

**BIBLIOTEKA PRZYRODNICZA**

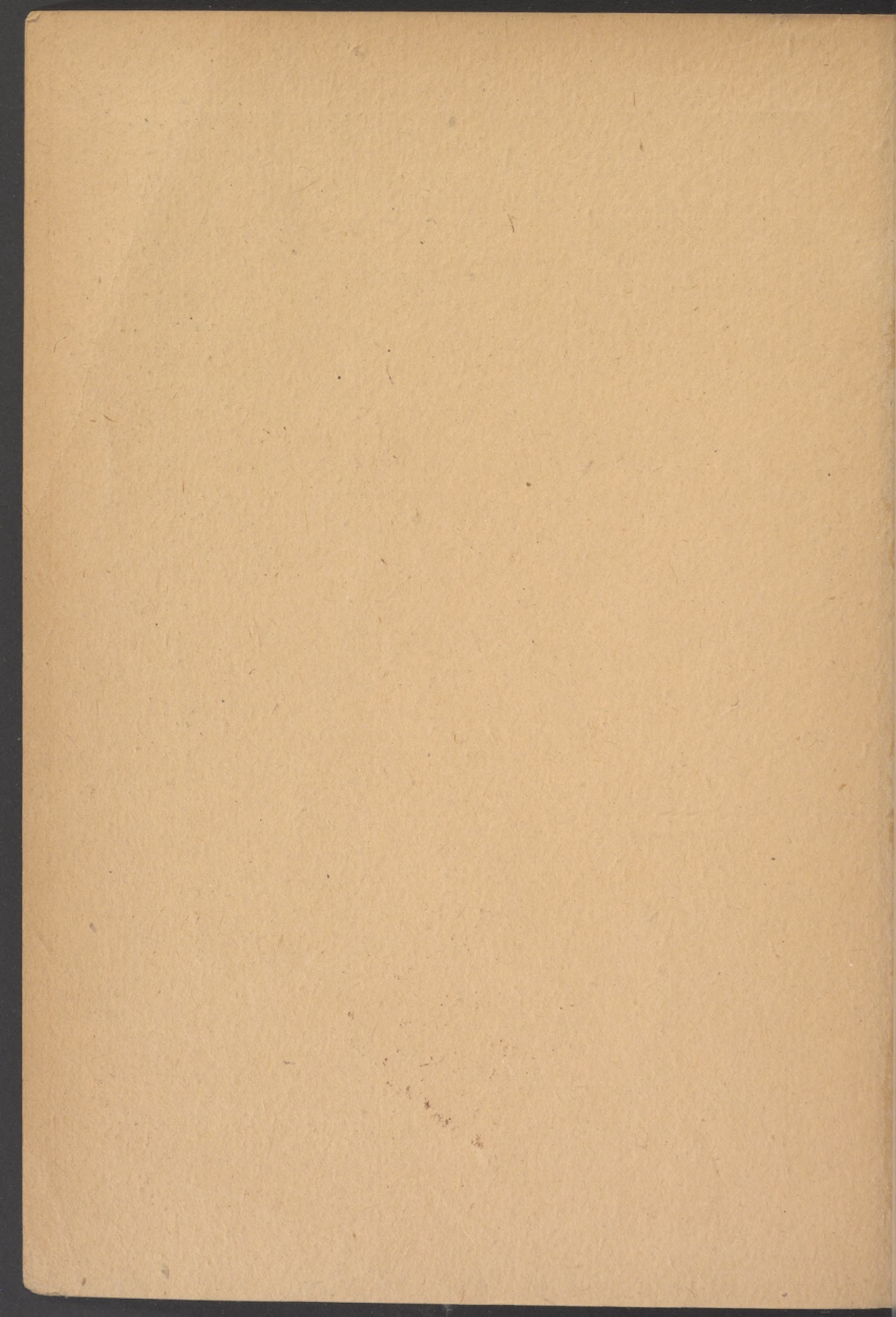
**DEZYDERY SZYMKIEWICZ**

**JAK ŻYJĄ ROŚLINY,  
GDY NIKT O NIE  
NIE DBA**



**PANSTWOWE ZAKŁADY WYDAWNICTW SZKOLNYCH**







BIBLIOTEKA  
Zakład Systematyki  
i Geografii Roślin  
Jadw. M. Kopern. Warszawa

~~Bat/133~~

~~Nr. inv. 1670~~

~~8/126~~

Jak żyją rośliny,  
gdy nikt o nie nie dba



1875  
1876



DEZYDERY SZYMKIEWICZ

**Jak żyją rośliny,  
gdy nikt o nie nie dba**



PAŃSTWOWE ZAKŁADY WYDAWNICTW SZKOLNYCH  
WARSZAWA 1949



BIBLIOTEKA PRZYKODNICZA  
pod redakcją dra Włodzimierza Michałowa

Zatwierdzone do użytku szkolnego pismem Ministerstwa Oświaty nr VI OC-1289 z dn. 30 września 1948 r. jako książka pożądana w bibliotekach szkół stopnia Licealnego oraz w bibliotekach nauczycielskich.



1705

Podpisano do druku dnia 17. VIII. 1949 r.

Nakład 10 000 egz.

