrując do pnia drzewa lub idąc na utworzenie nasienia. Gdy roślina cierpi na brak węgla, zdaje się, że niedostateczny materiał bezazotowy zostaje częściowo zapożyczony od białka, które prawdopodobnie rozkłada się na amidy i wodany węgla. W nasionach spoczywających łubinu i innych strąkowych materiał bezazotowy znajduje się w niewielkiej ilości w stosunku do ciał białkowatych; podczas kielkowania zaś wytwarza się go znacznie więcej, prawdopodobnie z tych ostatnich. Grzyby jeśli mają wyłącznie białkowe pożywienie przerabiają je w znacznej ilości, nierównie zaś mniej, gdy mają jednocześnie cukier. Strzępki grzybów, odcięte od wszelkiego pożywienia organicznego, rosną jednak dalej, a więc wytwarzają błonnik, co odbywa się kosztem protoplazmy, znikającej częściowo ¹⁾.

XI. Fermenty.

Tak nazywają się ciała, których małe ilości mają własność rozkładania na prostsze związki większych mas ciał chemicznych,

¹⁾ To co autor tu wymienił dotyczy tylko sposobów przenoszenia lub zastępczej roli białka, niewyczerpując wszakże jego głównego przeznaczenia w roślinie. Białko nie jest tylko materiałem budowlanym (jak błonnik np.), który raz złożony na miejscu pełni biernie swoją rolę, jak cegła w gmachu; bę-

nie ulegając przy tem żadnej zmianie. Niektóre przemiany w roślinie odbywają się napewno pod wpływem fermentów specyficznych. O ile wiadomo, są to ciała, znajdujące się w niewielkiej ilości, zawierające azot i bardzo zbliżone do ciał białkowatych. Przypuszczenie, że w sprawach fermentacyjnych mogłyby brać udział bakterye, dotąd nie zostało potwierdzone. Rozróżniamy następujące fermenty:

1. *Diastaza*, ferment rozkładający mączkę, spotyka się wszędzie tam, gdzie w pewnym czasie rozpuszczają się ziarenka mączki a więc w nasionach mącznistych, gdzie powstaje podczas kiełkowania; znaleziono ją również w rosnących bulwach ziemniaków, w burakach i pączkach drzew. Wydzielona z rośliny i zmieszana z klejstrem mączkowym diastaza wywiera również swój skutek. Mączka przyłączając wodę, rozkłada się na cukier i dekstrynę. Reakcyja jest bardzo zależna od temperatury; względna siła działania w zależności od temperatury wyraża się następującymi liczbami: w 0° 7, w 10° 20, w 20° 38, w 30° 60, w 40° 98. Obecność dwutlenku węgla i wysokie ciśnienie potęgują działanie; obecność większej ilości cukru osłabia je.

2. *Pepsyna*, zamieniająca białko na ciała rozpuszczalne-peptony, pełni, jak wiadomo najważniejszą czynność przy trawieniu u zwierząt. Znaleziona została również w niektórych sokach roślinnych, zwłaszcza zaś w wydzielinach roślin owadożer-nych, które rozpuszczają miękkie części schwytyanych owa

jąc podścieliskiem życia, ciała białkowate wchodzące w skład protoplazmy jąder i t. d. muszą ulegać ciąglemu rozkładowi i odtworzeniu, a ten stan nie-stałej równowagi chemicznej, wydzielania i związywania energii stanowi chemicznie-fizyczną istotę życia. Rola ta białka znalazła wyraz w wypowiedzianej przez Pflügera a rozwiniętej w zastosowaniu do komórki roślinnej przez Detmera hipotezie o różnicy pomiędzy cząsteczką „żywego“ białka a martwego. t. j. tego, nad którym operujemy w pracowniach chemicznych, a które posiada większą stałość, kiedy pierwsze ulega ciąglemu rozkładowi i regeneracyi. Niewdając się w szczegóły tej hipotezy, po które odsyłamy do *System der Pflanzenphysiologie* Detmera (w *Schenks Handbuch der Botanik* T. II 1882 str. 118 i nast.), zaznaczymy, że nie tylko w nienormalnych warunkach, ale prawdopodobnie ciągle odbywa się rozkład części ciał białkowatych na wodany węgiel, które zużywają się na oddychanie i azotową składową część (może i nie amidy), odtwarzającą cząsteczkę białka przy pomocy nowoprzyswojonych wodań węgla. (Por. wyżej cytowaną pracę o *Syntezie białka* w *Kosmosie* 1893).

Przyp. 11.

dów ¹⁾. Sok mleczny *Ficus carica* posiada niektóre własności fermentacyjne obce innym sokom mlecznym: ścina on mleko, działa diastatycznie na mączkę i peptonizuje ciała białkowe (np. włókna mięsne).

3. *Emulsyna* w migdałach, rozkładająca amigdalinę i inne glukozydy na cukier i olejki lotne.

4. *Mirozyna* w nasionach gorczycy, rozkładająca glukozyd kwas mironowy na cukier i olejek gorzyczyny ²⁾.

XII. Amidy.

Są to związki azotowe, łatwo rozpuszczalne w wodzie i krystalizujące się, pochodne kwasów, zawierające gromadę amidową NH_2 . Przed chwilą wspominaliśmy, że amidy są produktami przeobrażenia i postacią, w której wędrują ciała białkowe. Znajdujemy więc je w liściach, łodygach i korzeniach; niemniej i w dojrzewających owocach, gdzie później przechodzą na ciała białkowe. Najwięcej ich bywa w młodych rosnących organach; jak np. w pędach szparagów, ziemniaków pączkach drzew i t. d. zwłaszcza jeśli rosną w ciemności, kiedy wstrzymane bywa wytwarzanie ciał białkowych. Znajdują się one w komórkach mięksiszowych kory i rdzenia, rozpuszczone w soku komórkowym. Dowiedziona została obecność całego szeregu amidów w roślinach; niektóre z nich występują razem, lecz w zmiennych ilościach, tak że może zastępują jedno drugie.

1. *Asparagina* ($\text{C}_4 \text{H}_9 \text{N}_2 \text{O}_3$) amid kwasu asparagowego ³⁾. Jest najbardziej rozpowszechnionym z amidów królestwa roślinnego. Obficie szczególnie znajduje się w pędach szparagów, łubinu i innych.

2. *Leucyna* ⁴⁾ znana jako produkt rozkładu białka zwierzęcego; znajduje się obok asparaginy w kiełkujących nasionach wyki, bulwach ziemniaka i t. d.

¹⁾ Por. przypisek do str.

Przyp. tł.

²⁾ Do tych dodać należy *ferment rozkładający tłuszcze*, którego obecność w nasionach oleistych dowiedziona została przez W. Sigmunda (1892).

Przyp. tł.

³⁾ Budowa jej jest: $\text{C}_2\text{H}_3(\text{NH}_2) \begin{cases} \text{CO NH}_2 \\ \text{CO HO} \end{cases}$ czyli amid kwasu amidojabłkowego (asparagowego).

⁴⁾ Wzór jej $\text{C}_5\text{H}_{10} \text{NH}_2 \text{CO}_2\text{H}$ czyli kwas amido-kapronowy.

3. *Tyrozyna* ¹⁾ towarzyszy leucynie w niektórych roślinach.
 4. *Glutamina* ²⁾, w burakach, dyniach i t. d. w większej ilości niż jednocześnie znajdująca się asparagina.

5. *Betaina* ³⁾ w burakach również przeważa nad asparaginą.

6. *Allantoina* ⁴⁾ znajdująca się również w cioczach zwierzęcych spotyka się obok asparaginy w młodych pędach i liściach rozmaitych gatunków drzew i brzozy, kasztana, klonu.

7. *Hypoksantyna*, *ksantyna* i *guanina* ⁵⁾ znalezione zostały w młodych bulwach ziemniaków, w burakach cukrowych, kielkującym łubinie i dyni. W kielkującym łubinie i jego nasionach znaleziono cholesterynę ⁶⁾.

XIII. Barwniki.

Nazwą tą obejmujemy wszystkie barwne substancje rośliny; chemiczna ich istota jednak może być bardzo rozmaita i dotąd nicdość dokładnie poznana. Najważniejsze są:

1. *Chlorofil* czyli zielen, nadaje roślinom barwę i niezbędną do przyswajania dwutlenku węgla. Jest ona zawsze związaną

¹⁾ $C_9H_{11}NO_3 = C_6H_4(OH)CH_2CH.NH.CO_2H$ kwas amido-hydrokumarowy, należy do szeregu aromatycznego.

²⁾ $C_5H_7(NH_2)O_4$; jest to kwas amido-glutenowy.

³⁾ $C_2H_2(CH_3)_2NO_2$; jest to trójmetylo-gl'kokol (glikokol = kwas amido octowy).

⁴⁾ $C_4H_6N_4O_3$; otrzymana syntetycznie z mocznika i kwasu mezoksalowego ($C_3H_4O_6$).

⁵⁾ Te trzy ciała zostają w bliskim związku z nowo odkrytą *adeniną*, który ujawnia się następnymi formułami:

Adenina — $C_5H_4N_4O_4$.

Hipoksantyna — $C_5H_4N_4O$.

Guanina — $C_5H_4N_4ONH$.

Ksantyna — $C_5H_4N_4OO$.

Ciała te zostają w bliskim związku z kwasem moczowym. Budowy ich zbyt skomplikowanej nie podajemy.

Prócz wymienionych tu znajduje się w roślinach szereg związków amidowych po części dawniej znanych, jak kwas amidowaleryanowy i fenilamidopropionowy, po części nowo odkrytych. Do tych należą prócz wymienionej adeniny jeszcze *wernina* (w wyce, medicago sativa, koniecznie) $C_{16}H_{20}N_8O_8$ i *arginina* (w łubinie) $C_6H_{14}N_4O_2$. Ta ostatnia przy gotowaniu z wodanem barytu daje mocznik, reakcja, zbliżająca białko roślinne do zwierzęcego. *Przyp. tl.*

⁶⁾ Ciało to nie należy do amidów i nie zawiera azotu; jest to alkohol. Wzór cholesteryny $C_{26}H_{44}O$.

z protoplazmą, najczęściej z utworami plazmatycznymi, które nazywamy ciałami chlorofilowymi czyli *chloroplastami*. Większa część roślin posiada chloroplasty w postaci soczewkowatych okrągłych ciałek t. zw. *ziarenek chlorofilowych* (por. fig. 30). W komórkach tkanki twórczej młodych roślin niema jeszcze chlorofilu; powstaje on dopiero w pewnym wieku komórki i przytem z początku powstają bezbarwne ziarnka plazmatyczne, które następnie zielienieją. Zdarza się, niekiedy że ziarnka te zostają bezbarwnymi nadal i wtedy nazywamy je *leukoplastami*. Zielony barwnik powstaje więc w tych ciałach i zdaje się nasiąka ich substancją jak roztwór. Można go wyciągnąć z nich przy pomocy środków rozpuszczających jak alkohol, eter, benzol, olejki lotne i t. d.; ciała w ten sposób wyciągnięte tracą zupełnie barwę. Taki roztwór chlorofilu, jest zielony, a w padającym nań świetle okazuje czerwoną fluorescencyą; pochłania też pewne promienie w przechodzącem świetle, wskutek czego widmo jego posiada smugi absorpcyjne. Nawet w rozcieńczonych roztworach pochłonięte zostają wszystkie fioletowe i niebieskie promienie, pomiędzy zaś czerwonymi a zielonymi powstają cztery ciemne smugi, z których najwidoczniejszą jest pierwsza w czerwonej barwie. Chlorofil składa się z węgla, wodoru, tlenu i azotu. W ziarnkach chlorofilowych jest on zwykle zmieszany z żółtym barwnikiem, *ksantofilem*. Ksantofil rozpuszcza się w alkoholu; roztwór ten nie wykazuje fluorescencyi i daje inne widmo absorpcyjne niż chlorofil. Zieloność rośliny jest mieszaniną czysto zielonej barwy chlorofilu z żółtą ksantofilu i stosownie do zawartości każdego z tych barwników przybiera ten lub ów odcień.

Roślina wytwarza chlorofil jedynie w pewnych warunkach. Do tych należą:

1. *Światło*; rośliny kiełkujące w ciemności mają barwę białą lub żółtawą. Ten stan chorobliwy nazywa się *wyplonieniem*. Wystawione na światło rośliny wyplonione zielienieją w ciągu jednego lub kilku dni. Jeśli zakryjemy część liścia lub pędu wystawionego na światło, to w tej zakrytej części chlorofil nie wytwarza się, kiedy przeciwnie inne są zielone. Działanie więc jest bezpośrednie na każdą komórkę. W komórkach wyplonionych znajdują się ziarnka chlorofilowe, lecz są one tylko blade żółtej barwy. Barwnik ten, *etiolina* może być wyciągnięta za pomocą spirytusu; we własnościach optycznych różni się od chlorofilu, nie jest jednak identyczną z ksantofilem, lecz stanowi stopień po-

przedzający chlorofil, w który się przemienia pod wpływem światła. Promienie słoneczne bezpośrednio wolniej oddziałują na zielenienie niż umiarkowane światło; a taki stopień oświetlenia, przy którym nie możemy już czytać drobnego druku, wystarcza do wywołania zielonej barwy. Młode roślinki wielu drzew iglastych, jak sosna i inne, wytwarzają w ciemności nieco chlorofilu; jednak roślinki te wyglądają żółto-zielono i dopiero na świetle przybierają ciemno-zieloną barwę; niektóre osobniki nawet okazują się wypłoniętymi w zwykły sposób. Różne barwy oddziałują niejednakowo na zielenienie wypłoniętych roślin: przy silnym oświetleniu najprędzej zielenieją one w niebieskiej i fioletowej barwie; przy słabszym w czerwonej i żółtej ¹⁾.

2. *Temperatura.* Pomimo oświetlenia nie wytwarzają rośliny chlorofilu w pewnych nieprzyjaznych temperaturach. Najniższą granicą dla fasoli, kukurydzy i rzepaku jest $+ 6^{\circ}\text{C}$ najwyższą $+ 33^{\circ}\text{C}$.

3. *Obecność żelaza:* o konieczności tego pierwiastku była już mowa wyżej (str. 149).

4. Niektóre *warunki tkwiące w samej roślinie* wpływają również na wytworzenie chlorofilu. Nie wszystkie komórki, znajdujące się w niezbędnych do tego warunkach zewnętrznych, tworzą zielen. Sprawa ta ogranicza się do komórek śródliścia, kory, łodygi i mięksiszu niedojrzałych owoców. Istnieją odmiany roślin posiadające na zielonych zresztą liściach białe plamy lub prążki, w których chlorofil nie wytwarza się; takie liście nazywamy *pstremi*. Najwyższym stopniem tego zjawiska jest stan chorobliwy niektórych osobników, zwany *albinizmem*, w którym cała roślina pomimo przyjaznych warunków zewnętrznych nie wytwarza wcale zieleni, przyczem naturalnie może tylko niedługo żyć wskutek braku przyswajania.