Arkuszy druk.: 8<sup>1</sup>/<sub>4</sub>

Zarządzenie nr 701

Zamówienie nr 3223

*Drukarnia Państwowych Zakładów Wydawnictw Szkolnych w Łodzi*

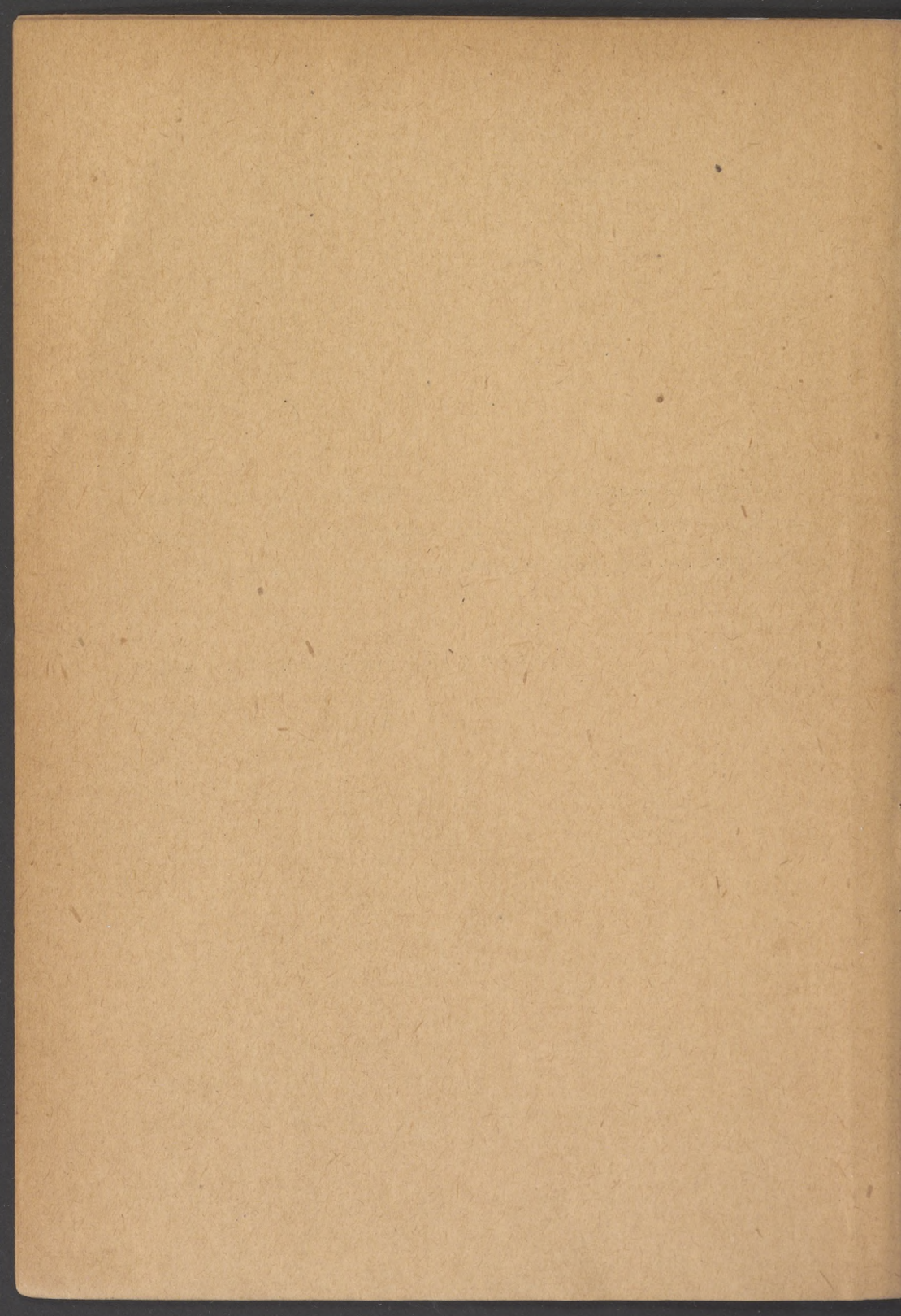
67/49 — D - 04233



*Za pomoc w wydaniu tej książeczki składam najserdeczniejsze  
podziękowanie p. profesorowi Romanowi Kobendzy; p. inżynie-  
rowi Fiolkowi i p. Baczyńskiemu — za wykonanie rysunków.*

*J a n i n a S z y m k i e w i c z o w a*







## W S T Ę P

Zanim człowiek zjawił się na Ziemi, powierzchnia jej już od dawna pokryta była obfitą roślinnością. W morzu też nie brakło życia roślinnego. Dowodzą tego resztki znajduwane w skałach osadowych. Człowiek zniszczył tę roślinność w znacznej, kto wie czy nie w przeważnej części, by zasiać i posadzić rośliny, jakie mu były potrzebne: zboża, jarzyny, drzewa owocowe. Jednakże nawet w krajach gęsto zaludnionych, takich jak Polska, są jeszcze tereny pokryte roślinnością naturalną. Rzadko gdzie jest ona w stanie nienaruszonym, bo działalność gospodarcza człowieka wkracza wszędzie, bodaj przez pasterstwo tylko. Dlatego małe skrawki terenów nienaruszonych są umyślnie chronione, by dać pojęcie o pierwotnej szacie roślinnej. Są to tzw. r e z e r w a t y, z których największym u nas jest Park Narodowy w Białowieży, o powierzchni 4716 ha. Żyją tu rośliny i teraz niezależnie od woli człowieka, żyją mimo tego, że człowiek nie tylko się nimi nie opiekuje, ale nawet aż nazbyt często im szkodzi.

Trudne życie mają rośliny — trudniejsze niż zwierzęta — wskutek tego, że są przytwierdzone do miejsca i nie mogą uciekać w razie zagrożenia. Nie mogą chronić się w norach jak lisy ani przelatywać na zimę do krajów cieplejszych jak jaskółki. Muszą wytrwać na miejscu pomimo suszy i mrozów. A potrafią to czynić nawet w miejscach bardzo niekorzystnych, jak mchy i porosty na skałach, jak pewne rośliny pustynne. Proszę wziąć np. taką welwiczję (*Welwitschia mirabilis*), która rośnie tylko w pustyni



Namib w południowo-zachodniej Afryce, gdzie rocznie spada zaledwie 18 mm deszczu! Życie w morzach i jeziorach jest bardziej ustalone — przynajmniej wody tam nie brak — ale i tam są trudności, chociażby w zaopatrywaniu się w niezbędne sole pokarmowe: azotowe i fosforowe.

Mimo wszystko rośliny dają sobie radę, i to stale. Dowodzi tego niezmiennosc roślinności. Od dwóch wieków, odkąd zaczęto badać jej skład w Europie, nie stwierdzono pojawienia się jakichkolwiek nowych gatunków wśród roślinności naturalnej. Zjawiły się różne chwasty, przyniesione nieraz z dalekich krajów, ale to tylko na polach i innych terenach ogołoconych z roślinności naturalnej. Podobno znany badacz flory krakowskiej *Herbich* próbował wzbogacić florę miejscową rozsypując nasiona z ogrodów botanicznych, ale nic się z tego nie ostało. Trzeba zrobić zastrzeżenie — owszem zachodzą zmiany w roślinności, tzw. sukcesje, ale tylko wtedy, kiedy roślinność zostanie zniszczona i odnawia się, jak na porębach oraz na nowych terenach, jak dajmy na to, na ławicach w rzekach. Zwolna jednak ustala się ona, dążąc do tzw. klimaksu, formy stałej odpowiadającej danym warunkom. Tak np. znika na porębach łatwo rozsiewająca się brzoza, wypierana przez inne drzewa: sosny, graby, dęby, gdyż potrzebuje dużo światła i nie utrzymuje się w cieniu.

Dzieje się to wszystko przy współdziałaniu wszystkich roślin występujących na danym terenie — i tych, które się widzi, i tych niewidocznych, w glebie żyjących, jak grzyby i bakterie. Jedna roślina wypiera drugą w walce o miejsce, ale też nieraz jedna drugiej pomaga, jak to czynią na przykład drzewa chroniąc cieniste rośliny przed zbyt silnym promieniowaniem słońca. Aby to wszystko zrozumieć, trzeba mieć na uwadze współzycie roślin. Nie można przy tym pominąć wpływu zwierząt, które niszczą rośliny używając ich jako pożywienia, lecz także i pomagają w ich rozmnażaniu się przez żapylenie kwiatów (owady) i roznoszenie nasion (ptaki).

W ten sposób dochodzi się do pojęcia biocenozy jako zespołu wszelkich istot żyjących danego terenu, tworzących coś



podobnego do organizmu z jego rozlicznymi organami. Życie składników roślinnych i zwierzęcych biocenozy jest tak samo uzgodnione, jak czynności różnych organów w organizmie.

Biocenoza jest tworem trwałym, dopóki człowiek do niej nie wkroczy. Jeżeli w lasach sosnowych zdarzają się katastrofalne zniszczenia spowodowane przez rozmnażające się bez miary owady, takie jak choinówka sosnówka, to dlatego, że są to biocenozy utworzone sztucznie przez człowieka, który sadził samą tylko sosnę tam, gdzie z natury był las sosnowy mieszany z dębem, jarzębiną itp. W takim pierwotnym lesie inne drzewa, m. in. jarzębina, dostarczały pożywienia pasożytom szkodników, przez co szkodniki te nie mogły nadmiernie się rozmnożyć. W sztucznych plantacjach sosnowych takiego zabezpieczenia nie ma i równowaga między ich roślinnymi i zwierzęcymi składnikami może być łatwo naruszona.

W ostatnich czasach wytworzyła się osobna nauka, która zajmuje się życiem roślin w przyrodzie. Nazywa się ona ekologią roślin. Słowo to nasuwa porównanie z ekonomią. I to podobieństwo nazw nie jest przypadkowe. Ekologia roślin jest to pewnego rodzaju ekonomia życia roślinnego. Jest zresztą także ekologią zwierząt traktująca podobne zagadnienia życia zwierząt w przyrodzie poza zasięgiem działania człowieka. Oba rodzaje ekologii muszą współdziałać ze sobą z uwagi na to, że życie roślinne odbywa się w ściślejszej współzależności od życia zwierzęcego w biocenozach.

Celem tej książeczki jest dać pojęcie o ważniejszych wynikach badań ekologicznych nad życiem roślin. Kto chce dokładniej poznać te zagadnienia, może skorzystać z mojego podręcznika pt. *Ekologia roślin*.

Warto jest przy tym zaznajomić się z zagadnieniami ekologii zwierząt. Doskonałym źródłem do tego jest książka K. D e m e l a pt. *Zwierzę i jego środowisko*. Warszawa 1947.

Rozpatrzmy po kolei ważniejsze zagadnienia życia roślinnego.



## R o z d z i a ł I

### GOSPODARKA WODNA

Rośliny, tak samo jak zwierzęta, potrzebują ciągłego uzupełniania zawartych w nich zasobów wody, uszczuplanych stale przez wyparowywanie. A nie jest to sprawa prosta. Nie mogą one bowiem iść do wodopoju, jak zwierzęta, i muszą potrzebną im wodę znaleźć na miejscu. Nie jest to takie łatwe. Wystarczy w upalny letni dzień wejść do ogrodu warzywnego. Jak smutnie wygląda większość wysadzonych z inspektów roślin, nawet jeżeli się je rano podlało: bezwładnie zwieszane zwędłe liście, tu i ówdzie nawet zwieszające się wierzchołki pędów. A jednocześnie na sąsiedniej łące nie widzi się ani jednej zwędłej rośliny. Pod wieczór jednak wszystko w ogrodzie wraca do normy.

Jak sobie to wytłumaczyć? Roślina oczywiście ciągnie wodę z gleby. Wystarcza to rano do pokrywania strat powodowanych przez wyparowywanie wody z części nadziemnych. Ale w miarę jak słońce wznosi się wyżej, podnosi się temperatura powietrza. Pociąga to za sobą wzmożenie parowania pomimo tego, że zawartość pary wodnej w powietrzu zmienia się tylko nieznacznie. Roślina nie może wtedy nadażyć z dostarczaniem wody z gleby i zawartość wody w roślinie zmniejsza się. Rośliny „dziko” rosnące potrafią przy tym utrzymać zawartość wody na pewnym poziomie, nie dopuszczając do wędnięcia, rośliny sztucznie kultywowane przeważnie tego nie potrafią i wędną. Ku wieczorowi wraz z obniżeniem temperatury słabnie transpiracja i ubytek wody w roślinach zostaje wyrównany.

Dlaczego jest taka różnica w zaopatrywaniu się w wodę między roślinami dzikimi a uprawnymi? Niewątpliwie jest to skutek walki o byt. Rośliny, tak samo jak zwierzęta, rozmnażają się nadmiernie. Za mało jest miejsca dla wszystkich, jedna roślina głuszy drugą i tylko najbardziej sprawne mogą się utrzymać. Inne muszą zginąć. Zginą między innymi te, które nie potrafią regulować swojej gospodarki wodnej, zwłaszcza te, które dopuszczają do wędnięcia. Jest ono szkodliwe, bo nie tylko ustaje wtedy produkcja substancji organicznych, ale nadto wzmagają się ich zużycie



w oddychaniu. Rośliny „dzikie” są to właśnie takie, co wytrzymały próbę w walce z innymi roślinami. Rośliny uprawne są słabsze i pozostawione bez opieki, giną.

Jak widzimy, kwestia zaopatrywania się roślin w wodę, inaczej mówiąc ich gospodarka wodna, jest zagadnieniem zawyłym, przeto wymaga bliższych wyjaśnień.

Najprościej przedstawia się ta sprawa u niższych roślin: mchów, porostów, glonów powietrznych. Przy wysychaniu słabną stopniowo ich czynności życiowe, zatrzymuje się wzrost, na ogół jednak nie giną one skutkiem utraty wody i mogą przetrzymać nawet długotrwałą suszę. Niektóre wytrzymują nawet wysuszenie nad kwasem siarczanym! Fakt ten tłumaczy się tym, że zasiedlanie nagich skał zaczyna się od porostów i mchów, które przez nagromadzenie resztek przygotowują podłoże zdatne dla wyższych, bardziej wrażliwych na suszę roślin. A te ostatnie bywają nawet bardzo wrażliwe, np. stwierdzono, że liście gryki zamierają przy stracie 46 — 48% wody. Tylko bardzo nieliczne rośliny wyższe wytrzymują duże ubytki wody. Do nich należy m. in. rosnąca gdzieś u nas na skałach i murach paproć zanokci-ca północna (*Asplenium septentrionale*, ryc. 1). Z roślin nasien-nych można przytoczyć bałkańską *Ramondia Nataliae*, u której przy wysychaniu na wolnym powietrzu zawartość wody zmniej-



Ryc. 1. Zanokci-ca północna (*Asplenium septentrionale*). Według He-giego.



szyc się może z 40% do 20% w stosunku do suchej masy nie powodując zamarcia; po zwilżeniu roślina wraca do życia.

Toteż omawiając gospodarkę wodną będziemy mieli na uwadze w dalszym ciągu tylko rośliny wyższe: paprotniki i nasienne. Naturalnie będziemy się zajmowali roślinami lądowymi, gdyż wodne nie mają żadnych trudności w zaopatrywaniu się w wodę. Rośliny lądowe z reguły pobierają wodę z gleby. Woda glebowa nie pozostaje jednak dla nich w całości do dyspozycji — pewna jej część jest dla roślin niedostępna. Jaka część — zależy to od budowy gleby: gleby piaskowe o dużych ziarnach są bardziej hojne, drobnoziarniste, ilaste są bardziej skąpe. Można to łatwo wykazać trzymając roślinę bez podlewania. Kiedy roślina zwiednie, okaże się, że gleba jeszcze zawiera wodę: gruby piasek około 1% w stosunku do swojej wagi, a ciężka glina do 16%. Te różnice pochodzą stąd, że cieniutka warstewka wody pozostaje na powierzchni cząsteczek gleby i nie daje się od niej oderwać, a gleby grubo-

ziarniste mają w sumie powierzchnię ziarenek stosunkowo małą, gdy tymczasem w glebach drobnoziarnistych jest ona o wiele większa.

Obecność wody w glebie nie rozstrzyga jeszcze kwestii zaopatrzenia rośliny w wodę. Korzenie muszą ją pobrać, a składają się one z żywych komórek, które mają swoje wymagania.

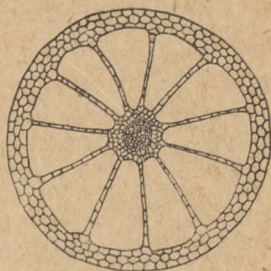


Ryc. 2. Młode drzewo mangrowe (*Avicennia nitida*); ko — korzenie oddechowe. —  
Według B ö r g e s e n a.