Chlorofil łatwo się rozkłada. Zwłaszcza w obecności kwasów utlenia się na żółte lub brudno-brunatne ciało, wydzielające się z chloroplastów w postaci oleistych kropeł lub włókien. Jest to *chlorofilan* czyli *hyochloryna* (ob. fig. 30). Przytem często powstaje jeszcze i czerwony barwnik, *erytrofil*. Odtleniając chlorofilan pyłkiem cynkowym otrzymamy zeń nanowo chlorofil. Sód a także zasady lub ich węglany dają z chlorofilanem zielone sole,

¹⁾ Prawdopodobną przyczynę tej różnicy w działaniu barw silnego i umiarkowanego światła wyjaśniłem we *Wszechświecie* (N. 8 z r. 1891 str. 118)

zawierające kwas chlorofilinowy. Stężony kwas solny rozkłada chlorofilan na niebieską filocyjaninę i żółtą filoksyantynę. W żywej roślinie odbywa się często rozkład chlorofilu. Normalnie ma on miejsce prawie zawsze wtedy, gdy umierają części zielone. Na tem polega żółknięcie słomy i liści drzew przed ich opadnięciem w jesieni. Znikają przytem ciała chlorofilowe razem z barwnikiem z komórek, materyał ich przenosi się w inne miejsca rośliny, aby służyć innym celom. Towarzyszący chlorofilowi ksantofil zostaje w postaci żółtych kropeł podobnych do oleju. On to nadaje barwę słomie, żółknącym liściom i t. d. Też same zjawiska zachodzą, gdy zielone liście umierają przedwczesnie wskutek szkodliwych wpływów, np. posuchy lub zbyt długiego zaciemnienia; przybierają one przytem również żółtą barwę. Ciemność nie niszczy chlorofilu, gdyż liście mogą przez długi czas zostawać bez światła, nie tracąc barwy ani chlorofilu, jeśli tylko zostają przy życiu, jak to widzimy na wielu roślinach wodnych; większość jednak roślin lądowych jest bardzo wrażliwa pod tym względem; w zupełnej ciemności a nawet w słabem świetle liście ich żółkną już po kilku dniach; przyczyną tego jednak nie jest zniszczenie chlorofilu lecz śmierć liścia, następująca po jego opróżnieniu, przyczem chlorofil zostaje również wchłonięty, jak zwykle przed śmiercią liścia.

2. *Antoksyantyna* stanowi czerwony barwnik większej części soczystych owoców tej barwy, jak psianki słodko-gorzkiej i pomidora (*Solanum dulcamara* i *Lycopersicum*) *Capsicum*, *Physalis*, *Lycium*, poziomek, dzikiej róży i innych. Połączony jest również z ciałami protoplazmatycznymi okrągłych lub kanciastych kształtów, umieszczonemi wśród plazmy komórki. Widmo roztworu alkoholowego zbliżone jest do widma chlorofilu. Ma on z tym ostatnim i związek genetyczny; owoce bowiem zawierające ten barwnik przed dojrzewaniem były zielone; ziarenka chlorofilowe, które znajdowały się w tym czasie w ich komórkach, stopniowo pochodzą przez żółtą barwę w czerwoną, co powoduje odpowiednią zmianę barw owocu. Lecz później antoksyantyna tworzy się w nich niezależnie od chlorofilu, ilość bowiem ciałek czerwonych znacznie wzrasta ku czasowi dojrzałości owocu, a więc wzrasta i ilość barwnika. W marchwi ciałka antoksyantyny mają postać igieł lub blaszek, przypominających kryształy.

3. *Lipochrom* czyli *barwnik żółty*. Ten barwnik żółtych kwiatów, znajdujący się w płatkach łubinu, słonecznika i wielu in-

nych złożonych, krzyżowych i t. d. związany jest zwykle z drobnymi ziarnkowatymi chromoplastami zapełniającymi komórkę w wielkiej ilości. Powstawanie jego niema żadnego związku z chlorofilem; również jak i wszystkie inne barwniki roślinne prócz chlorofilu nie potrzebuje on światła dla swego powstania, gdyż większa część kwiatów wytwarza i w ciemności swoje charakterystyczne barwy.

4. *Antocyan* obok chlorofilu jest najbardziej rozpowszechnionym barwnikiem roślinnym. Występuje on w barwach od różowej do fioletowej i jest zawsze rozpuszczony w soku komórkowym; z części więc zabarwionych antocyanem można wycisnąć lub wyciągnąć wodą sok czerwony. Znajduje się w najrozmaitszych organach rośliny mianowicie: 1) w wielu owocach, jak wiśnie, śliwki, winogrona, czarna jagoda i t. d. 2) w kwiatach, którym nadaje rozmaite odcienie od czerwonego do fioletowego i niebieskiego. Zmiana ta barwy zależy od mniej lub więcej kwaśnego lub alkalicznego soku komórek, zawierających rozpuszczony antocyan. Dla tego czerwone lub fioletowe kwiaty w obecności śladów amoniaku w powietrzu przybierają niebieskie zabarwienie. W wielu roślinach zmiana ta odbywa się sama przez się; tak np. *Pulmonaria* (miodunka), *Echium* (żmijowiec) i inne zakwitają różowym kwiatem, który później staje się niebieskim. 3) W wielu organach wegetacyjnych bardzo pospolitem jest mianowicie czerwone zabarwienie zielonych części, spowodowane przez antocyan. Znajdujemy w tym wypadku zwykle różowy sok w komórkach naskórka, w pojedynczych lub wszystkich komórkach śródliścia. Zielona barwa chlorofilu zostaje mniej lub więcej pokryta przez antocyan i stosownie do ilości tego ostatniego części rośliny przybierają kolor brązowy, ciemno lub jasno brązowy. Czerwone zabarwienie zielonych części ukazuje się przy rozmaitych okolicznościach: a) w młodym wieku podczas wzrostu, jak to widzimy na wiosennych pędach wielu drzew i ziół, z których później znika barwnik czerwony. b) Podczas jesiennej opróżnienia liści niektórych drzew i krzewów, zwłaszcza winorośli i dzikiego wina. c) W zimie na zachowujących zieloność liściach, które czerwienieją zwłaszcza na słonecznej stronie jak u tui, bluszczu, wrzосу i liściach odziomkowych wielu ziół zimujących. d) Na bardzo słonecznych stanowiskach większość roślin przybiera czerwone zabarwienie zwłaszcza na łodygach, ogonkach liściowych i żeberkach bardzo wy-

raźne np. u gryki, która tylko w bardzo cienistych miejscach nie ma zabarwionych czerwono łodyg. Tu należy również czerwienienie jabłek i gruszek na słońcu. e) W miejscach uszkodzenia liści i wielu owoców często ukazuje się czerwone zabarwienie zdrowej części graniczącej z uszkodzoną. f) Niektóre odmiany tworzą regularnie czerwony sok komórkowy w większej części organów, pozbawionych go u rośliny typowej; tu należą gatunki kapusty i buraków z czerwonymi i niebieskimi liśćmi, czerwony bez i wiele innych drzew, których odmiany czerwono-listne hodują się sztucznie. W takich roślinach często czerwone zabarwienie szerzy się i na organy podziemne jak w burakach i ziemniakach czerwonych.

Sposób powstawania i znaczenie antocyjanu nie są wyjaśnione. Kerner wykazał, że w pewnych wypadkach antocyjan służy liściom rośliny za ochronę od zbyt silnego światła. Być może, że tu należy rozróżniać kilka barwników. Pewien wpływ wywiera oświetlenie i temperatura, jak widać z poprzedniego; jednak często wytwarza się ten barwnik w zupełnej ciemności, jak to stwierdzono dla kwiatów i jak widzieliśmy na organach podziemnych. Wielkie znaczenie mają tu odmiany, gdyż nie tylko antocyjan może powstać, ale i zniknąć w pewnych odmianach, jak to widzimy na białych kwiatach dzwonek, fiołek, astrów, róż, bzu i t. d. również i w owocach—białe winogrona, śliwki, agrest i porzeczki. Wogóle drogą odmian można wywołać wielką różnorodność w zabarwieniu kwiatów, za przykład czego mogą służyć georginy i bratki.

5. *Barwnik drzew.* W twardzieli drzew znajdują się barwniki osobliwe, nasiąkające błony komórek drzewnych i powstające w sposób bliżej nieznanym przy przejściu bieli na twardziel. Nadają one ciemną barwę tej ostatniej i charakterystyczne są zwłaszcza dla niektórych podzwrotnikowych drzew kolorowych; tu należą: brazylina w mahonii, hematoksylina w drzewie kampsowem, santalina w czerwonym sandalu, moryna w żółtem drzewie i t. d.

6. *Barwniki kory* czyli *flobafeny* są to brązowe lub czerwone ciała, znajdujące się w błonach komórek kory drzew i powstające prawdopodobnie przez utlenienie zawartych w komórkach mięksiszowych garbników. Dlatego też kora wielu drzew, jasna w stanie nieuszkodzonym, przybiera na powietrzu brązowe odcienie. Różne garbniki dają różne flobafeny.

Spotykają się prócz tego w roślinach rozmaite *chromogeny* (ciała barworodne), t. j. związki bezbarwne, z których sztucznie otrzymują się barwniki drogą utlenienia lub fermentacji. W taki sposób powstaje *indygo niebieskie*, otrzymywane z niektórych gatunków *Indigofera* i z *Isatis tinctoria*. W roślinach tych znajduje się glukozyd bezbarwny *indikan*. Pod wpływem kwasów lub fermentów rozkłada się on na ciało cukrowe indydoglucynę i na błękit indygowy, stanowiący główną składową część indyga, a który w nowszym czasie został sztucznie otrzymany z pochodnych kwasu cytrynowego, związku aromatycznego, dającego się otrzymać drogą syntezy.

DZIAŁ CZWARTY.

Opróżnienie organów pozbawionych czynności.

Dla wszystkich roślin wyższych następuje raz lub kilka razy w życiu czas, w którym pewne organy przestają być czynnymi. Takich bezużytecznych organów zwykle pozbywa się roślina; zamierają one i zostają odrzucone. Do tego szeregu zjawisk należą: opadanie liści drzew w jesieni, zamieranie wszystkich powietrznych części roślin zimujących przed nastąpieniem zimy, przyczem tylko organy podziemne zostają żywe, a przedewszystkiem całkowite zamieranie całych roślin jednorocznych, z których tylko nasienie pozostaje przy życiu. We wszystkich tych wypadkach roślina zabiera umierającym częściom przed ich odrzuceniem, wszystkie dające się zużytkować substancje, o ile to jest możliwe; organy takie przed zamarciem zostają do pewnego stopnia opróżnione. Już sama zmiana zewnętrzna świadczy o tem: żółknienie i inne odbarwienia, zachodzące w liściach jesiennych w dojrzałej słomie, w zimujących i jednorocznych ziołach ku czasowi dojrzewania owoców, wykazują, że chlorofil został wchłonięty, pozostawiając tylko ksantofil. Widzimy też, że większa część protoplazmy znika z komórek tych organów, równie jak i ziarenka mączki, jeśli były tam za życia. To samo dotyczy i mineralnych części składowych, zwłaszcza zaś tych, które mają szczególniejszą wartość dla rośliny; tak np. potas i kwas fosforny przeniesione zostają do żywych części rośliny. Tylko nierozpuszczalne części komórki, jej błony, oraz mniej ważne dla roślin ciała, jak wapień i krzemionka; zostają odrzucone z odpadającymi organami. Opróżnienie daje się stwierdzić

i zmniejszeniem suchej wagi substancyi zamierających części. Substancje z nich wchłonięte zostają przez roślinę zużyte na inne utwory. Opadanie liści z drzew spowodowane jest wytworzeniem u podstawy ogonka warstwy łatwo rozrywających się komórek korkowych; na tem miejscu ogonek zostaje jakby przecięty i odpada od drzewa.

Podobne zjawiska dają się spostrzegać przy zamieraniu pojedynczych części roślin wskutek warunków nienormalnych przed końcem wegetacji. Tak np. przy zaciemnieniu liści zielonych, wskutek którego najczęściej umierają żółknąc, chlorofil i inne ważne ciała zostają przeniesione do rośliny. Również przy braku pożywienia, gdy np. rośliny rosną w czystej wodzie lub w piasku kwarcowym, albo też pozbawione są tylko pojedynczych części składowych pożywienia (np. azotu, potasu) wtedy pojedyncze liście zamierają po porządku z dołu, żółknąc i usychając, ażeby oddać, to co posiadały z brakujących roślinie substancyj, na pożywienie rosnącego końca i tworzących się tam nowych części.

DZIAŁ PIĄTY.

Oddychanie roślin.

We wszystkich żyjących częściach roślin odbywa się sprawa utleniania zupełnie podobna do oddychania zwierząt. Oddychanie, wspólne wszystkim istotom żyjącym, polega więc na wchłonięciu tlenu z otoczenia, na utlenieniu pewnej części substancyi organicznej i na wydzieleniu produktów tego utleniania, dwutlenku węgla i wody. Łatwo dowieść oddychania rośliny, umieszczając ją w zamkniętej przestrzeni (np. pod kloszem hermetycznym) i doprowadzając do niej powietrze uwolnione od dwutlenku węgla (przepuszczone przez ług potażowy); jeśli wychodzące z pod klosza powietrze przepuścimy przez wodę barytową, powstanie w niej osad węglanu barytu, według którego wagi można oznaczyć ilość wydzielonego przez roślinę dwutlenku węgla. Również można stwierdzić analitycznie znikanie tlenu z zamkniętej przestrzeni, w której znajduje się żyjąca roślina. Zjawisko to wykazują wszystkie części rośliny; w szczególności zostało ono stwierdzone dla następujących organów: 1) Dla *kielkujących nasion* wszystkich roślin. Jak tylko zaczynające się pęcznienie nasienia obudzi życie, rozpoczyna się oddychanie; wzrasta ono mniej lub więcej prędko, aby w późniejszych okre-

sach kiełkowania zmniejszyć się, nie ustaje jednak całkowicie. 2) *Pączki drzew* jak tylko zaczną się rozwijać. 3) *Wszystkie kwiaty*; wykazują one energiczniejsze oddychanie niż inne części dorosłej rośliny. Tak w *Cheiranthus annuus* ilość wchłoniętego tlenu obliczona na objętość oddychającego organu wynosi dla liści 4 dla kwiatów 11 na dobę; przytem same organy rozrodcze oddychają najenergiczniej ze wszystkich części kwiatowych; dla nich liczba ta jest 18. Z kwiatów jednopłciowych męskie oddychają energiczniej niż żeńskie. Tak np. liczby powyższym sposobem obliczone są dla męskich kwiatów dyni 7,6 (na 10 godzin), dla żeńskich = 3,5; dla męskich kwiatów kukurydzy (na 24 godziny) 9,6, dla żeńskich = 5,2. W rozmaitych okresach rozwoju kwiatu energia oddychania nie jest jednakowa; tak dla *Passiflora* wielkość oddechania jest: w pączkach kwiatowych = 6; w rozwiniętych kwiatach = 12; w okwitłych = 7. 4) *Wszystkie owoce*, zwłaszcza wielkie soczyste ogrodowe gatunki oddychają podczas wzrostu; energia oddychania zmniejsza się ze zwiększającą się dojrzałością. 5) *Podziemne części* jak korzenie, bulwy, cebule. Tak np. buraki i marchwie wchłaniają w 24 godziny równą własnej objętości tlenu; bulwy ziemniaków 0,4, cebule lilii swoją objętość. 6) *Rośliny bezchlorofilowe* również wchłaniają w dzień i w nocy tlen, wydzielając dwutlenek węgla. Stwierdzono to na większych grzybach również jak na pleśniowych, niemniej i na pozbawionych zieleni jawnokwiatowych jak *Orobancha*, *Lathrea*, *Neottia* i inne. 7) *Zielone części roślin*. Wszędzie gdzie się znajduje chlorofil w większej ilości, odbywa się na świetle przyswajanie, polegające na przyjęciu dwutlenku węgla i wydzieleniu tlenu, a więc sprawa wręcz odwrotna oddychaniu. Przyswajanie na świetle bywa tak energiczne, że nie tylko równoważy, ale przeważa nad oddychaniem. W ciemności jednak, gdy ustaje przyswajanie, można stwierdzić wchłanianie tlenu a wydzielanie dwutlenku węgla i na zielonych częściach roślin. Oddychanie zielonych części trwa jednak i na świetle obok przyswajania; jeżeli umieścimy roślinę w zamkniętej przestrzeni, w której znajdują się otwarte naczynia z ługiem potażowym, to ponieważ ten ostatni pochłania dwutlenek węgla silniej niż zielone liście na świetle, zauważymy, że i na świetle wzrasta w nim ilość dwutlenku węgla.