Przede wszystkim potrzebują tlenu do oddychania. Otóż gleba zawiera zawsze powietrze, ale w różnych ilościach. Zależy to m. in. od stopnia jej zwilgocenia: im więcej jest w niej wody, tym mniej powietrza, i może go być za mało. Stąd na podm-



kłych glebach występują tylko pewne rośliny, np. z naszych drzew tylko olsza i wierzby. Ponadto nie chodzi tu o samo powietrze, ale zawarty w nim tlen, a ten jest użytkowany przez liczne drobnoustroje glebowe, jak bakterie, pierwotniaki itp. Pomniejszają one zawartość tlenu w powietrzu glebowym w krajach tropikalnych do tego stopnia, że nieraz nie ma go tam wcale. Ciekawe jest jednak, że i na takich terenach występuje roślinność, i to nawet drzewiasta. Najciekawszy przypadek stanowią tzw. *m a n g r o w e*, zarośla drzew występujące na mulistych wybrzeżach tropikalnych oceanów. Rośliny te radzą sobie w ten sposób, że wypuszczają ponad glebę osobne odgałęzienia korzeni — korzenie oddechowe — które doprowadzają tlen do głębiej położonych części (ryc. 2). Nasze rośliny podmokłych stanowisk nie mają korzeni oddechowych i doprowadzają tlen przez przestwory międzykomórkowe, które są u nich szersze aniżeli u roślin innych stanowisk (ryc. 3).



Dalej, żywe komórki korzeni wymagają jeszcze należytej ciepłoty. Zbyt niska temperatura przeszkadza w pobieraniu wody. I tak przy oziębieniu od 20°C do 0° stwierdzono zmniejszenie pobierania wody, które dochodzi u dębu do 37%, u buka nawet do 50%. Pod tym względem są zresztą duże różnice między roślinami; rośliny krajów arktycznych są mało wrażliwe i np. wierzba lapońska (*Salix lapponum*), która rośnie i u nas na torfowiskach, nawet trochę lepiej ciągnie wodę z zimnej gleby: 2,5% więcej pobiera jej przy 0° aniżeli przy 20°. Rzecz ciekawa, że tak samo zachowuje się i kalina (*Viburnum opulus*, zwyżka 3%), jakkolwiek nie jest to roślina krajów zimnych.

Ryc. 3. Nadwodnik o-kółkowy (*Elatine Alsinastrum*). Przekrój łodygi z obszernymi przestworami międzykomórkowymi. — Według Reinkego.

Ukształtowanie korzeni uwidocznia bardzo wyraźnie ich rolę w pobieraniu wody. Są one silnie rozgałęzione i nieustannie rosną





kierując się w tę stronę, gdzie gleba jest wilgotniejsza. Są tym bardziej rozgałęzione, im trudniejsze jest zaopatrywanie się w wodę. Na stanowiskach suchych wrastają one daleko w głąb, co pozwala roślinie wyzyskać zasoby wodne głębszych warstw gleby, nie wysychające tak łatwo, jak warstwy powierzchniowe. Głębokość, do której sięgają korzenie, może być znaczna, np. lucerna (*Medicago sativa*) sięga do 5 m. Przy kopaniu Kanału Sueskiego stwierdzono, że długość korzeni niektórych roślin pustynnych (np. *Tamarix*) dochodzi do 30 m. W ten sposób można wytłumaczyć, skąd bierze wodę wspomniana powyżej welwiczia: ma ona długi korzeń palowy, który pozwala użytkować wodę wgłębną znajdującą się dosyć płytko w bezwodnej pustyni, gdzie rośnie ta roślina (ryc. 4).



Ryc. 4. Welwiozia (*Welwitschia mirabilis*). Roślina z dwoma tylko postrzępionymi liśćmi i długim palowym korzeniem. — Według Eichlera.

Prócz zasięgu w głąb zaznacza się w korzeniach roślin na suchych stanowiskach także dążność do rozrastania się na boki. W ten sposób roślina lepiej wyzyskuje opady atmosferyczne, zbierając je z większej powierzchni gleby. Najwyraźniej występuje to zjawisko u rosnących w pustyniach kaktusów: korzenie

ich rosną płytko, ale idą daleko na boki (ryc. 5), mogą przeto szybko wyzyskać rzadkie w pustyni deszcze, zanim ich woda wyparuje.

Oryginalne urządzenia systemu korzeniowego znajdujemy u epifitów tropikalnych. Epifity są to rośliny sadowiące się na drzewach zamiast na ziemi. Nie brak ich i u nas, ale są to tylko niższe rośliny — mchy i porosty. Natomiast w krajach tropikalnych liczne paprotniki i nasienne rosą na drzewach. Zyskują one w ten sposób lepsze oświetlenie w cienistych lasach tropikalnych, ale za to są narażone na uschnięcie. Wprawdzie w krajach tropikalnych opady są bardzo obfite — około 2 m rocznie (w War-



szawie tylko 565 mm), ale czas trwania deszczów nie jest dłuższy niż u nas. Tymczasem epifity mogą zaopatrywać się w wodę tylko wtedy, kiedy deszcz pada. Nie ma na korze drzew gleby, która magazynuje wodę deszczową.

Jak tedy radzą sobie te dziwne rośliny? Otóż utrzymują się one dzięki obfitej rosie, która osiada na nich prawie codziennie rano i trwa mniej więcej do godziny 10. Podróżnicy opowiadają, że w krajach tropikalnych roślinność rano wygląda jak po obfitym deszczu. Dzieje się to skutkiem dużej zawartości pary wodnej w powietrzu: np. w najgorętszym miesiącu w Batawii na Jawie 1 metr sześcienny powietrza zawiera 20,7 g pary wodnej, a w Krakowie tylko 11,4. Przyczynia się do tego również długość nocy, która wynosi tam przez cały rok około 12 godzin.



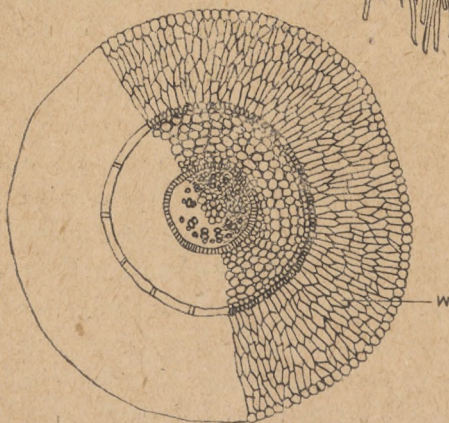
Ryc. 5. Rzuty pionowy i poziomy systemu korzeniowego u *Echinocactus Wisliceni* w skali 1 : 30 z okolicy Tucson w Arizonie. — Według C a n n o n a.

Epifity otrzymują w ten sposób codziennie przydział wody, który muszą szybko pobrać. Jedne z nich dokonują tego za pomocą długich, zwisających korzeni pokrytych przez gąbczasty w e l a m e n, złożony z obumarłych komórek chłonących chciwie wodę (ryc. 6). Inne epifity, z korzeniami słabo rozwiniętymi, służącymi tylko do przytwierdzenia się do kory drzew, pochłaniają wodę przez liście za pomocą osobliwych łuskowatych włosków (ryc. 7). Prawie wszystkie mają w liściach i łodygach silnie rozwiniętą tkankę wodną, w której przechowują pobraną wodę





A



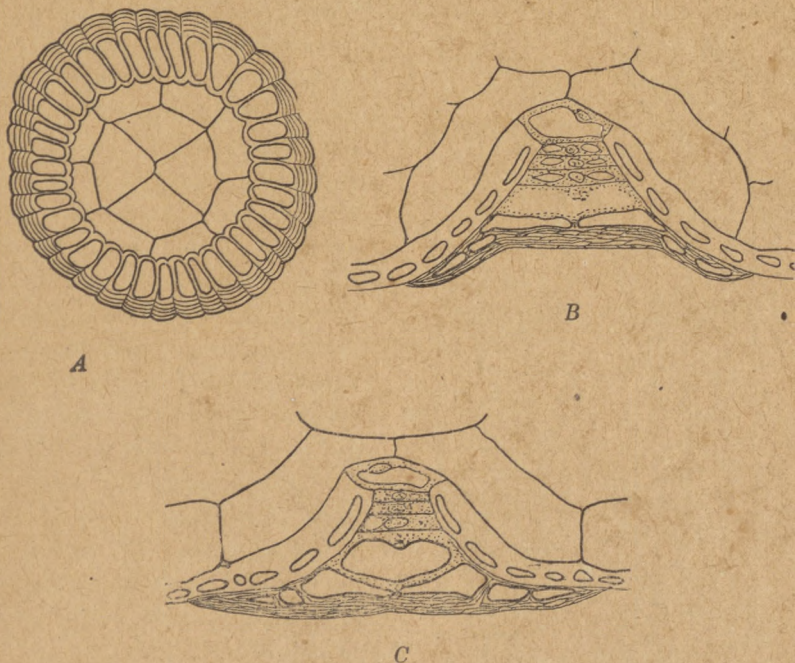
B

Rys. 6. A. Rosnący na ko-  
rze drzewa storczyk *Onci-  
dium sphacelatum* z po-  
wietrznymi korzeniami. B,  
przekrój takiego korzenia:  
w — welamen. — Według  
Kernera, Hansena i  
Strasburgera.



(ryc. 8). W miarę zużywania wody komórki tej tkanki kurczą się, skutkiem czego błony ich fałdują się.

Poza przytoczonym powyżej przypadkiem korzenie u roślin naczyniowych są bramą wejściową dla wody. Ale tego jest mało — musi być w roślinie jeszcze jakiś motor, który by wodę wciągał



Ryc. 7. Łuskowate włoski chłonnae wodę u *Vriesea psittacina* z rodziny *Bromeliaceae*: A — widok z góry, B — przekrój w stanie wilgotnym, C — przekrój w stanie suchym. — Według H a b e r l a n d t a.

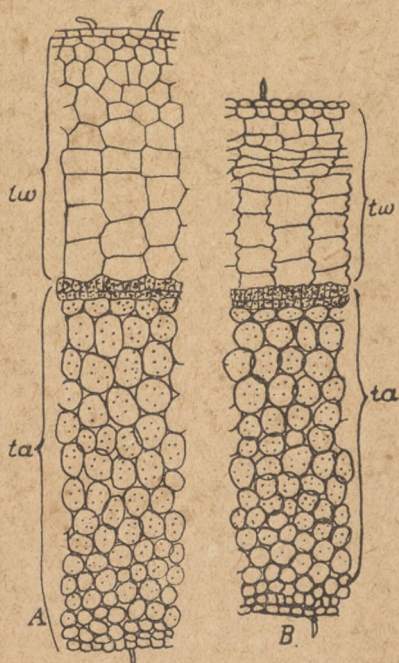
i doprowadzał wszędzie aż do najwyższych części. A nie jest to praca bagatelna, bo przecież nasze jodły dochodzą do 50 m wysokości, amerykańska sekwoja do 90, a australijskie eukaliptusy sięgają jeszcze wyżej!

Rola korzeni w tej czynności jest znikoma. W pewnej mierze pchają one do góry pobraną z gleby wodę. Przejawia się to w tzw. parciu korzeniowym, które ujawnia się, jeżeli



się zetnie pęd w dolnej jego części. Woda występuje wtedy z dolnej części łodygi, i to z pewną siłą, którą można zmierzyć nasadzając manometr. Ma to zresztą niewielkie znaczenie. Przede wszystkim parcie to jest nieduże: u pokrzywy obserwowano wartość do

462 mm słupa rtęci, u łoży winnej — 1 620, największe u amerykańskiej brzozy *Betula lenta* — 1 924, co wystarczyłoby do utrzymania słupa wody najwyżej 25 m wysokości. O wiele gorsze jest to, że parcie korzeniowe występuje tylko wtedy, kiedy gleba jest nasycona wodą, w naturalnych warunkach głównie na wiosnę. Tymczasem w zaopatrywaniu roślin w wodę chodzi głównie właśnie o wydobywanie jej z gleby niezbyt wilgotnej także w czasie szuszy. I tu wkracza pęd, zwłaszcza jego liście, wciągając wodę z korzeni do góry — nie pchanie, lecz raczej ssanie wody odbywa się w roślinie.



Ryc. 8. Epifit *Peperomia trichocarpa*. Przekrój poprzeczny liścia świeżego (A) i skurzonego skutkiem silnej transpiracji (B): *tw* — tkanka wodna, *ta* — tkanka asymilacyjna. — Według H a b e r l a n d t a.

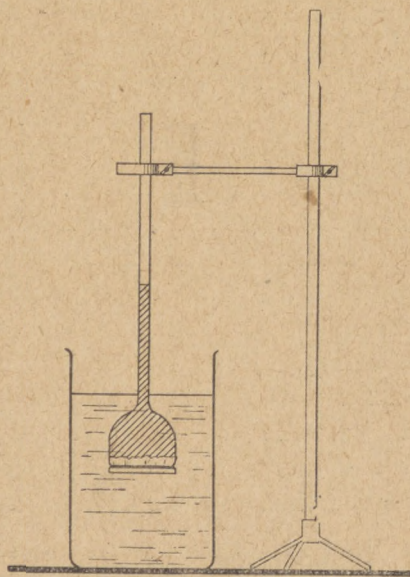
Wygląda to groteskowo, ale tak jest: rośliny pobierają wodę z gleby przez korzenie, ale za pomocą liści. Jak się to odbywa? Otóż odbywa się to pod działaniem ciśnienia osmotycznego w komórkach. Jest to ciśnienie,

które wytwarza się, jeżeli jakiś roztwór zetknie się z ciałem stałym, przez które rozpuszczalnik — zwykle woda — przesiąka. Nie wytwarza się ono natomiast w zetknięciu z ciałem nieprzepu-



szczalnym dla rozpuszczalnika; słodzona herbata np. ciśnię na szklanke tylko swoim ciężarem, będzie natomiast wywierała dodatkowo ciśnienie osmotyczne, jeżeli wlejemy ją do pęcherza. Ma się tu przeważnie do czynienia z ciałami o formie blaszkowatej, takimi jak pęcherz, i dlatego mówi się o ciśnieniu wywieranym na błonę.

Ciśnienie osmotyczne ujawnia się wyraźnie tylko wtedy, gdy błona styka się drugą stroną z tym samym rozpuszczalnikiem. Można to pokazać za pomocą doświadczenia wykonanego przez Dutrocheta (ryc. 9). Bierze się rurkę rozszerzoną lejkowato na jednym końcu. Wylot tego lejka obwiązuje się pęcherzem, nalewa się do rurki jakiegokolwiek roztworu, np. roztworu cukru, i wstawia się lejkiem w dół do naczynia z wodą tak, żeby poziom cieczy w rurce i w naczyniu był jednakowy. Po pewnym czasie stwierdzimy, że ciecz w rurce podnosi się. Jest to skutek ciśnienia osmotycznego wywieranego przez roztwór cukru na pęcherz.