Oddychanie jest u roślin objawem życia; jego ustanie znamieniem śmierci. Należy więc przypuszczać, że źródłem jego jest protoplazma, jedyne podścielisko życia komórki. Jest ono

zarówno i warunkiem życia: gdy umieścimy roślinę w przestrzeni niezawierającej tlenu, ustają wszelkie widzialne objawy życia, jak kiełkowanie, wzrost, ruchy części roślin, prądy protoplazmatyczne w komórkach, a roślina prędzej lub później umiera.

Chemiczną stronę oddychania wyjaśniają powstające przy tem związki: są to tlenki, pochodzące od działania wchłoniętego tlenu, mianowicie dwutlenek węgla i woda. Węgiel, ze spalenia którego powstaje pierwszy, pochodzi z rośliny; musi więc przytem odbywać się zniszczenie pewnej ilości substancyi organicznej, a więc oddychaniu towarzyszy pewna strata jak i u zwierząt. Jeśli więc rośliny wyrastają z nasion w ciemności, przyczem nie mogą przyswajać węgla, rosną one przez pewien czas kosztem zapasowego materiału nasienia, lecz stopniowo tracą na wadze substancyi suchej a wreszcie umierają z głodu. Tak np. 22 ziarenka kukurydzy zawierały:

w spoczynku 8,636 g subst. suchej w tej licz, 0,156 g pop.
po 20 dniach kiełk. 4,529 g " " " " 0,156 " "

Widzimy z tego, że strata przypada wyłącznie na substancją organiczną. Jak się ona rozkłada na rozmaite pierwiastki tej ostatniej wykażą następane liczby: 100 ziarenek kukurydzy, kiełkując w ciemności, straciły:

	C	H	O	czyli stosunek C : H : O był:
po 8 dniach	4,57	1,46	3,06	1 : 0,32 : 0,67
" 4 tygodniach	18,69	2,98	18,19	1 : 0,11 : 0,97
" 5 " "	23,10	3,75	22,30	1 : 0,16 : 0,97

Dwa stracone pierwiastki: węgiel i wodor zostają wydzielone w postaci dwutlenku węgla i wody. Widzimy jednak, że względne ilości tworzących się produktów utlenienia rozmaite są w różnych okresach kiełkowania. Dalej z tych liczb wynika, że na wytworzenie produktów utlenienia roślina użytkuje nie tylko tlen wchłonięty przy oddychaniu, ale i zawarty w jej związkach organicznych. Nie należy więc sądzić, żeby zawsze na pewną ilość wchłoniętego tlenu wydzielala się odpowiednia ilość dwutlenku węgla. Gdyby tak było, to stosunek objętości $\frac{CO_2}{O}$ byłby zawsze = 1, gdyż tlen zawarty w pewnej objętości dwutlenku węgla zajmuje w stanie wolnym tę samą objętość. W rzeczywistości stosunek ten bywa czasem nieco większy, często zaś mniejszy niż 1; to znaczy, że ilość tlenu pochłoniętego przez roślinę jest większą niż ilość wydzielonego przez

nią dwutlenku węgla. Pokazało się przytem, że stosunek ten zmienia się w rozmaitych okresach życia rośliny. Tak podczas kiełkowania stosunek $\frac{CO_2}{O}$ spada z jedności do rozmaitych za-

leżnych od gatunku rośliny minimów, aby później wrócić do jedności. Tak np. dla pszenicy otrzymano liczby 1,05; 0,61; 0,86; 0,97. U roślin zimujących stosunek ten jest największy w lecie, spada zaś w jesieni i w zimie do minimum, przyczem temperatura nie okazuje wpływu. Zrozumiałem jest, że wahania zostają w związku z odbywającymi się w roślinie przemianami substancyi, które muszą być bardzo rozmaitej natury. Daje się to widzieć szczególnie przy kiełkowaniu nasion tłustych. Dla tych stosunek $\frac{CO_2}{O}$

jest szczególnie mały; t. j. zatrzymuje się w roślinie nadmiar wchłoniętego tlenu nad wydzielonym w dwutlenku węgla. Polega to na tem, że podczas kiełkowania tłuszcz przemienia się na wodany węgla, zawierające więcej tlenu. Dla tego też możliwy tu nawet przyrost tlenu podczas kiełkowania. Zrozumiemy ztąd następane liczby wykazujące stratę lub przyrost substancyi zawartych w 100 g nasienia lnianego po 7 dniach kiełkowania:

C	H	O	Subst. suchej	Tłuszczu
— 2,65 g	— 0,44 g	+ 0,23 g	— 3,03%	— 15,56%

Objętość wydzielonego dwutlenku węgla już dlatego nie może ściśle odpowiadać wchłoniętemu tlenowi, że pierwszy z tych gazów, będąc łatwiej rozpuszczalny w wodzie, zostaje po części w sokach rośliny. Oddychanie nie jest jednak prostą sprawą utlenienia; wynika to już ztąd, że rośliny wydzielają dwutlenek węgla nawet wtedy, gdy są umieszczone w otoczeniu pozbawionem tlenu (np. w gazach jak wodor i azot) lub w próżni, a wydzielenie to trwa dopóki roślina żyje. Zjawisko to nazywamy *oddychaniem wewnątrz—cząsteczkowem*, powstający bowiem przy tem dwutlenek węgla pochodzi całkowicie z cząsteczek substancyi organicznej. Przy tem oddzielaniu się dwutlenku węgla wytwarzają się i inne produkty, niedające się obserwować podczas oddychania tlenem, między innymi alkohol. Wydzielenie dwutlenku węgla w atmosferze pozbawionej tlenu i tworzenie się przy tem alkoholu obserwowano początkowo na gruszkach, jabłkach, winogronach i t. d., które mogą zostawać przy życiu w tych warunkach przez całe tygodnie; później stwierdzono też same zjawiska na młodych roślinach, liściach, kwiatach, grzy-

bach itd. Wytwarzanie więc alkoholu, które w drożdżach nazywamy fermentacją, należy uważać za zjawisko wspólne wszystkim roślinom; jednak wydajność alkoholu przy oddychaniu wewnątrz-cząsteczkowem jest mniejsza niż u drożdży. Pod względem ilości wydzielonego przy tej sprawie dwutlenku węgla w pierwszym czasie po usunięciu dopływu tlenu nie daje się widzieć żadnej różnicy od zwyczajnego oddychania; następnie jednak ilość ta zaczyna ubywać, spoczątku szybko, później coraz wolniej. Pomiedzy zwyczajnem a wewnątrz-cząsteczkowem oddychaniem w rozmaitych gatunkach roślin niema stałego stosunku. Jeżeli pierwsze przyjmiemy za 1, to ostatnie waha się pomiędzy 0,177 (gorczyca) i 1 (bób), dla młodych gałązek sosny wynosi 0,077 dla grzybów od 0,310 (drożdże) do 0,666 (*Cantharellus cibarius*). Z dwu gruszek, ważących 282 g, otrzymano przez wewnątrz-cząsteczkowe oddychanie w ciągu 5 miesięcy 1762 centym. sześć. dwutlenku węgla; z kielkującego grochu w ciągu 3 miesięcy, ilość siedm lub ośm razy przewyższającą objętość roślinek ¹⁾. Substancje roślinne zużyte na oddychanie wewnątrz cząsteczkowe są dla każdego gatunku lub części rośliny inne, dlatego i powstające produkty niejednakowe. Na owocach stwierdzono zużycie wodoru węgla; w drożdżach za materiał do utworzenia dwutlenku węgla i alkoholu służy sfermentowany cukier. Przytem jednak obok dwutlenku węgla i wody tworzy się szereg ciał, zwłaszcza zaś gliceryna i kwas bursztynowy. Rośliny zawierające mannit i zużywające go przy oddychaniu wewnątrz-cząsteczkowem wydzielają prócz alkoholu i dwutlenku węgla wodor; mannit bowiem zawiera więcej wodoru niż wodany węgla i musi przechodząc w nie wydzielić ten nadmiar. Mannit spotyka się w wielu grzybach i dowiedziono, że tylko zawierające ten związek grzyby wydzielają wo-

¹⁾ To podanie polega na jakiejś niezrozumiałej pomyłce autora. O trzymiesięcznem trwaniu oddychania międzycząsteczkowego u kielkującego grochu nie może być mowy, bo kielkujące nasiona nawet trzech dni w nieobecności tlenu nie mogłyby zostać przy życiu. Oddychanie międzycząsteczkowe tylko przez pewien i to stosunkowo dość krótki czas może utrzymywać roślinę przy życiu; przy dłużej trwającym braku tlenu roślina zamiera a tem samem traci zdolność oddychania czy to normalnego czy międzycząsteczkowego. Tu śmierć następuje tem rychlej, im żywiej roślina oddychała przed umieszczeniem jej w atmosferze beztlenowej.

dor w nieobecności tlenu. Również i wyższe rośliny zawierające mannit, jak np. liście, kwiaty i niedojrzałe owoce oliwki, wydzielają wodor w atmosferze, pozbawionej tlenu. Niektóre organizmy niższe wytwarzają zamiast alkoholu inne produkty fermentacji, jak to widzimy w fermentacji mlecznej, octowej, maslanej, gnilnej (gniciu) i t. d., z których każdą wywołuje odrębny gatunek tych organizmów.

Oddychanie wewnątrz-cząsteczkowe trwa dopóki roślina żyje; a dopóki ono trwa, roślina może rozpocząć na nowo oddychanie tlenem, skoro będzie do niej doprowadzony; gdy jednak ustanie pierwsze—drugie już nie może być wywołane przez doprowadzenie tlenu i roślina nie ożywa. Możliwym jest więc, że oddychanie wewnątrz-cząsteczkowe jest pierwotnem w roślinie, że ono to wytwarza powinowactwa względem tlenu wolnego, wciągając go w wymianę substancyj. W jakim stosunku do tego znajduje się wytwarzany alkohol, zostaje nie wyjaśnionem; brak jego przy zwykłym oddychaniu może zależeć od tego, że zostaje przetworzony na substancją organiczną w chwili powstania, łącząc się z tlenem. U grzybów jednak alkohol tworzy się często i w obecności tlenu, tak np. w drożdżach i w gatunkach *Mucor* (płośniak). Wogóle zaś wśród grzybów znajdujemy rozmaite stopniowania, aż do takich, które narówni z innymi roślinami wyrabiają alkohol tylko w nieobecności tlenu. Drożdże mogą rosnać bez tego gazu i wtedy wydają najwięcej alkoholu; w obecności zaś tlenu mogą się rozwijać, niwywołując fermentacji. Rozkład ciał, odbywający się przy fermentacji, wytwarza tu, jak i w innych wypadkach oddychania wewnątrz-cząsteczkowego potrzebną do życia energią. Gdyż tylko w obecności fermentujących ciał cukrowych mogą drożdże rozwijać się bez tlenu; nie mogą zaś obejść się bez niego, jeżeli mają za pożywienie niefermentujący cukier mleczny.

Wpływ warunków zewnętrznych na oddychanie. Oddychanie zależne jest od ilości obecnego tlenu, oraz od jego ciśnienia. Przy ciśnieniu powietrza nieprzenoszącem 2—3 atmosfer, kiełkowanie odbywa się normalnie; zostaje ono znacznie zwolnione w 5-ciu atmosferach; w 8-miu rozwija się tylko korzonek, w 10-ciu zatrzymują się wszelkie czynności życiowe; równoległe z tem zmniejsza się zużycie tlenu. Przytom jednak działa nie ogólna wysokość ciśnienia powietrza, ale częściowe ciśnienie tlenu; w powietrzu bogatszem w tlen też same zjawiska dają się obser-

wować przy mniejszem wywierała; mieszanina zaś gazów, zawierająca mniej tlenu niż powietrze, powinna być doprowadzona do wyższego ciśnienia, ażeby wywierała ten skutek. Również wpływa na oddychanie i *temperatura*. W pobliżu 0°, w której to temperaturze roślina żyje jeszcze, ale nie rośnie, słabe oddychanie daje się jeszcze obserwować. Z wzrostem temperatury wzmaga się bystro i oddychanie aż do ciepłoty zabójczej, kiedy ono ustaje wraz z życiem rośliny. *Światło* nie tylko nie jest niezbędnym warunkiem oddychania, jak wiemy z tego, że odbywa się ono i w ciemności, lecz przeciwnie zauważono na grzybach, że w zwykłym świetle dziennym oddychanie jest słabsze niż w ciemności. W skupionem świetle słonecznem (t. j. w wiązce promieni, zerbranej przez soczewkę z wykluczeniem promieni ciepłikowych) oddychanie odbywa się tak energicznie, że już po kilku minutach następuje śmierć; w przestrzeni niezawierającej tlenu skupione światło pozostaje bez wpływu. Zauważono na grzybach, że w miarę przyrostu *wilgotności* powietrza wzmaga się oddychanie, w *braku zaś pożywienia* osłabia się do nieznacznej wielkości.

Powstawanie ciepła przy oddychaniu. Ponieważ oddechanie jest sprawą utleniania, musi mu więc towarzyszyć wydzielanie ciepła. Jednak wyziewanie, wiążąc ciepło, oziębia roślinę nie mniej jak i promieniowanie; dla tego też rośliny, rosnące na powietrzu często bywają nieco zimniejsze niż otoczenie. Jeśli jednak zgromadzimy je razem w wielkiej ilości, ogrzewanie stanie się widocznem. To co stanowi powszechnie znane zjawisko w kielkującym jęczmieniu: zagrzewanie się podczas wyrabiania siodu, powtarza się i w innych nasionach kielkujących oraz w zielonych częściach roślin, gdy je zgromadzimy w wielkiej ilości. Niektóre kwiaty większe wykazują widoczne podwyższenie temperatury; kwiatostany *Colocasia* ogrzewają się niekiedy do 22° C., *Arum maculatum* (obrazek plamisty) do 10° C., męzkie kwiaty dyni są o 4—5° C. cieplejsze niż otoczenie. Następujące fakty dowodzą, że ogrzewanie to zależy od oddychania. W gazach nie podtrzymujących oddychania, jak wodor lub dwutlenek węgla podniesienie temperatury ustaje razem z oddychaniem. Równoległe ze wzmocnieniem lub osłabieniem oddychania podnosi się lub opada temperatura. Podczas wywiązywania ciepła kwiaty obrazkowatych tracą do 70% suchej substancji. Ciała azotowe zostają przytem nietknięte, ale obfite zapasy cukru

i mączki zostają użyte na oddychanie. Niema jednak stałego stosunku pomiędzy ilością wywiązanego ciepła a wydzielonego dwutlenku węgla; w pierwszym okresie kiełkowania przewyższa pierwsze; w późniejszych okresach, również jak w kwiatach i owocach wydziela się mniej ciepła niż odpowiada wytworzonej ilości dwutlenku węgla. Świadczy to, że odbywają się w roślinie i inne sprawy, przy których ciepło wiąże się lub wydziela.

Cz ę ś ć III.

Rozmnażanie się roślin.

Wszystkie istoty żyjące posiadają zdolność wytwarzania nowych osobników tego samego gatunku, zapobiegającą wymieraniu świata żyjącego na ziemi. Inny sposób powstawania istot żyjących prócz tego, w którym pochodzą od istniejących osobników tego samego gatunku, nie może być dziś przyjęty. Tak zwane *samorodztwo* czyli narodzenie bez rodziców, przyjmowane przez niektórych badaczy przynajmniej dla najniższych z dziś istniejących organizmów, nie jest dotąd dowiedzione ¹⁾.

Stosownie do sposobu wytwarzania nowych osobników rozróżniamy dwa gatunki rozmnożenia: rozmnożenie wegetacyjne i takie, w którym nowe zarodki utworzone są w postaci nasion w osobnych organach na drodze płciowej.

I. Rozmnożenie wegetacyjne.

Większa część roślin posiada zdolność tworzenia nowych doskonałych osobników z pewnych części, które się oddzielają od rozwiniętego już osobnika. Roślina ze swojemi członkami nie stanowi tak ściśle centralizowanego organizmu jak ciało zwierząt, w którym żaden członek nie może istnieć w oderwaniu od całości. Pojedyncze pędy i liście wytwarzane nieraz w wielkiej ilości, są do pewnego stopnia zdolne pędzić życie niezależne. Wśród roślin niższych jednokomórkowych bardzo rozpowszechnione jest rozmnożenie wegetacyjne, polegające tu na dzieleniu

¹⁾ Nietylko nie jest dowiedzione, ale przez wszystkie dotychczasowe doświadczenia zaprzeczone. *Przyp. II.*

lub pączkowaniu komórek, jak to widzimy u drożdży, bakteryj i in. Grzyby posiadające grzybnię włóknistą rozmnażają się przez jej rozdzielenie, tak np. pieczarki rozsiewają się przy pomocy grudek ziemi zawierających grzybnię. Niektóre bezkwiatowe wielokomórkowe posiadają osobne komórki lub połączenia komórek, oddzielające się od ciała organizmu macierzystego i służące do rozmnożenia jak np. soredia porostów i pączki wielu mchów.

U roślin wyższych wszystkie części, posiadające pączki lub zdolne do ich wytworzenia, mogą po oddzieleniu od rośliny macierzystej stawać się nowymi osobnikami. Tu należą przede wszystkim te przypadki, w których odpowiednie części przybierają właściwy dla rozmnożenia kształt i budowę; mianowicie:

1. *Bulwy*. Najbardziej znanym przykładem jest ziemniak. Każda z bulw, wytwarzanych w znacznej ilości przez roślinę, jest przemienioną odpowiednio częścią podziemnej łodygi (ob. fig. 36) i może dać początek nowej roślinie. Każda bulwa posiada kilka pączków siedzących w zagłębieniach, z nich powstają pędy i korzenie boczne. Krochmal kartoflany jest materiałem zapasowym, żywiącym młodą roślinkę podczas kielkowania. Ponieważ każdy pączek może wydać roślinę, ilość ich zwiększyć możemy jak to powszechnie wiadomo, rozcinając bulwę na części.

2. *Cebulki*. W cebulach tworzą się pączki kątowe, rozwijające się w osobne cebule, które, oddzielając się od rośliny macierzystej, wydają nową.

3. *Bulbille* są to podobne do cebulek pączki, wyrastające w kątach zielonych liści w *Lilium bulbiferum*, u niektórych zaś gatunków czosnku (*Allium*) w kwiatostanie; oddzielają się one później i spadłszy na ziemię zapuszczają w niej korzenie i rozwijają się w nowe rośliny.

4. *Kłębki pączkowe* są małymi pączkami, zaopatrzonemi w kłębkiowaty obfitujący w mączkę korzonków przybyszowy; wyrastają one w kątach zielonych liści *Ficaria ranunculoides* (Ziarnopłon jaskrowaty), która rozmnaża się prawie wyłącznie przy pomocy tych kłębków, bardzo zaś rzadko z nasienia.

Niemniej i zwyczajne części roślin, nie przekształcone na specjalne organy rozmnożenia, mogą się rozwinąć po naturalnem lub sztucznem oddzieleniu od ciała macierzystego w nowe osobniki. Do takich należą:

1. *Odrostki i wypustki* są to łodygi poziome podziemne lub tuż nad ziemią ciągnące się, dające w węzłach korzonki dodatkowe i pączki, które się rozwijają w nowe rośliny, zwłaszcza zaś po przecięciu odrostka. Takim sposobem mnożą się poziomki, niemniej i perz lub inne chwasty, które dla tego tak trudno bywa wypłenić.

2. *Odkłady* otrzymują naginając gałąź drzewa do ziemi i odcinając ją gdy się zakorzeni.

3. *Sadzonki (Sztopry)* są to odcięte części rośliny, które będąc wetknięte do ziemi zakorzeniają się i wydają nowe rośliny z pączków, które już miały przed odcięciem lub później wytworzyły. Tym sposobem rozmnażają szczególnie drzewa, używając jako sadzonek jednorocznych lub wogóle młodych gałęzi, które pod ziemią bliźnią się przy pomocy tak zwanej zasklepki (*callus*) i wydają nad nią korzenie. Niektóre rośliny rozmnażają się przy pomocy liści; jeżeli położymy kawałki liści begonii na wilgotnym piasku, to wkrótce na żeberkach wytwarzają się pączki, dające korzonki i rozwijające się w nowe roślinki. Tak samo zachowują się liście przyziemne rosnącej na naszych łąkach *Cardamine pratensis*.

4. *Uszlachetnienie* roślin jest również sztucznem rozmnożeniem. Przytem zdolną do rozwoju część jednej rośliny (szczyponkę) przenosimy na drugą (dziczkę) tak, aby z nią się zrosła organicznie i była przez nią żywiona zostając jakby jej częścią, a przytem zachowując cechy szlachetnej rośliny. Sprawę tę nazywamy *okulizacją*, jeśli przenosimy tylko pączek szlachetnej rośliny razem z otaczającą go korą, *szczepieniem* zaś, gdy przenosi się cała gałązka. Obie formy uszlachetnienia najwłaściwiej stosują się do drzew i krzewów; można jednak okulizować oczka ziemniaka na bulwach innego. Najlepiej udaje się uszlachetnienie rośliny jednego gatunku z uszlachetniającą stosuje się też przeważnie do przenoszenia lepszych odmian na dziczki lub gorsze odmiany. Uszlachetnienie innego gatunku rzadko się udaje i to tylko dla bardzo blizkich gatunków; tak można szczepić gruszki na jabłkach, na pigwach lub odwrotnie, czereśnie na wiśniach.

II. Rozmnożenie przy pośrednictwie zarodników.

Wszystkie rośliny wytwarzają pewne komórki, które służą jako zarodki, rozpoczynając zupełnie nowy rozwój rośliny. Rośliny *bezkwiatowe* tworzą w tym celu mikroskopowe *zarodniki*; są

to proste komórki osobliwej budowy; powstające w ogromnej ilości i oddzielające się od rośliny macierzystej, aby wydać nową. U *jawnokwiatowych*, pierwsze komórki nowego pokolenia (analogiczne z zarodnikami bezkwiatowych odbywają pewne przemiany dalsze na organizmie macierzystym, skutkiem których powstaje *nasienie*; to ostatnie zaś dopiero oddziela się od organizmu macierzystego. Są to ciała skomplikowanej budowy, zawierające już *zarodek* z wytworzonymi organami przyszłej rośliny, obok potrzebnego do jej wyżywienia materiału zapasowego. Na tej zasadniczej różnicy organów rozmnożenia spoczywa głównie podział królestwa roślinnego na *jawnokwiatowe* i *bezkwiatowe*, czyli rośliny *nasienne* i *zarodnikowe*.

Wytworzenie komórek rozrodczych jest zwykle połączone w roślinach z czynnością organów płciowych. W tych wypadkach mówimy o *rozmnożeniu płciowem*. Tylko niższe bezkwiatowe rośliny wydają zupełnie zdolne do rozwoju zarodniki bez udziału organów płciowych; do takich należą np. wodorosty i grzyby rozszczepkowe (drożdże i in.). Lecz u dolnej już granicy królestwa roślinnego spotykamy się z rozmnożeniem płciowem; liczne wodorosty i grzyby posiadają je obok niepłciowych zarodników. Zaczynając zaś od mchów, wszystkie rośliny wyższe wylają zarodniki przy pośrednictwie organów płciowych.

I. Zapłodnienie.

Obie *komórki płciowe* wykazują pod względem formy wielką różnicę, a szczegółowe opisanie tych form należy do morfologii. Z fizjologicznego stanowiska zasługuje na uwagę następujące. Istotą aktu płciowego stanowi zawsze częściowe lub zupełnie zmieszanie protoplazmatycznej substancji dwu komórek, wskutek którego powstaje masa, posiadająca zdolność rozwinięcia się na nowego osobnika. Na niższych stopniach królestwa roślinnego obie komórki płciowe, męska i żeńska, są jeszcze do siebie podobne. Połączenie takich jednakowych komórek nazywa się *sprzężeniem*; wydaje ono wprost zdolny do rozwoju zarodnik. Taka sprawa odbywa się przy sprzężeniu niektórych wodorostów i grzybów oraz przy zlianiu się pływaków. We wszystkich innych wypadkach komórki płciowe nie są jednakowe i nie jednakowo czynne w akcji zmieszania. Jedna z nich jest już zawczasu przeznaczona na pierwszą komórkę nowego osob-

nika: *jest to komórka żeńska* czyli *jajowa*. Druga zawsze jest mniejsza i nadaje pierwszej przez zmieszanie się z nią siłę do rozwoju w zarodek; jest to *komórka męzka*. Ta ostatnia zachowuje się niejednakowo u rozmaitych roślin. U wielu wodorostów u wszystkich mechów i paprotników jest ona bardzo podobna do komórki nasiennej zwierząt: zawartość każdej takiej komórki, zwykle bardzo drobnej, przybiera właściwą postać *plemnika* i wydostawszy się z błony, podąża własnym ruchem ku komórce żeńskiej, aby się z nią połączyć i zapłodnić ją. Podobnemi utworami są *spermacye* spotykające się u niektórych grzybów i wodorostów, są to bardzo drobne komórki, powstające w ogromnej ilości, które jednak nie własnym ruchem, ale drogą mechaniczną dostają się do komórek żeńskich i łącząc się z nimi zapładniają je. W wielu wypadkach nie są to utwory osobne, lecz męzka komórka wydaje z siebie wyrostek, który rośnie do zetknięcia z żeńską, a wtedy przelewa zawartość swoją do komórki żeńskiej. Takie zjawisko daje się obserwować wśród grzybów u *Peronosporae* i *Saprolegniaceae* (wrosłe i porośle), gdzie komórka jajowa zostaje zapłodniona przez *anteridia* (plemnie?) worczkowate. Podobnie odbywa się i zapłodnienie jawnokwiatowych przy pośrednictwie łagiewki pyłkowej, którą to sprawę niobawem bliżej rozpatrzymy.

Bezpośredni *produkt aktu płciowego* jest bardzo niejednakowy na rozmaitych stopniach życia roślinnego. U wielu wodorostów i grzybów jest nim zarodnik, który oddziela się od organizmu macierzystego i daje nową roślinę. Lecz już u niektórych grzybów komórka żeńska po zapłodnieniu nie wydaje młodej rośliny, lecz z początku organ rozwijający się na organizmie macierzystym—*zarodnię*, w którym dopiero powstają zarodniki. U mechów znajdujemy oba organy płciowe: rodnie i plemnie (żeńskie i męzkie) na samej roślince; z komórki jajowej, umieszczonej w rodni, wyrasta zarodnia, która wytwarza w sobie zarodniki, służące do rozmnożenia. U paprotników organy płciowe (rodnie i plemnie) rozwijają się na osobnej roślince, tak zw. przedrośli; z zapłodnionej komórki jajowej wyrasta dopiero roślina właściwa (paproć lub skrzyp), która wytwarza zarodniki w osobnych zarodniach; zarodniki te kielkując wyrastają w przedrośle. Na najwyższych stopniach bezkwiatowych, stanowiących przejście do jawnokwiatowych zarodniki są już dwójakie: *większe*, z których wyrastają przedrośle wydające tylko or-

gany żeńskie, i *mniejsze*, rozwijające przedrosłe męzkie. U jawnokwiatowych różnica polega tylko na tem, że sprawa zupełnie analogiczna z kiełkowaniem zarodników męzkich i żeńskich i z dalszem zapłodnieniem wyższych skrytokwiatowych odbywa się na samej roślinie macierzystej. Tu analogiem zarodnika większego jest worozek zarodkowy, znajdujący się w zalążku, analogiem zarodnika mniejszego, komórka pyłkowa, jak to się wyjaśni bliżej z następującego opisu organów rozrodczych roślin kwiatowych.

Organy płciowe jawnokwiatowych znajdują się w *kwiatkach*.