Ryc. 9. Przyrząd Dutrocheta do pokazania ciśnienia osmotycznego.

Według trzeciego prawa mechaniki pęcherz wywiera takie samo ciśnienie na roztwór, ale w przeciwną stronę — do góry — co powoduje wciąganie wody przez pęcherz do rurki.

Za pomocą przyrządu Dutrocheta można poznać osobliwości zajmującego nas zjawiska. Jeżeli doświadczenie powtórzymy z roztworem bardziej stężonym, stwierdzimy, że ciecz w rurce podniesie się wyżej. Dokładniejsze przeliczenia wykażą, że ciśnienie osmotyczne wzrasta tyle razy, ile razy więcej cukru zawiera jednostka objętości roztworu. Ciśnienie osmotyczne jest



zatem proporcjonalne do stężenia roztworu. Jeżeli następnie powtórzmy doświadczenie przy wyższej temperaturze, to ciśnienie będzie większe. Jest to trudne do sprawdzenia, bo ciśnienie osmotyczne wzrasta przy podniesieniu o  $1^{\circ}$  zaledwie o  $1/273$  tego ciśnienia, które byłoby przy  $0^{\circ}$  C.

Zjawiska te tłumaczą się ruchami cząsteczek, z których są złożone ciała — drobin, jonów — tzw. ruchami molekularnymi. Ruchy te są niewidoczne z powodu małych rozmiarów cząsteczek. Są one chaotyczne, gdyż cząsteczki są silnie stłoczone i ciągle zderzają się ze sobą. Zmienia się przez to nieustannie kierunek i szybkość ruchów. Zaobserwować jednak można duże prawidłowości w tym chaosie. Po pierwsze, wszystkie kierunki są jednakowo częste. Po wtóre, energia kinetyczna cząsteczek, średnio biorąc, jest stała, zależna tylko od temperatury: przy podniesieniu o jeden stopień wzrasta ona o  $1/273$  część tej, która była przy  $0^{\circ}$  C. Energia ta nie zależy od masy cząsteczek ani od ich natury. Jeżeli cząsteczki są dostatecznie duże, można ruchy molekularne widzieć pod mikroskopem. Są to tzw. ruchy Browna, nazwane tak na cześć botanika angielskiego Roberta Browna (1773—1858), który je pierwszy zauważył. Można je łatwo obserwować oglądając tusz pod mikroskopem.

Otóż cząsteczki rozpuszczonego ciała poruszają się swobodnie w roztworze pomimo to, że są przyciągane przez cząsteczki rozpuszczalnika. Są one bowiem przyciągane jednocześnie we wszystkich kierunkach z jednakową siłą. Napotykając błonę cząsteczki rozpuszczonego ciała częściowo przez nią przechodzą, częściowo są przez nią zatrzymywane i uderzają ją. Ponieważ uderzenia są bardzo częste, wytwarza się ciśnienie na błonę — ciśnienie osmotyczne — o którym tu jest mowa. Wielkość jego zależy naturalnie od częstości uderzeń i ich siły. Częstość uderzeń jest tym większa, im bardziej roztwór jest zagęszczony, im większa jest jego koncentracja; siła zaś uderzeń jest tym większa, im większa jest energia kinetyczna. Stąd pochodzi podana powyżej zależność ciśnienia osmotycznego od koncentracji roztworu i temperatury. Naturalnie ciśnienie to zależy także od przepuszczalności błony dla rozpusz-



cznej substancji: im ta rozpuszczalność będzie większa, tym więcej cząsteczek rozpuszczonej substancji będzie przechodziło przez błonę nie uderzając o nią, co zmniejszy częstość uderzeń i osłabi ciśnienie.

Po tym przydługim może, ale koniecznym wstępie fizycznym powróćmy do roślin. Powiedziałem, że w komórkach działa ciśnienie osmotyczne. Jak to jest możliwe? Zobaczmy, jaka jest budowa komórek roślinnych (ryc. 27). Są one otoczone mocną błoną z celulozy. Do tej błony przylega od wewnątrz warstwa protoplazmy z jądrem. W środku wreszcie mieści się s o k k o m ó r k o w y. Można to zobaczyć pod mikroskopem na błonce, która z łatwością daje się zedrzeć z łusek cebuli. Do tego celu cebula nadaje się doskonale dzięki swym dużym komórkom.

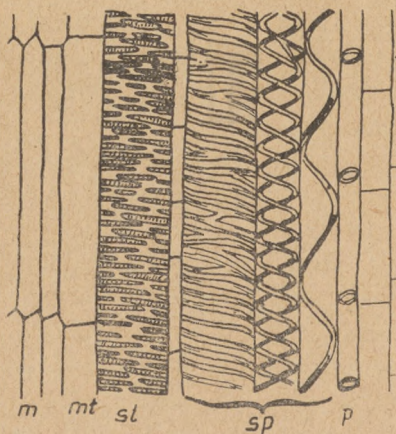
Czy takie urządzenie komórki stwarza warunki konieczne do wytworzenia ciśnienia osmotycznego? Otóż sok komórkowy jest wodnym roztworem cukrów, soli i ewentualnie innych jeszcze substancji. Styka się on z protoplazmą, która jest silnie nasiąknięta wodą i trudno przepuszczalna dla substancji rozpuszczonych w soku komórkowym. Są to warunki umożliwiające sokowi komórkowemu wywieranie ciśnienia osmotycznego na protoplazmę, która odgrywa rolę błony. Pozostaje jeszcze jeden warunek: po drugiej stronie protoplazmy powinien być znowu rozpuszczalnik — woda. Tymczasem jest tam błona komórkowa złożona z celulozy. Otóż celuloza łatwo nasiąka wodą i w roślinie zawsze jest nią przesycona. A więc i ten warunek jest spełniony.

Rozpatrzmy teraz, w jaki sposób liście ciągną ku górze wodę z gleby przez korzenie. Otóż woda pobrana przez korzenie przechodzi do tkanki naczyniowej złożonej z wydłużonych, martwych komórek o ścianach z charakterystycznymi zgrubieniami (ryc. 10). Ta tkanka tworzy we wnętrzu łądygi jak gdyby rury wodociągowe. Z niej składa się większa część drewna w drzewach. Od niej odchodzą odgałęzienia do liści, mieszczące się w zgrubieniach blaszek, tzw. nerwach.

Ten słup wody jest w stanie napięcia spowodowanego przez własny ciężar, tak jak napięty jest sznur zawieszony jednym końcem. Może się to wydać dziwne, ale tak jest. Cząsteczki wody



przesuwają się swobodnie obok siebie, ale trzymają się mocno. Wskazuje na to trudność oderwania dwóch zwilżonych płyt szklanych, jeżeli będą one starannie oczyszczone od tłuszczu działaniem spirytusu lub eteru. Jeżeli wodę można rozdzielić na krople, to tylko dzięki temu, że cząsteczki jej mogą przesuwac się obok siebie. Jeżeli z jakiejś flaszeczki odmierzymy krople lekarstwa, widzimy, jak kropla ma z początku grube połączenie z cieczą, ale to



Ryc. 10. Tkanka naczyniowa złożona z wydłużonych komórek ze zgrubieniami błony różnego kształtu: pierścieniowymi (*p*), spiralnymi (*sp*), siatkowymi (*sl*), *mt* — młode komórki tkanki naczyniowej, *m* — komórki miękiszu, — Według H a b e r l a n d t a.

które — jak zobaczymy poniżej — jest bardzo duże. W tej akcji ssania biorą udział także żywe komórki w łodydze i nawet w korzeniu. Są one tym bardziej rozdęte, im bliżej znajdują się źródła wody w glebie i przeto działają słabiej, bo przeszkadza temu błona komórkowa, która w miarę coraz większego napięcia ciśnienia protoplazmę coraz silniej i coraz bardziej równoważy ciśnienie osmotyczne.

połączenie stopniowo staje się coraz cieńsze i w chwili oderwania się kropli jest bardzo cienkie. Wtedy oddzielają się od siebie pod ciężarem kropli cząsteczki wody, ale tylko bardzo nieliczne, gdyż wszystkie inne przesunęły się do kropli lub do cieczy we flaszce.