Kwiat jest pędem rośliny, zaopatrzonym w liście, zmienione i zastosowane do celów rozmnożenia. Zwykle tworzą go rozmaicie zmienione liście (fig. 46). Nazewnątrz otaczają go często, służąc za ochronę pączka kwiatowego, łuski, nienależące jeszcze do kwiatu lecz do kwiatostanu. Są to twory mocno zbudowane zaopatrzone w komórki mechaniczne (s. 19) a często także w chlorofil do takich należą plewy zbóż i innych traw. Gdzie niema łusek tam zastępują je liście zewnętrzne samego kwiatu t. zw. działki kielicha, posiadające wtedy podobne do łusek własności. Dalej leży u wielu roślin drugie koło liści t. z. płatki, zwykle jaskrawo zabarwione lecz bardzo wątłe i krótko trwale, istnieją bowiem tylko przez czas kwitnienia i barwą swoją przyczyniają się do zwabienia owadów pośredniczących w zapyleniu. W środku kwiatu znajdujemy wreszcie właściwe organy płciowe: *pręciki* jako organ męzki i *słupek* jako żeński. Jeżeli jeden i drugi znajdują się w tym samym kwiecie, pręciki otaczają zwykle słupek, który zajmuje położenie środkowe.

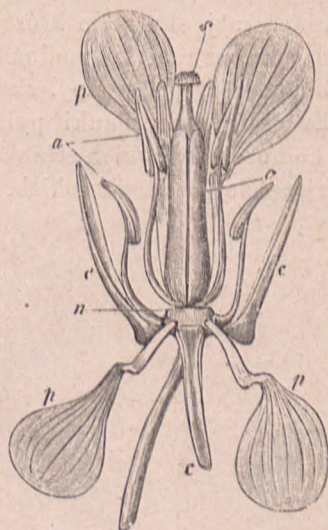


Fig. 46. Kwiat rzepaku nieco powiększony.

ccc działki kielicha; ppp płatki, z których dwa przednie odgięte dla pokazania sześciu pręcików a i słupek o ze znamieniem s n miodnik.

Pręciki są zmienionymi liśćmi, których ogonek wyrasta w długą *nie* pręcikową, blaszka zaś przemienia się na *pylnik*. Ten ostatni stanowi istotną część całego organu, zawiera bowiem w sobie *pyłek*, t. j. zmienione odpowiednie komórki pełniące czynność komórek męzkich i dokonywające zapłodnienia. Jeśli przetniemy w poprzek pylnik, zauważymy, że składa się z dwu jednakowych połów, z których każda złożona jest znowu z dwu komór czyli woreczków pyłkowych wypełnionych licznymi ziarnkami pyłkowymi (fig. 47). W stanie dojrzałym te ostatnie stanowią masę luźną pyłkową, najczęściej żółto zabarwioną, która sama wysypuje się z komory. Otwarcie komór jest wynikiem sprawy organicznej, skutkiem której ścianka każdej z dwu połów pylnika pęka, najczęściej podłużną szparą otwierającą równocześnie obie komory połowy pylnika. Mechanizm pęknięcia polega na osobliwej budowie ścianki pylnika. Pod naskórką, utworzoną z komórek o cienkich ściankach, znajduje się warstwa komórek najczęściej bardzo szerokich, których błony zaopatrzone są w zgrubienia włókniste w postaci wężownic lub pierścieni. Gdy dojrzały pylnik wysycha, obie te warstwy ściągają się niejednakowo wskutek różnej hygroskopijności; mianowicie naskórek kurczy się mocniej niż warstwa komórek środkowych, skutkiem czego ścianka pylnika wygina się

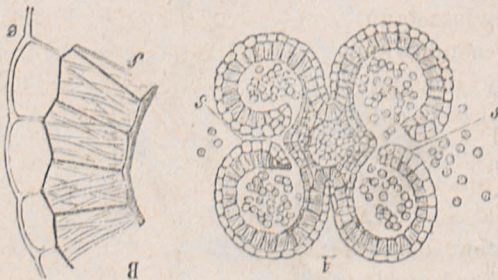


Fig. 47. Przekrój poprzeczny pylnika.

A cały słabo powiększony; obie połowy pylnika otwierają się szparą w *s*, w komorach widać ziarnka pyłkowe. *B* część ścianki pylnikowej silnie powiększona; *e* naskórek; *f* warstwa komórek z włóknistymi zgrubieniami.

wklęsłością na zewnątrz i szpara się otwiera. Gdy warunki nie sprzyjają wysychaniu, np. przy stałej dżdżystej pogodzie, otwarcie się pylników a więc i zapłodnienie kwiatów może się wcale nie odbyć. Rozwój ziarenek pyłkowych zaczyna się na długo przed rozkwitnięciem pączka. W bardzo młodym pręciku znajdujemy na każdym z miejsc, gdzie później utworzą się komory pyłkowe, gromadę większych okrągłych komórek z gęstą protoplazmą i z

bienia włókniste w postaci wężownic lub pierścieni. Gdy dojrzały pylnik wysycha, obie te warstwy ściągają się niejednakowo wskutek różnej hygroskopijności; mianowicie naskórek kurczy się mocniej niż warstwa komórek środkowych, skutkiem czego ścianka pylnika wygina się

jądrami; są to komórki pra-macierzyste pyłku (fig. 48). Każda z nich dzieli się błonami na cztery komórki macierzyste specjalne ziarnek pyłkowych. Zawartość każdej z tych ostatnich daje młodą komórkę pyłkową; otacza się ona nową otoczką, z której stopniowo rozwija się błona ziarnka pyłkowego. Przez rozpuszczenie i znikanie błon komórek macierzystych ziarnka pyłkowe zostają uwolnione, tworząc masę luźną, podobną do pyłu. W dojrzałej komórce pyłkowej znajduje się gęsta ziarnista plazma, często pomieszana z ziarneczkami mączki i kropelkami tłuszczu. Charakterystyczną jest budowa błony, będąca w ścisłym związku z rolą tych komórek. Twory, które tu spotykamy są bardzo rozmaite (por. fig. 49) lecz dla każdego gatunku stałe, tak, że według kształtu ziarnka pyłkowego można prawie określić roślinę. Okry-

wa ziarnka pyłkowego składa się z błony zewnętrznej czyli *exyny* jest to warstwa kutynizowana, zwykle na żółto zabarwiona. Na jej powierzchni znajdują się rozmaite zgrubienia w postaci brodawek, koleców, grzebieni, listewek i t. d., nadających regularne urzeźbienie ziarnom pyłkowym. Często też znajduje się tu nieco substancji żywicowatej, nadającej lepkość pyłkowi.

Pod *exyną* znajduje się błona wewnętrzna

czyli *intina* nie kutynizowana. W kilku miejscach dostrzegamy na *exynie* punkty, z których wyrastać ma podczas aktu zapłodnienia łagiewka pyłkowa; tu *exyna* jest cieńsza lub posiada otwór, błona zaś wewnętrzna ma w tych miejscach zgrubienie brodawkowe nazwaną *trz* lub *wewnątrz*.

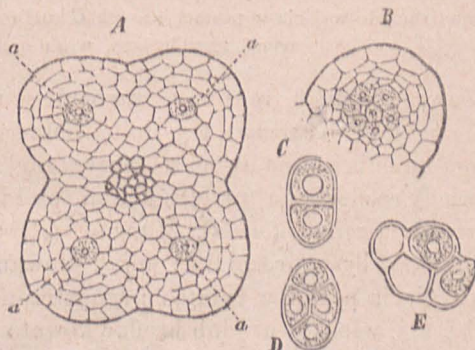


Fig. 48. Rozwój ziarn pyłkowych.

A Przecięcie przez cały młody pyłek; w miejscach gdzie później będą komory pyłkowe znajduje się po jednej komórce pramacierzystej pyłku; te dzieląc się wytwarzają większą ilość, jak to widać w B przedstawiającem późniejszy rozwój. C—E powstawanie 5 komórek macierzystych z pramacierzystej. E komórki pyłkowe jeszcze niedojrzałe wyswabdzające się z błon komórek macierzystych. Silniej powiększone niż A i B.

Słupek, żeński organ kwiatu, składa się również z przekształconych liści, t. zw. listków owocowych i posiada najrozmaitsze kształty, charakterystyczne dla każdego gatunku rośliny.

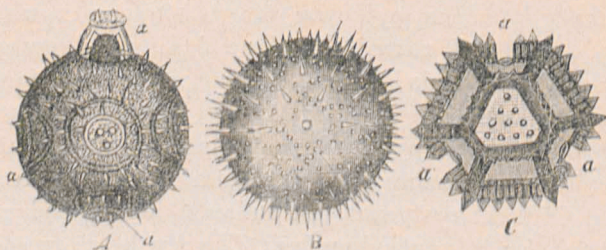


Fig. 49. Ziarnka pyłkowe, silnie powiększone.

A dyni w *a a a* miejsca wyjścia łagiewek, w których exyna otwiera się jak nakrywka od naczynia. *B* malwy (*Althea rosea*) z kolczastą exyną i wielu miejscami do wyjścia w postaci kropek *C* kozibrodu (*Tragopogon*) z grzebleniowemi zgrubieniami, w *a a a* miejsca wyjścia.

Zawsze jednak możemy rozróżnić w nim trzy lub dwie części: 1) *załącznię* (*ovarium*), t. j. dolną obszerną część, która następnie przemienia się na owoc; wewnątrz niej znajduje się jama, niekiedy rozdzielona przegródkami na kilka komór, w których się znajdują *załączki* (*ovula*); 2) *znamię* (*stigma*), stanowi górną część słupka; bywa rozmaicie ukształtowane i przeznaczone jest do przyjęcia pyłku; w tym celu zaopatrzone bywa w t. zw. brodawki, t. j. włoskowato lub brodawkowato wyrosnięte komórki naskórka, wydzielające często lepki sok. Rzadko łoży znamie wprost na załączni; najczęściej rozdziela je trzecia część słupka *szyjka*, t. j. długi nitkowaty organ, przez którego wnętrze przebiega kanał; w ten kanał wrastają łagiewki pyłków kielkujących na znamieniu, aby przezeń dostać się do załączków.

Załączki stanowią późniejsze nasiona; w chwili kwitnienia są to bardzo małe ciała wewnątrz załączni. Niektóre rośliny mają w każdej załączni po jednym załączku, w takich wypadkach każdy owoc zawiera jedno nasienie; tak jest u zbóż, u gryki, u złożonych. Inne zawierają liczne załączki i wydają wielonasienne owoce np. rośliny, które mają torebkę za owoc, jak mak; większa część krzyżowych, strąkowych i t. d. W załączku rozróżniamy następujące części (fig. 50): 1) *sznureczek* (*funiculus*), krótka część, unosząca załączek i doprowadzająca doń pożywienie, posiada ona cionką wiązkę naczyniową, wchodzącą ze słupka do załączka. 2) *Jądro załączkowe*, t. j. właściwe ciało załączka, otoczone 3) *oston-*

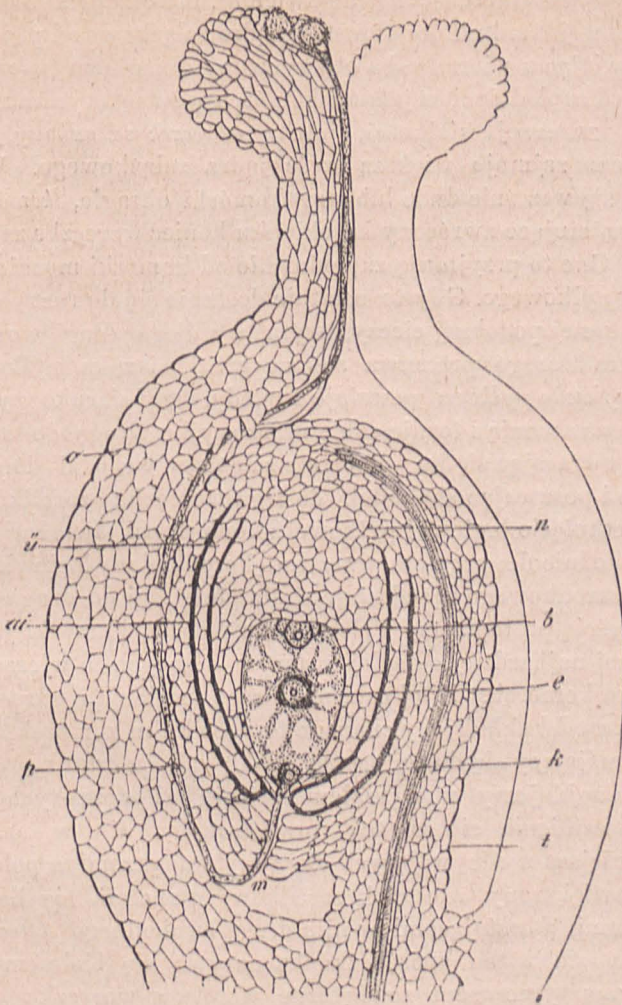


Fig. 50. Schematyczny obraz słupek i zalążka w chwili zapłodnienia.

o słupek, przedłużający się ku górze w szyjkę i znamię, na którym leżą dwa ziarnka pyłkowe, wyrastające z nich lagiewki *p* wrastają przez szyjkę do zalążka, *f* trzoneczek zwróconego ku dołowi zalążka *n*; w trzoneczku przebiega włazka naczyniowa, *ai* osłona zewnętrzna; *i* *i* wewnętrzna; *m* okienko, przez które lagiewka pyłkowa dostaje się do zalążka; *e* woreczek zarodkowy, *k* komórka jajowa i pomocnicze, *b* antipody.

kami (integumentum), (jedną lub dwiema), utworzonymi z drobno-komórkowej tkanki; które obrastają jądro zalążkowe od podstawy, pozostawiając u wierzchołka otwór zwany okienkiem (*micropyle*). Już przed zapłodnieniem jedna z komórek wewnątrz jądra zalążka dosięga znacznej wielkości, jest to *woreczek zarodkowy*, który niebawem zajmuje większą część jądra zalążkowego. W nim tworzą się wcześniej dwie lub trzy komórki okrągłe, *komórki jajowe*,¹⁾ zajmujące zwrócony ku okienku koniec woreczka zarodkowego. One to przyjmują zapłodnienie od komórki męskiej, t. j. ziarenka pyłkowego. Gdy to ostatnie dostanie się do roztworu cukru lub innej podobnej cieczy, wyrasta z niego długi woreczek, wewnątrz którego przesuwają się zawartość ziarenka pyłkowego. Taka *łagiewka pyłkowa* powstaje i wtedy, gdy ziarenko pyłkowe spadnie na znamię i toruje sobie przez szyjkę drogę do zalążni, poczem zwracając się ku jednemu z zalążków wchodzi doń przez okienko i posuwając się dalej, dosięga woreczka zarodkowego. Przez zetknięcie łagiewki pyłkowej z komórkami jajowymi następuje zapłodnienie; przytem przez zmiękzone błony łagiewki i woreczka zarodkowego przedostaje się z pierwszej do drugiego jądro z częścią protoplazmy i zlewa się z jądrem komórki jajowej właściwej najbardziej odległej z trzech leżących u wierzchołka woreczka komórek. Z tej ostatniej drogą dzielenia i wzrostu powstaje *zarodek* składający się początkowo z kilku komórek, następnie rozwijający się do tej postaci, jaką jako zaczątek przyszłej rośliny znajdujemy w dojrzałym nasieniu. Podczas tych zmian wyrasta i zmienia się zalążek, przeistaczając się w nasienie. Najważniejsza z odbywających się przytem przemian polega na tem, że zwiększony woreczek zarodkowy napęcza się licznymi komórkami, powstającymi w nim drogą swobodnego tworzenia; tworząca się w ten sposób tkanka nazywa się bielmem czyli *endosperma*; tymczasem zewnętrzne warstwy woreczka zarodkowego przemieniają się na *okrywy nasienne*. Komórki bielma wypełniają się potrzebnymi dla pożywienia zarodka podczas kiełkowania materiałami zapasowymi; ponieważ jest to tkanka pożywcza dla zarodka, więc otacza go zwykle lub doń przylega

¹⁾ Ściśle mówiąc jedna tylko z tych komórek jest jajem, dwie drugie stanowią t. zw. komórki pomocnicze (*Przyp. tłum.*)

z jednej strony. U roślin, których liście zarodkowe (liścienie) rozwijają się w obszerne organy do nagromadzenia materiałów zapasowych, bielma nie bywa. Okrywa nasienia składa się z kilku warstw komórek rozmaitych, z których jedne służą do ochrony nasienia od ciśnienia, drugie do wchłaniania wody podczas kiełkowania. Podczas dojrzewania nasienia wyrasta i słupek, przekształcając się na *owoc*.