Ze słupa wody w tkance naczyniowej przylegające do niej żywe komórki liści wyciągają wodę. Komórki te skutkiem wyparowywania zawierają stosunkowo mało wody i nie są zbyt rozdęte działaniem ciśnienia osmotycznego. Mogą one jeszcze rozszerzyć się i wciągać wodę. Muszą przy tym przewyciężyć jej napięcie, co im umożliwia działające w nich ciśnienie osmotyczne,



Siła ssąca komórek jest przeto największa w komórkach górnych liści i może nawet dorównywać wielkości ciśnienia osmotycznego, jeżeli komórki skutkiem silnego wyparowywania nie są wcale wzdęte.

Wobec ważnej roli odgrywanej przez ciśnienie osmotyczne w roślinach trzeba umieć je mierzyć. Najprostszy sposób polega na zbadaniu soku komórkowego, bo — jak widzieliśmy — ciśnienie osmotyczne jest proporcjonalne do stężenia roztworu. W tym celu wyciska się sok z rośliny. Idzie to z trudnością, dopóki komórki są żywe. Ale wystarczy je zabić przez zamrażanie lub ogrzewanie do  $100^{\circ}$ , aby można było wycisnąć sok np. za pomocą imadła ślusarskiego. Jeżeli teraz otrzymany w ten sposób sok będziemy zamrażali, stwierdzimy, że krzepnie on nie przy  $0^{\circ}$  C, jak czysta woda, lecz przy temperaturze trochę niższej. To obniżenie punktu krzepnięcia, spowodowane przez obecność rozpuszczalnych substancji, jest proporcjonalne do stężenia roztworu, a zatem i do ciśnienia osmotycznego. Pomiary wykazały, że obniżeniu punktu krzepnięcia o jeden stopień odpowiada ciśnienie osmotyczne 12 atmosfer. Na tej zasadzie nie trudno jest obliczyć wielkość tego ciśnienia.

Przeprowadzone tą metodą pomiary dały wynik zdumiewający: dla jesionu otrzymano 22 atmosfery, dla świerka 19, lipy i jodły 18, sosny i modrzewia 17, dębu 15 — 17, buka 15. Rośliny zielne dały mniejsze wartości: trawa kupkówka (*Dactylis glomerata*) 13 atmosfer, czerwona koniczyna i kapusta 11, słonecznik 10, ziemniak, burak i ogórek 8, pomidor 7. Są to wszystko ciśnienia ogromne, nawet jeśli weźmiemy najmniejsze z nich, podane w tym wykazie dla pomidora — trzeba mocnych kotłów parowych, by je wytrzymały. A tu mają one działać za pośrednictwem wiotkiej, galaretowatej protoplazmy na cienką błonę z celulozy! Jak może ona je wytrzymać? Otóż błona ta pękłaby na pewno, gdyby była wielkości kotła, a nawet mniejszej. Tymczasem wymiary komórek roślinnych wynoszą zaledwie kilka setnych milimetra i to je ratuje. Dzięki swoim małym wymiarom błona komórkowa ma dużą powierzchnię w porównaniu do objętości, a warstewka powierzchniowa jest o wiele mocniejsza od głębszych warstw. Dzieje się to



dlatego, że drobiny, z których ona się składa, nie tylko przyciągają się wzajemnie, ale nadto są przyciągane przez głębiej położone, są przeto mocniej stłoczone aniżeli w głębi ciała. Ujawnia się to między innymi w fackie znanym z techniki, że lina złożona z drutów jest mocniejsza od drążka zawierającego taką samą masę metalu. Tak się tłumaczy ten dziwny fakt, że komórki roślinne mogą wytrzymać ciśnienie 20 i więcej atmosfer.

Tak wielkie ciśnienie dają odpowiednio wielkie siły ssące: 20 atmosfer wystarcza do utrzymania słupa wody wysokości 200 m. Tak wysokie nie są nawet najwyższe drzewa. Naturalnie chodzi tu nie tylko o utrzymanie słupów wody, lecz jeszcze o przewyciężenie oporów, które musi przewyciężyć woda podnosząca się w roślinie. Ale i na to też wystarczy tych sił ssących.

Mówiliśmy dotychczas o pobieraniu wody przez rośliny i o rozprowadzaniu jej po wszystkich jej częściach, w szczególności do liści. Z nich woda wyparowuje i do nich musi być ciągle doprowadzana. Może się przy tym zdarzyć, że wyparowuje jej więcej, niż dopłynie. Zawartość wody w komórkach zmniejszy się wtedy, co może pociągnąć za sobą zwiędnięcie albo nawet uschnięcie rośliny. Trzeba wobec tego rozpatrzeć bliżej zjawisko wyparowywania wody, czyli tzw. *t r a n s p i r a c j ę*.

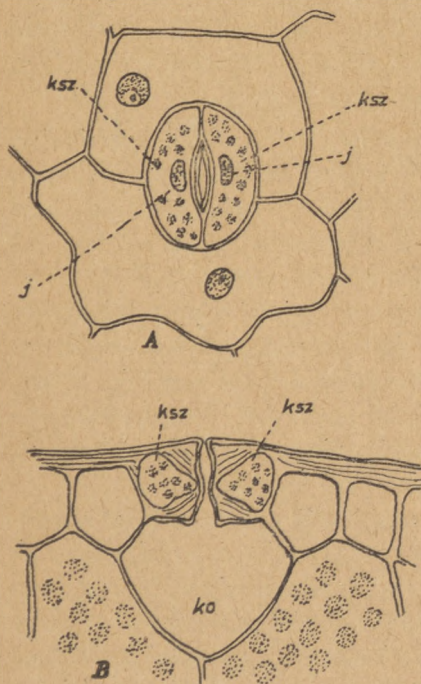
Przede wszystkim po co używać specjalnego terminu *t r a n s p i r a c j a*, zamiast mówić po prostu o *p a r o w a n i u*? Otóż jeśli chodzi o parowanie u niższych roślin lądowych — u mchów, porostów — osobny termin jest zbyteczny. Woda u nich wyparowuje z powierzchni, tak jak z ciał martwych, jak dajmy na to, ze zwilżonej bibuły czy gąbki. Inaczej u roślin wyższych — paprotników i nasiennych. U nich para wodna uchodzi nie tylko z powierzchni, ale i z wnętrza.

Komórki bowiem w wielu miejscach odstają i tworzą się między nimi przestwory międzykomórkowe, o których już była mowa (ryc. 3). Te przestwory komunikują się ze sobą stanowiąc pewnego rodzaju system wentylacyjny. Gromadzi się w nich para wodna wytwarzana przez wodę, którą nasiąknięte są błony komórkowe. Para ta uchodzi na zewnątrz przez szparyki oddychowe, małe otworki w skórce pokrywającej



liście i łodygę rośliny. Powoduje to — jak zaraz zobaczymy — daleko idące komplikacje w tym tak prostym zjawisku, którym jest parowanie. Stąd konieczność użycia osobnego terminu — **t r a n s p i r a c j a**.