Wszystkie przemiany, skutkiem których zalążek staje się nasieniem a słupek owocem, są spowodowane przez zapłodnienie jajka przez łagiewkę pyłkową, do czego znów niezbędnym warunkiem jest *zapylenie* t. j. dostania się pyłku na znamię. Jeśli sztucznymi środkami przeszkodzimy zapyleniu, to kwiat nie wydaje owocu ani nasienia, a jego słupek wraz z zalążkami zanika. Dla pewnego i skutecznego zapylenia istnieje w przyrodzie cały szereg celowych urządzeń. U wielu roślin pyłek musi odbyć długą drogę zanim dojdzie do swego celu, mianowicie u tych, których kwiaty są *jednopłciowe*, t. j. każdy z dwu organów rozrodczych pręcików i słupka, umieszczony jest na innym kwiecie i pyłek powinien się dostać z kwiatów męskich na żeńskie. Najdalsza droga jest u roślin *dwupiennych*, gdzie męskie kwiaty są na innym osobniku roślinnym niż żeńskie, np. u konopi, chmielu, wierzbi i topoli. Pozostałe rośliny, mające kwiaty jednopłciowe, mają kwiaty męskie i żeńskie na jednym osobniku, a więc są jednopienne; ale wtedy zwykle mieszczą się na odmiennych kwiatostanach, jak np. u kukurydzy, u iglastych, u brzoź, olchy, buków, dębów itd. Większość roślin ma wprawdzie kwiaty *dwupłciowe*, zawierające pręciki i słupek w jednym kwiecie. Lecz i tu najczęściej samozapłodnienie kwiatu jest utrudnione lub wykluczone przy pomocy szeregu urządzeń i krzyżowanie z innym kwiatem wydaje owoc. Urządzenia te są różne i tak: u wielu roślin pyłek wcale nie może się dostać na znamię tego samego kwiatu, tak np. u storczykowatych i trojeściowych, gdzie masy pyłkowe sklejone są lepłą wydzieliną; przy zwiedzaniu kwiatów przez owady zostają one wyciągnięte z pręcików i przeniesione na inny kwiat. Inną przeszkodą do samozapłodnienia jest *dwoistość* (*dichogamia*), polegająca na tem, że organy obu płoi nie dojrzewają jednocześnie na tym samym kwiecie, przyczem, albo pręciki zostają wcześniej opróżnione zanim znamię staje się zdolnem do przyjęcia pyłku, takie kwiaty nazywają się *przedprątne* (*protandria*), lub też zachodzi odwrotny stosunek: kwiaty *przedślupne*

(*protogynia*); w pierwszym więc wypadku kwiat starszy zostaje zapłodniony przez młodszy, w drugim odwrotnie. Ślazowate, bodziszkowate, baldaszkowate, złożone należą do pierwszej kategorii; sitowate i niektóre trawy do drugiej. U wielu roślin jak np. u lnu, pierwiosnka, miodunki wzajemne zapłodnienie kwiatów spowodowane jest przez ich *dwuksztalność*. Polega ona na tem, że kwiaty mieszane (dwupłciowe) mają dwojaką postać: jedne posiadają wysoki, inne krótki słupek; pylniki zaś u pierwszych są na tej wysokości, na jakiej znamiona drugich i odwrotnie. Owady, zwiedzające kwiaty o długich słupkach, przenoszą z nich pyłek na krótkosłupkowe i odwrotnie z tych ostatnich na długosłupkowe. Doświadczenia sztucznego zapylenia wykazały, że gdy taki kwiat zostaje zapyłony własnym pyłkiem lub pyłkiem jednokształtnego z nim kwiatu (np. krótkosłupkowy pyłkiem krótkosłupkowego, co stanowi nieprawe połączenie) nie wydaje wcale lub daje bardzo mało nasion; przeciwnie zaś połączenie niejednakowych kwiatów (prawe połączenie) wydaje liczne owoce. Wogóle przekonano się, że krzyżowanie kwiatów, zwłaszcza zaś kwiatów rozmaitych osobników tegoż gatunku, wydaje najwięcej nasion najlepiej kiełkujących, z których wyrastają najsilniejsze i najoporniejsze osobniki. Nie ulega jednak wątpliwości, że niektóre rośliny dają przy samozapłodnieniu dobre nasiona; do takich należą zwłaszcza krzyżowe. Można sztucznie przenosić pyłki z jednego kwiatu na znamię drugiego za pomocą pędzelka. W naturze przeniesienie to odbywa się rozmaitemi sposobami; rozróżniamy wśród roślin lądowych kwiaty *owadopylne* i *wiatropylne*. U pierwszych przenoszą pyłki owady lub inne zwierzęta, które służą tu jako narzędzia; zwabia je miód wydzielany przez *miodniki* kwiatów, służący za lep dla pośredników w zapyleniu. Owady poznają kwiaty także zdaleka po jaskrawej barwie, właściwej wszystkim kwiatom owadopylnym; prawdopodobnie przyczynia się do tego i woń ich. Godnem jest uwagi, że kwiaty, które się zapyłają bez pośrednictwa owadów pozbawione są barw i woni. W budowie kwiatów owadopylnych, w położeniu i kształcie różnych ich części, znajdujemy szereg zastosowań zmierzających ku temu, aby pyłek został przeniesiony jaknajpewniej przez te mianowicie owady, które owe kwiaty zwiedzają. Bliższe szczegóły w tym względzie należą do morfologii kwiatu. Sam pyłek bywa u takich kwiatów chropawy wskutek zgrubień *exyny* i przytem lepki od żywicowatych wy-

dzielin, tak że z łatwością przylega do części ciała owadu. U kwiatów wiatropylnych powietrze przenosi pyłki. Brak tu żywych barw; znamiona są wogóle szeroko rozpostarte w powietrzu, pylniki zaś wyrzucają ogromną ilość gładkiego i lekkiego pyłku w postaci obłoczków. Wtaki sposób zapyła się większość traw; również szyszkowe, łuszczakowate, brzożowe, pokrzywowate i in. U niektórych jednak gatunków zbóż znajduje zastosowanie samozapylenie kwiatów. U żyta, którego pręciki wychodzą z plew podczas wysypywania pyłku, regułą jest krzyżowanie kwiatów, wydaje też ono najlepsze skutki. U owsa i pszenicy plewy otwierają się również, ale pęknięcie pylników następuje wcześniej i samozapylenie daje tu zupełną płodność. Jęczmień nie otwiera wcale plew lub też bardzo nieznacznie, samozapylenie jest tu regułą. Ta okoliczność, że kwiaty wiatropylne (trawy, brzożowate, łuszczakowate) mają bardzo cienkie już to nici pręcikowe, już szypułki kłosek, już szypułki bazi męskich, jest powodem że najmniejszy powiew wprawia je w drganie i przyczynia się do wytrząsania pyłku z pręcików; pyłek ten jest przytem bardzo lekki i z łatwością bywa przez wiatr unoszony (tak zw. deszcz siarkowy w lasach iglastych). Niekiedy już samo położenie kwiatostanu żeńskiego pod męskim przyczynia się do zapyłania przez spadające pyłki; tak jest np. u kukurydzy i trzciny.

Wiek, w którym rośliny dochodzą do dojrzałości płciowej, jest dla rozmaitych gatunków niejednakowy. Rośliny jednoroczno kwitną naturalnie tylko raz w tym pierwszym i jedynym okresie wegetacyjnym, który obejmuje całe ich życie, jak to widzimy na owocach letnich lub zimowych. Rośliny trwale kwitną zwykle po osiągnięciu jednego lub kilku lat wieku, chociaż koniczyna, lucerna, esparcetta i inne strąkowe zimujące kwitną już w pierwszym roku jakkolwiek żyją lat kilka. Niektóre drzewa zaczynają kwitnąć dopiero w późnym wieku, tak np. świerki w 50 lat, jodła w 30, sosna pospolita w 15—20, modrzew w 15, dąb w 60, buk czerwony w 40—50 lat, zwyczajny w 20, leszczyzna w 10, brzoza w 10—12, olcha w 15—20, wiąz w 40, lipa w 25—30, klon w 25—30, jesion w 25 lat po kielkowaniu. Wogóle rośliny wieloletnie od czasu, gdy zaczynają kwitnąć, kwitną corocznie, jeśli warunki są przyjazne. Przynajmniej jest to regułą dla ziół zimujących. Jednak u wielu drzew dają się widzieć okresy spoczynku, w których kwitnienie ustaje na kilka lat, lub przynajmniej bywa nieznaczne, jak to daje się widzieć

u buku. Gatunki *Agave*, zwłaszcza zaś *Agave americana* (t. zw. stuletnia) kwitnie raz w życiu w bardzo późnym wieku i umiera zaraz po skończeniu kwitnięcia.

2. Kielkowanie.

Z zarodników skrytokwiatowych i z nasion jawnokwiatowych rozwijają się w przyjaznych warunkach nowe rośliny. Pierwsze kielkują wypuszczając woreczek, rozwijający się w młodą roślinkę. W nasionach zawarty już jest zarodek, który szybko wyrasta i wydobywszy się z okryw nasiennych zakorzenia w ziemi, dając młodą roślinkę. Nazywamy to *kielkowaniem* i różniamy w tej sprawie kilka zjawisk odrębnych. Kielkowanie zaczyna się od *pęcznienia* nasienia, które polega na wwieraniu przez nie wody, przez co zwiększa się jej ilość bardzo nieznaczna w suchym nasieniu. U wielu nasion połączone jest z tem znaczne zwiększenie objętości (u strąkowych np.), kiedy inne przeciwnie nie zmieniają jej w sposób widoczny. Woda wsiąka do nasienia przez okrywę a wielka niejednostajność prędkości, z jaką to wsiąkanie odbywa się, zależy niewątpliwie od własności tej okrywy. Często znajduje się w skorupie nasienia osobna warstwa pęczniająca, składająca się z komórek słupkowych, długą średnicą zwróconych prostopadle do powierzchni nasienia, bardzo grubościennych i łatwo pęczniących. Ukształtowanie takie przybiera to naskórek, to nieco głębiej leżąca warstwa. Lecz i w tych przypadkach nieprzepuszczający wody naskórek nasienia jeśli pozostaje nieuszkodzony utrudnia bardzo nasiąkanie jak np. u łubinu i innych strąkowych, dla tego też nasiona takie dopiero wtedy kielkują prędko, gdy są podrapane. Naprzód wyrasta zawsze *korzonek* zarodka rozsadzając skorupę nasienia, i jako dodatnio geotropiczny zapuszcza się w ziemię, dopiero gdy korzonek osiągnie pewną wielkość, wychodzi z nasienia *piórko*, a będąc ujemnie geotropicznym, zwraca się ku górze. Różnice szczegółowe w sprawie kielkowania zależą głównie od tego, w jakiej części nasienia zawierają się przeznaczony na początkowe pożywienie roślinki materiały zapasowe. U wielu dwuliścieniwych złożone są one w *liścieniach*.

Liścienie to dwa pierwsze liście młodej roślinki. Jeżeli zawierają materiały zapasowe, zachowanie się ich bywa dwojakie. Albo zostają podczas kielkowania w nasieniu i razem z niem w ziemi (kielkowanie podziemne); wtedy leżąca powyżej liścieni

część młodej lodygi, *członek nadliścieniowy*, wydłuża się silnie i unosi piórko nad ziemię: tak kielkują groch, wyka, bób. Lub też liścienie zostają wyniesione z ziemi przez silnie wzrastającą niżej ich leżącą część lodygi—*członek podliścieniowy* (kielkowanie

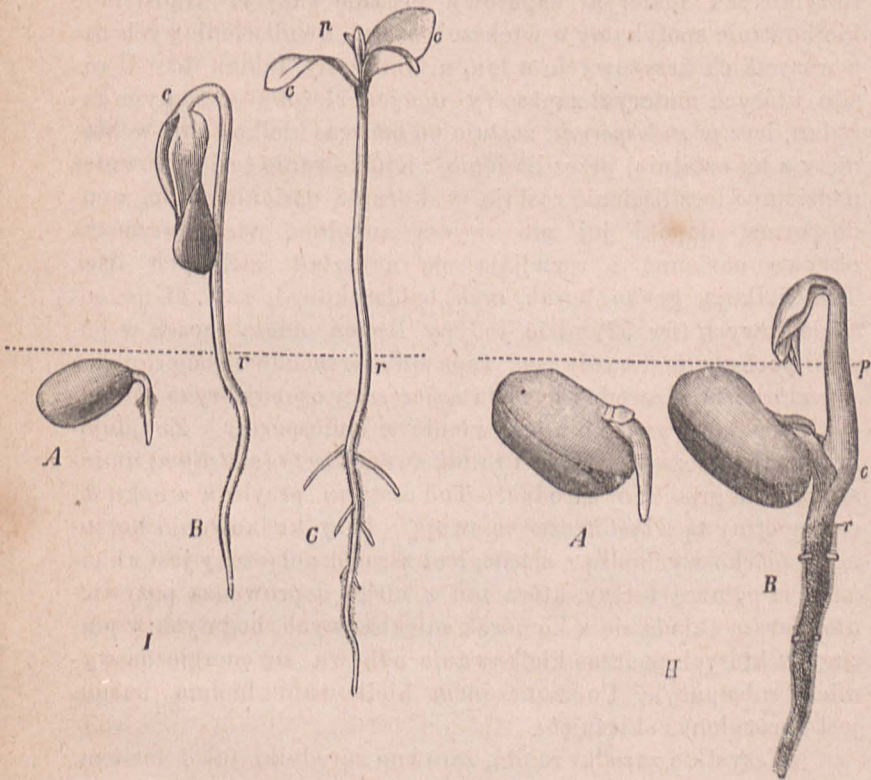


Fig 51. Kielkowanie rośliny dwuliściennej:

I. *Len* A—pierwszy stopień, w którym korzonek wychodzi z nasienia. B—późniejsze stadium w którym korzonek bardziej się zagłębił a członek podliścieniowy (wyżej od r) znacznie się wydłużył. C—jeszcze późniejszy stan: liścienie c rozpostarły się w kształcie zielonych liści, a piórko p czyli pączek liściowy zaczyna się rozwijać.

II. *Bób* A—wyjście korzonka, B—późniejsze stadium, w którym korzonek wzmocnił się a piórko p—wychodzi samo nad powierzchnię ziemi, oba zaś liścienie zostają w ziemi, ponieważ tu wydłuża się nie podliścieniowy członek leżący między r a c lecz nadliścieniowy leżący wyżej c,

nadziemno). W tych przypadkach liścienie opuszczają bardzo wczesnie skorupę nasienia i, po oddaniu materiałów zapasowych, rozpóścierają się w postaci zielonych organów, spełniając nową czynność przyswajania, gdy tymczasem podziemne liścienie są to grube, mięsiste niezieleniejące twory, które zamierzają skoro tylko ich materiał zapasowy zostanie zużyty. Nadziemne kielkowanie spotykamy u większej części dwuliścieniowych np. u wszystkich krzyżowych; u lnu, u koniczyzny, łubinu itd. U roślin, których materiał zapasowy nie jest złożony w samym zarodku, lecz w *endospermie*; zostaje on podczas kielkowania wchłonięty z tej ostatniej przez liścienie. Kielkowanie tu jest również nadziemne lecz liścienie zostają w skorupie nasienia razem z *endospermą*, dopóki jej nie wyssa zupełnie, wtedy zrzucają okrywę nasienną i rozwijają się nakształt zielonych liści. Tak kielkują: gryka, burak, mak, baldaszkowate i in.. U jednoliścieniowych (fig. 52) gdzie jedyny liścień otacza pęczek w postaci pochwy, materiały zaś zapasowe przechowują się również w *endospermie*, zarodek posiada najczęściej osobny *organ chłonny*, który doprowadza mu pożywienie z *endospermy*. Znajdujemy go zwłaszcza u traw, jest to tak zwana *tarcza (scutellum)* umieszczona na grzbiecie zarodka. Ten ostatni przyłoga z boku do *endospermy* tą właśnie częścią swoją. Przy kielkowaniu korzonek i piórko wychodzą z ziarna; lecz zarodek połączony jest z bielmem za pomocą tarczy, która mu z niego doprowadza pożywienie. Tarcza składa się z komórek miękkiszowych, bogatych w plazmę, w których podczas kielkowanie odbywa się energiczna wymiana substancyi. Po skończonem kielkowaniu bielmo nasion jest opróżnione i skłębnięte.

Wszystkie zarodki roślin, zarówno zarodniki jak i nasiona, po dojrzeniu i oddzieleniu się od organizmu macierzystego zostają przez pewien czas w stanie spoczynku, podczas którego nie można w nich dostrzedz żadnych zmian, ani też nie potrzebują żadnych warunków, niezbędnych do życia roślin rosnących. Ten stan nazywamy *spoczynkiem zarodka*. Budzą się z tego spoczynku zarodniki i nasiona skoro się znajdą w warunkach przyjaznych do kielkowania, spoczynek bowiem zależy najczęściej od braku tych warunków, a zwłaszcza wilgoci. Zdolność przejścia ze spoczynku do kielkowania nazywa się *siłą kielkowania*. Nieprzyjazne warunki zewnętrzne mogą ją zniszczyć przedwcześnie, lecz i w przyjaznych warunkach nie utrzymuje się ona też bez-

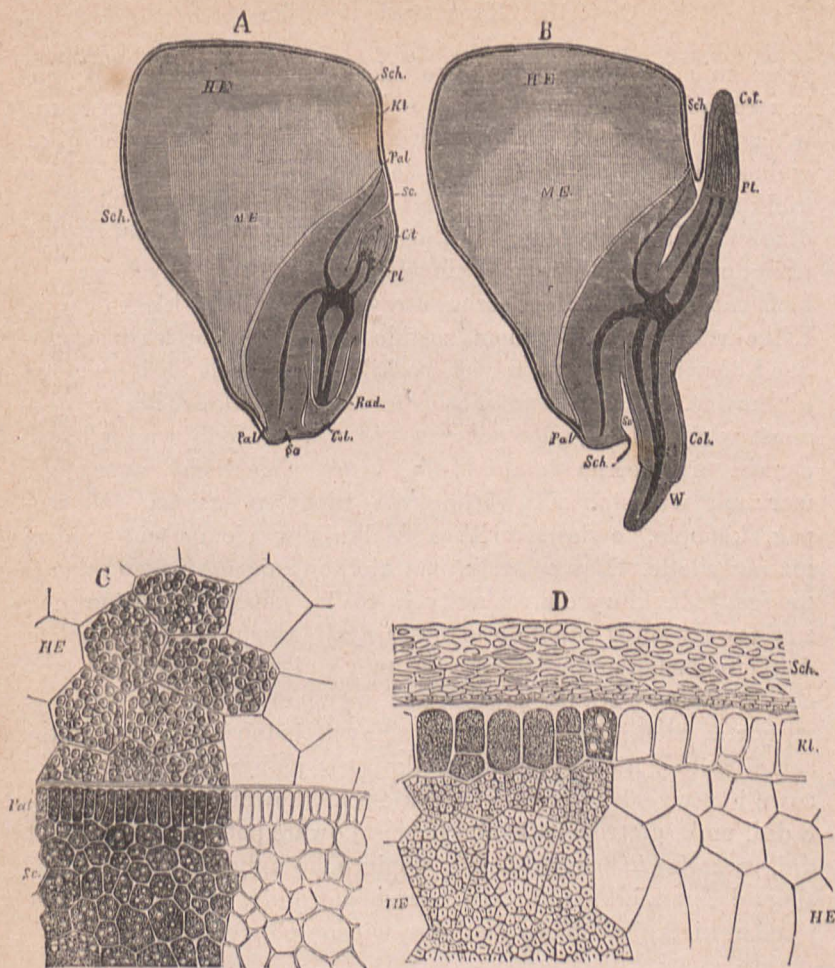


Fig. 52. Kiełkowanie kukurydzy.

A—Przekrój ziarna kukurydzy w stanie spoczynku, *B*—podczas kiełkowania *Sch*—skorupka, *ME*—endosperma mącznista, *HE*—endosperma rogowata po prawej jej stronie zarodek złożony z tarczy *Sc*, liścienia *Cot* w postaci pochwy otaczającego piórko *Pl* i korzonka *Rad* wychodzącego z powłoki korzonkowej *Col*.

Powiększony 8 razy,

C, Miejsce zetknięcia tarczy *Sc* z endospermą *ME*. Komórki tej ostatniej wypełnione są ziarnkami mączki, które leżą tu luźniej i dla tego ta część bielma ma wygląd mączysty. Tarcza składa się z drobniejszych komórek zawierających plazmę i kropelki tłuszczu. W związku z czynnością tarczy jako organu chłonnego jest szereg komórek słupekowych graniczących z endospermą *Pal*. Silniej powiększone.

D, Zewnętrzna część bielma, granicząca z okrywą nasienia, *Sch* t. zw. warstwa glutenowa *Kl* nie zawiera ziarenek mączki, lecz tylko masy białkowate pomieszane z tłuszczem. Dalej zaczynają się komórki z mączką, której ziarnka gęsto zbite i sklezione nadają bielmu pozór szklisty. Powiększenie jak w *C*,

granicznie długo i niejednakowo dla rozmaitych roślin. Wogóle zarodniki i nasiona kiełkują najpewniej w pierwszym roku, w następnych latach siła kiełkowania zmniejsza się z początku, wolno, potem coraz prędzej, tak że coraz mniejszy procent nasion kiełkuje (szczególniej stosuje się to do koniczyny i do większości drzew). Nie ulega jednak wątpliwości, że nasiona wielu roślin, przechowywane w bardzo jednostajnych i przyjaznych warunkach mogą przez długi czas utrzymać zdolność kiełkowania. Kilkakrotnie stwierdzonem zostało przez świadectwa wiarogodne i doświadczenia, że nawet po kilku stuleciach nasiona mogą kiełkować. Warunkami niezbędnymi do kiełkowania są: obecność wody i tlenu, gdyż podczas kiełkowania odbywa się oddychanie, oraz pewna temperatura, którą poznaliśmy wyżej jako warunek wzrostu. Zauważono, że niektóre nasiona jak rzepak, konopie, owies, mietlica kiełkują w ciemności prędzej niż na świetle. Czas potrzebny na kiełkowanie czyli jego *trwanie* nie jest jednakowy dla rozmaitych roślin, chociażby nasiona ich znajdowały się w zupełnie jednostajnych warunkach. Jednakże dokładne oznaczenie w dniach trwania kiełkowania nie jest możliwe, gdyż warunki zewnętrzne wywierają bardzo znaczny wpływ; z wielkiej zaś liczby wysianych jednocześnie nasion tej samej rośliny nie wszystkie kiełkują w jednym czasie. Krzyżowe i trawy odznaczają się prędkim kiełkowaniem w ciągu 2—8 dni, mak, pietruszka i inne baldaszkowate potrzebują około 14 dni, rącznik (*Ricinus*) kiełkuje dopiero po upływie 26 dni. Nasiona drzew kiełkują zwykle bardzo powolnie; niektóre jak buk i jasion kiełkują dopiero na drugą wiosnę po wysianiu.

III. Stosunek potomności do rodziców.

Prawem ogólnem dla królestwa roślinnego jest podobieństwo w istotnych cechach roślin wyrastających z zarodków do ich rodziców, t. j. do tych osobników, których zalążek i pyłek brały udział w wytworzeniu nasienia. Zwykle rodzice są sobie podobni o tyle, o ile podobne są osobniki jednego gatunku. Dziedziczność jednak rozciąga się nietylko na cechy gatunkowe, lecz często na małoznaczące właściwości. Na rośliny potomne przechodzą wszystkie osobliwości kształtu i wielkości organów, oraz budowy wewnętrznej, zdolność wytwarzania odrębnych ciał, czas i długość okresów rozwoju, przystosowania do warunków zewnętrznych jako to: do stanowiska, gruntu, klimatu itd., często

również i cechy chorobliwe jak np. zboczenia w kształcie liści, kwiatów i owoców, pstrokatość liści itd.

Obok tego daje się jednak widzieć zjawisko *zmienności*; polega ono na tem, że przy zupełnie jednolitych warunkach zewnętrznych, a więc bez żadnej dostrzegalnej przyczyny na roślinach potomnych ukazują się nowe cechy. Zmiany dotyczą przeważnie kształtu i barwy liści, barwy kwiatów, wielkości kształtu, zabarwienia i smaku owoców, często czasu i długości okresów rozwoju rośliny. Cecha w ten sposób nabyta może się utrzymać w potomstwie przy rozmnażaniu przez nasiona. W ten sposób powstały *odmiany dziedziczne* naszych roślin uprawnych. Częściej jednak przy dalszej kulturze z nasienia cechy nabyte zostają utracone i odmiana powraca do formy typowej. Stosuje się to zwłaszcza do uszlachetnionych gatunków owoców, które przy rozmnażaniu z nasion przechodzą w dzikie i dla tego mogą być rozmnażane jedynie przy pomocy sztoprów. Zwykle odmiany występują na całej wyrastającej z nasienia roślinie, zdarza się jednak, że tylko niektóre pędy lub pączki posiadają nowe własności, takie odmiany nazywają się pączkowemi. Tak niekiedy pojedyncze kwiaty przybierają inną barwę niż pozostałe, lub też pojedyncze pędy wytwarzają pstre liście, odmiany drzew z wycinanemi liśćmi wydają czasem pojedyncze pędy o liściach całobrzędnym, jakie istnieją w formie typowej rośliny, mamy tu więc powrót do kształtu pierwotnego. Chociaż odmiany powstają przede wszystkim wskutek oddziaływania wewnętrznych sił rośliny, w wielu wypadkach jednak nie da się zaprzeczyć wpływu czynników zewnętrznych. Z praktyki ogrodniczej wiadomo, że najłatwiej otrzymać można odmiany, dając roślinom dobry grunt, albo też mieszaninę rozmaitych gruntów lub nawozów. Marchew wyda się na gruncie niezręcznym cienkie, drzewiaste, ubogie w cukier korzenie dzikiej formy a tylko w dobrej ziemi ogrodowej wyrastają grube soczyste i słodkie korzenie. W niektórych wypadkach udało się dowieść, że odmiany, powstające w rozmaitych klimatach, mają rzeczywiście źródło w zmienionych warunkach klimatycznych. Tak np. wysiewając te same nasiona w Paryżu i Upsali, przekonano się, że jaskrawsza barwa kwiatów i wielkość liści w klimacie północnym była wynikiem dłuższego oświetlenia dziennego. Gdy rośliny południowo uprawiane są w krajach północnych, wytwarzają się stopniowo odmiany o krótszym okresie wegetacyi, zastosowujące się w ten sposób do nowych

wymagań klimatycznych. Często jednak zmieniony grunt lub klimat nie mogą wywołać odpowiednich zmian przynajmniej w pierwszych pokoleniach roślin. W ten sposób uprawiając rośliny północne, posiadające krótszy okres wegetacyjny, otrzymujemy wczesniejsze żniwo. Również i niektóre własności zbóż, nabyte w przyjaźniejszych warunkach krajów, gdzie rosły, zachowują się do pewnego stopnia przy uprawie w innych krajach, nieposiadających takich warunków. Lecz w kilkuletniej hodowli z nasion otrzymanych na nowem miejscu własności te zostają utracone, tak że zachować je można tylko przez zmianę nasienia.

Mieszance. Rozmnażanie płciowe także możliwe jest pomiędzy rozmaitemi gatunkami lub odmianami. Powstające tą drogą potomstwo okazuje połączone własności obu form pierwotnych i nosi nazwę mieszańców albo bastardów lub wreszcie hybrydów. U roślin jawnokwiatowych potrzebne jest do tego przeniesienie pyłku jednego gatunku na znamię drugiego, co można zrobić sztucznie, czasem zaś odbywa się naturalnie. Ażoby wynik był czysty, koniecznem jest usunięcie z kwiatu jego własnych pyłków przed ich pęknięciem, oraz ochrona jego od późniejszej domieszki obcych pyłków. Krzyżowanie możliwe jest wogóle tylko między blizkimi pod względem systematycznym gatunkami, najczęściej zaś tylko w zakresie jednego rodzaju. Skłonność do tworzenia mieszańców jest bardzo niejednakowa w rozmaitych rodzinach. Szczególną łatwością w tym względzie odznaczają się wierzbowate (tak na 32 gatunki wierzb europejskich, znanych jest przeszło 70 dziko rosnących mieszańców), trędownikowate (zwłaszcza zaś *Verbascum*), psiankowate, goździkowate (zwłaszcza zaś rodzaje goździk, lepnica i firletka), kaktusy, różowate (zwłaszcza róża i malina), wiesiolkowate (zwłaszcza wiesiołek — *Epilobium*), jaskrowate, niektóre złożone (szczególniej *Cirsium*). Mieszance nieznanne są wcale lub bardzo nieliczne w rodzinach traw (jednak pomiędzy odmianami pszenicy, między pszenicą a szpelecm, pszenicą a *aegilops* otrzymano mieszańce)¹⁾ motylkowatych (tu znane są tylko mieszańce wśród bobów, grochu, wyki, również mieszańce *Medicago falcata* z *sativa*), krzyżowych (wyjątek stanowią łatwo krzyżujące się gatunki *Nasturtium*), wargo-

¹⁾ Niedawno otrzymano też bastard pomiędzy pszenicą a żytem. (*Prz. II.*)

watych i in. Cechy mieszańca są zwykle pośrednie pomiędzy cechami rodziców przy czem albo są istotnie pomieszczone, tak np. że wielkość kształt i barwa części są pośrednie między obu gatunkami, lub też jedne osobliwości zapożyczone są bez zmiany od ojca, drugie od matki. Mieszańce blisko spokrewnionych gatunków posiadają zwykle organy wegetacyjne mocniejsze niż u rodziców, natomiast organy rozrodcze bardzo niedoskonałe, pylniki często nie zawierają pyłku lub ich wcale brak, zalążki zaś są nierozwinięte. Krzyżowanie mieszańca z jedną z pierwotnych form daje najczęściej wynik pomyślniejszy, przytem otrzymuje się potomstwo bardziej zbliżone do odpowiedniej formy typowej.

Zapylenie kwiatu pyłkiem innego gatunku lub odmiany często wywiera wpływ już na wytworzony przez nie owoc. Takie owoce *mieszane* powstają przez krzyżowanie gatunków kukurydzy, mających rozmaicie zabarwione ziarnka; zebrane buławki mają dwojakie ziarna koloru matczyngo i ojcowskiego rośliny. Podobne zjawiska dają się dostrzedz na jabłkach, których zabarwienie bywa pomieszczeniem z barw obu rodziców.

Również i drogą wegetacyjną, mianowicie przy pomocy sztoprów, można przenieść cechy jednej rośliny na drugą. Powstają w ten sposób *mieszańce sztoprowe*. Jeżeli przeniesiemy gałązkę rośliny z liśćmi pstremi na odmianę takich liści nieposiadającą, ta ostatnia niekiedy daje nowe pędy z liśćmi pstremi, i odwrotnie własności podścieliska przenoszą się na zaszczerpioną gałązkę. *Cytisus Adami* ogrodników powstał z pączka *Cytisus purpureus* zaszczerpionego na *Cytisus Laburnum*. Znane są również mieszańce sztoprowe ziemniaków i tą drogą udało się połączyć korzystne własności dwu odmian. W tym celu wycinają wszystkie oczka jednej bulwy i wkładają na ich miejsce dobrze dopasowany kawałek z oczkami innej, następnie związuje mocno łykiem, lub też rozcinają bulwy, które już wydały pędy i związuje razem połówki rozmaitych gatunków. Bulwy powstające z takiego posiewu często posiadają mieszane barwy, kształt i wielkość form pierwotnych.

KONIEC.



SPIS ALFABETYCZNY.

- Absorpcyjna siła gruntu 94
 Absyntyna 202
 Adenina 221
 Akonitowy kwas 205
 Akroza 198²
 Albinizm 223
 Albumin 213
 Alkaloidy 211
 Allantoina 221
 Aloina 202
 Amidulina 194
 Amigdalina 200
 Amyloceluloza 192
 Antykliny 41
 Antocyan 225
 Antoksyantyna 224
 Arginina 221
 Arow—root 193
 Appositio 32
 Asparagina 220
 Azotu przyswajanie 131
Bakterye 1
 Bakteroidy 215
 Barwa roślin 10
 Barwnik żółty roślin 224
 Barwniki 221
 Barwniki drzew 226
 Barwniki kory 226
 Betaina 221
 Białkowe ciała 212
 Białka losy w roślinie 218
 Blaszkki sitowe 180
 Błonnik 3, 188
 Brom w roślinach 165
 Budowa cząsteczkowa ciał uorganizo-
 wanych 11
 Bulbille 237
 Bulwy 237
 Bursztynowy kwas 205
 Callus 180
 Cebulki 237
 Chelidonowy kwas 205
 Chemiczne własn. roślin 77
 Chlor w roślinach 158
 Chlorofil 123, 221
 Chlorofilan 223
 Cholesteryna 221
 Chromatofory 215
 Chromageny 227
 Ciągłość tkanki prowadzącej wodę 101
 Ciężenia wpływ na wzrost roślin 50,
 64; — na ukształtowanie orga-
 nów 73
 Ciepło wydzielane przy oddychaniu 234
 Ciepłikowe własności roślin 11
 Ciepła wpływ na rozmaite czynnoś-
 ci rośliny ob. *Temperatura*.
 Ciśnienia wpływ na oddychanie 233
 Ciśnienia mechanicznego wpływ na
 wzrost 52
 Ciśnienie częściowe CO₂ przy asymi-
 lacji 129
 Cukier 177
 Cukier gronowy 197
 Cukier owocowy 198
 Cukier trzciniowy 199
 Cytrynowy kwas 204
 Członek korzeniowy 36
 Członek podłścieniowy i nadłścienio-
 wy 250
Dekstryna 194
 Diageotropizm 67
 Diastaza 219
 Dichogamia 247
 Drażliwość roślin 61, 63
 Drzewnik 190
 Dwoistość 247
 Dwukszałtność 247
 Dwupiennie rośliny 247
 Dygitalina 201
 Dziedziczność 254
 Dzielenie się komórek 5
Emulsyna 220
 Endosperma 246, 252
 Erytrofil 223
 Eskulina 201
 Etiolina 222
 Exyna 243
Fermenty 218
 Filocyjanina 224
 Filoksyantyna 224
 Filotaonina (ob. błędy druku)
 Flobafeny 226
 Florydzyzna 201
 Fluor 165
 Fosfor 157

- Fraksynina 201
 Fruktoza 198
 Fumarowy kwas 205
 Galwanotropizm 71
 Garbniki 207
 Gazów wchłanianie 81
 Geotaxis 17
 Geotropizm 64;—dodatni i ujemny 65;
 —poprzeczny 67
 Gliceryzyna 201
 Globoidy 215
 Glukoza 197²
 Glutamina 221
 Gluten 213
 Glutenofibryna 213
 Glyadyna 213
 Granuloza 192
 Granice temperatury przy kiełkowa-
 niu 46;—przy wroście 46
 Guanina 221
 Guma w drewnie 196
 Gumowe woreczki 185, 196—prze-
 wy 186, 196
 Heliotropizm 68—dodatni i ujemny 68,
 —poprzeczny 69
 Heksozy 197
 Hodowle wodne i piaskowe
 Humusowa teoria 121
 Hyaloplazma 13
 Hydrotropizm 71;—plazmodyów 17
 Indygo 227
 Inulina 195
 Intina 243
 Intussusceptio 32
 Jabłkowy kwas 204
 Jajo 240
 Jajowa komórka 249
 Jamina łańcuch 113
 Jądro 3
 Jednopciowe kwiaty 247
 Jędrność 20
 Jod 165
 Kalafonia 211
 Kamfory 210
 Kauczuk 211
 Kazeina 213
 Kiełkowanie 249
 Kleber 213
 Kłębki 237
 Kolenchyma 26
 Kołowanie pędu 55
 Komórka 11,—wielkość 3;—dzielenie
 się 5
 Komórki zamykające szparki 83
 Koniferyna 201
 Korek 191
 Korkowa tkanka 89
 Korzenia parcie 104
 Korzenie chłonne 88
 Korzeniogrzyb 149
 Krystaloidy 215
 Krzew 158
 Ksantofil 222
 Ksantyna 221
 Kutyna 191
 Kwasów organicznych znaczenie dla
 rośliny 205
 Kwiat 241
 Legumin 214
 Leucyna 220
 Leukoplasty 193
 Lewuloza 198
 Lipochrom 224
 Liścienie 250
 Lupulina 201
 Lupulina 202
 Magnez 163
 Maltoza 199
 Mangan 165
 Mannit 199
 Mączka 175, 177, 191
 Mekonowy kw. 205
 Melitoza 199
 Melicytoza 199
 Meristema 3, 36
 Merofil 125
 Miążs drzewny 114
 Micelle 12
 Mieszance 256
 Miększ 22—gąbczasty 125
 Mikoryza 149
 Miodniki 246
 Miód 183
 Mironowy kw. 200
 Mirozyna 220
 Mrówkowy kw. 205
 Mucedyna 213
 Mykoza 199
 Naskórek 97
 Nasiąkliwość 11
 Naskórek 83
 Napięcie tkanek 30
 Nukleiny 224
 Nutacja 54
 Octowy kwas 205
 Oddychanie roślin 228
 Oddychanie wewnątrz—cząsteczkowe
 231
 Odkłady 238
 Odrostki 238
 Oddziaływanie wzajemne organów 76
 Okres wielki wzrostu 43
 Okrywy nasienne 246
 Okulizacja 233
 Oleinowy kwas 208
 Olejki lotne 284, 209
 Oporność, rozmaite jej rodzaje 22
 Opróżnicenie organów 227

- Optyczne własności roślin 9
 Organiczne substancje rośliny 80, 226
 Osłonki 244
 Osmoza 28
 Owadożerne rośliny 255
 Owadopylne rośliny 248
 Owoce mieszane 257
Palmitowy kw. 208
 Paratoniczne ruchy 53
 Parenchyma 22
 Pasożyty 652
 Pepsyna 249
 Perykambium 38
 Perykliny 47
 Pęcznienie błon 23
 Pierścień zgrubienia 36, 42
 Pierwiastki chemiczne roślin 77
 Piórko 25.
 Plastyna 245
 Plazmoliza 22
 Plemnie 240
 Płacz roślin 104
 Poduszcзки 58
 Podwójne załamanie 10
 Popiół 79
 Potas 159
 Populina 200
 Prawo minimum 118
 Prądy w plazmie 14
 Prądkowatość błon 13
 Pręciki 242
 Prokambium 110
 Promienie rdzeniowe 116
 Proteinowe ziarenka 215
 Protenandria 247
 Proteragynia 247
 Protoplazma 3
 Protoplazmy ruchy 14
 Protoplazmatyczne, łącz. komórek 8
 Prozenchyma 22
 Przedprątne kwiaty 247
 Przedślupne kw. 247
 Przejrzystość 10
 Przetchniny 86
 Przewody żywiczne 184
 Przewody gumowe 185
 Przyswajania produkty 129
 Przyswajanie 120—węgla 121;—azotu z gruntu 131;—azotu wolnego 136
 Punkt wegetacyjny 36
 Pylniki 242
 Pylek 242
Reotropizm 71—plazmodiów 17
 Rhizobium leguminosarum 140
 Rodnie 240
 Rozciągliwość tkanek 29
 Rozmnożenie roślin 236
 Rozmnożenie płciowe 239
 Rozporek 246
 Roztocze 145
 Ruchy ciątek chlorofilowych 15,—
 oscylaryj i okrzemek 18,—plazmy 14,—roślin 52,—wzrostowe, jędrnościowe, wzbudzone 13, hygroskopowe 72—wywołane przez bodźce 61
 Ruch wody 100
 Ruchu wody mechanizm 109
 Sadzonki 238
 Salicyna 201
 Sen roślin 57
 Sernik roślinny 213
 Siarka w roślinach 156
 Siła kielkowania 252
 Siła parcia korzenia 104,—ssaćca liści 106
 Siły poruszające wodę w roślinie 104
 Siły organotwórcze 72
 Sinistryna 195
 Skarłowacenie roślin 51
 Sklerenchyma 24
 Skręcanie się 55
 Słupek 244
 Solanina 200
 Sprężystość włókien rośliny 92
 Sprzężenie 239
 Suberyna 191
 Stearowy kwas 208
 Synantroza 199
 Szczawiolowy kwas 202
 Szczepienie 238
 Szparki 83
 Śluz roślinny 195
 Śródlicie 125
 Światła wpływ na budowę organów 11, 74; na oddychanie 234; na rozwój tkanki mechanicznej 29; na przyswajanie 127, na wyziewanie 99; na wzrost 48, 68; na wytworzenie chlorofilu 222
 Świecenie się roślin 10
 Tagmina 12
 Tanina 207
 Tarcza 252
 Temperatury granice przy kielkowaniu 46, przy wroście 46;—optimum dla rozmaitych roślin 47,—wpływ na oddychanie 234, na przyswajanie 129, na ruchy protoplazmy 15, na wzrost 45, na wytworzenie chlorofilu 233
 Termotropizm 71
 Terpentyna 211
 Tkanka twórcza 3, 36,—mechaniczna 21, słupkowa 128
 Tkanki stałe 36
 Tlenu wpływ na ruchy 14,—na oddychanie 233,—na wzrost 50

- Tłuszcze 208
 Trzoneczek 244
 Twardziel 24
 Tyrozyna 231
 Uszlachetnienie 238
 Waleryanowy kwas 205
 Wanilina 201
 Wapień 161
 Warstwowatość błon 13
 Wchłanianie gazów 81—wody 87
 Wernina 221
 Węglowodory 209
 Wiatro-pylne kwiaty 248
 Wiązki naczyniowe 100
 Wicie się roślin 55
 Wiek dojrzałości płciowej u roślin 249
 Wilgotności wpływ na wyziewanie 99,
 —na wzrost 51
 Winy kwas 204
 Włókna łykowe 24
 Włóknik roślinny 213
 Włósniki 89
 Wody wchłanianie 87
 Woreczek zarodkowy 246
 Wosk roślinny 188, 209
 Wydzieliny korzeni 95,—roślin 183
 Wypustki 238
 Wysokości nad poziomem morza
 wpływ na kształty rośliny 75
 Wyziewanie 96
 Wzmocnienie roślin 21
 Wzrost komórki 32,—rośliny 35,—epi-
 nastyczny i hyponastyczny 50
 Wzrostu prędkość 42,—wielkość 41,—
 trwanie 43,—okres wielki 43,—za-
 leżność od czynników zewnętrz-
 nych 45
 Zalążki 244
 Zależnia 244
 Zapasowe materiały 171
 Zapłodnienie 239
 Zapylenie 247
 Zarodnia 240
 Zarodniki 238
 Zasady roślinne 211
 Zasklepka 180
 Zatyczki 103
 Zesztywnienie 54
 Zmienność 255
 Znamię 244
 Zwarcica 24
 Żelazo 164
 Żywice 211
-