Szparki oddechowe tworzą się skutkiem częściowego odłącza-



Ryc. 11. Skórka z jedną ze szpa-  
rek oddechowych w widoku (A)  
i w przekroju (B); *ksz* — komór-  
ki szparkowe, *j* — jądra, *ko* —  
komora oddechowa. — Według  
K n y.

nia się dwóch półeliptycznego kształtu komórek skórki, tzw. k o m ó r e k s z p a r k o w y c h (ryc. 11) Komórki te mają nie tylko kształt odmienny od zwykłych komórek skórki, ale i odmienną budowę. Są one opatrzone ciałkami zieleni, których poza tym w skórcie nie ma W tych ciałkach gromadzi się skrobia wytwarzana w dzień z dwutlenku węgla i wody. Błona ich jest zgrubiała po stronie szparki, natomiast u zwykłych komórek skórki zgrubiała jest błona zewnętrzna. Wspomniane zgrubienia pociągają za sobą ten skutek, że jeśli komórki szparkowe zostaną rozdęte, wyginają się i szparka się rozszerza. Jeśli zaś skurczą się, to się wyprostowują i szparka zostaje zwężona albo całkowicie się zamyka.

Otóż rano pod działaniem promieni słonecznych skrobia w komórkach szparkowych zostaje przemieniona w cukier granowy, który rozpuszcza się w soku komórkowym. Ciśnienie osmotyczne



powiększa się wskutek tego, komórki zostają rozdęte i wyginają się powodując otwarcie szparki, która w nocy jest zamknięta. Szparki mogą pozostawać przez cały dzień otwarte, jak to się dzieje u ziemniaka. Częściej jednak się zdarza, że w gorących godzinach szparki zamykają się, gdyż komórki szparkowe, pomimo dużego ciśnienia osmotycznego, kurczą się skutkiem ubytku wody. Pod wieczór, kiedy zawartość wody wzrasta skutkiem osłabienia parowania, szparki mogą otworzyć się znowu. Na noc zamykają się ostatecznie, gdyż cukier przemienia się w skrobię, co pociąga za sobą zmniejszenie ciśnienia osmotycznego.

Przez szparki oddechowe, pomimo ich małych rozmiarów, uchodzi z rośliny dużo pary wodnej, gdyż są one gęsto rozsiane: np. u rzepy na 1 milimetr kwadratowy powierzchni liści przypada ich około 700! A do tego para w przestworach międzykomórkowych jest bardzo zgęszczona, bo błony wewnętrznych komórek są silnie nasiąknięte wodą. Natomiast o wiele mniej pary uchodzi ze skórki, gdyż jej zewnętrzna błona jest słabo nasiąknięta wodą: zewnętrzna bowiem warstwa tej błony, tzw. n a b ł o n e k, składa się z k u t y n y, substancji podobnej do wosku i przeto słabo nasiąkliwej, a ponadto kutyna przenika jeszcze w głąb błony do warstw złożonych z nasiąkliwych węglowodanów.

Trzeba zatem rozróżnić w transpiracji dwie części: stosunkowo słabą, a przy grubszym nabłonku nawet bardzo słabą, transpirację n a b ł o n k o w ą i o wiele silniejszą transpirację s z p a r k o w ą. Prócz natężenia parowania zachodzi między tymi dwoma rodzajami transpiracji jeszcze inna bardzo ważna różnica. W tych samych warunkach, przy tej samej temperaturze i wilgotności powietrza, natężenie transpiracji nabłonkowej jest niezmienne. Natomiast transpiracja szparkowa może się zmieniać w szerokich granicach zależnie od rozwartości szparek. Jak już widzieliśmy, jeżeli roślina cierpi na brak wody, szparki zwężają się albo nawet zamykają, przez co transpiracja szparkowa słabnie albo też ustaje zupełnie. Roślina może w ten sposób bronić się przed nadmierną utratą wody przez transpirację.

Transpiracja oczywiście zmienia się zależnie od warunków otoczenia. Najsilniejszy wpływ wywiera temperatura: transpira-



cja wzmacnia się silnie wraz z podniesieniem temperatury. Każdy wie, o ile prędzej schnie bielizna w lecie niż w zimie. Trzeba przy tym mieć na uwadze nie tyle temperaturę powietrza, ile temperaturę samej rośliny. Wprawdzie temperatura roślin nie odbiega na ogół zbytnio od temperatury powietrza, ale w słońcu mogą one rozgrzewać się o 5 — 10° ponad nią, jeśli wiatr ich nie chłodzi. Grube pędy kaktusów mogą się ogrzać nawet o 20°. Tylko w cieniu rośliny mają taką samą temperaturę, jak powietrze. Naturalnie rozgrzewanie roślin przez słońce wzmacnia transpirację.

Słabszy jest na ogół wpływ wilgotności powietrza na transpirację. Oczywiście słabnie ona przy zwiększeniu wilgotności powietrza i ustaje zupełnie, jeżeli powietrze jest nasycone parą wodną.

Światło wywiera wpływ podwójny. Z jednej strony promienie słońca padające na roślinę rozgrzewają ją, z drugiej zaś strony powodują rozwarcie szparek oddechowych, jeśli zawartość wody w komórkach nie jest zbyt mała. I w jednym, i w drugim przypadku transpiracja się wzmacnia.

Dalej, w górach zmniejszenie ciśnienia powietrza powoduje przyspieszenie transpiracji, bo cząsteczki pary mogą rozpraszać się łatwiej w rozrzedzonym powietrzu niż w bardziej zgęszczonym.

Wreszcie wiatr przyspiesza transpirację, ale tylko nablonkowaną. Może się to wydać dziwne, ale tak jest. Przyczyną są małe rozmiary szparek. Są one tak małe, że nieznaczne ruchy i wiry powietrza, które zachodzą w spokojnym powietrzu, działają równie silnie, jak masowe ruchy powietrza zwane wiatrem. Przy rozpatrywaniu zjawisk fizycznych trzeba w ogóle zwracać baczną uwagę na skalę, w jakiej się one odbywają. Spotkał się z tym już przy rozpatrywaniu ciśnienia osmotycznego: błona komórkowa wytrzymuje ciśnienie 20 i więcej atmosfer, przy którym kocioł ze ściankami tej grubości rozleciałby się w kawałki.

Rozpatrzyliśmy w ten sposób podstawowe zjawiska gospodarki wodnej u roślin wyższych: zaopatrywanie się w wodę i jej straty. Rośliny muszą pokrywać te straty, w przeciwnym razie usychają i giną. Przejściowo mogą one dopuścić do znacznego nawet ubytku wody w swoich komórkach. Stwierdzono, że w upalne dni w południowych godzinach zawartość wody w liściach zmniejsza się



u wielu roślin nawet o 40% w porównaniu z zawartością w nocy. Ale rośliny wyższe, oprócz nielicznych wyjątków, nie mogą przetrzymać s'lnego wysychania tak, jak to potrafią mchy i porosty.

Zdolność do utrzymywania należytej zawartości wody w komórkach jest u omawianych roślin bardzo różna. Jedne z nich potrafią czynić to w warunkach bardzo trudnych, nawet na pustyniach, inne są znowu bardzo wrażliwe na suszę. Bronią się one przed uschnięciem w różny sposób: jedne przez osłabienie transpiracji, inne przez energiczne pobieranie wody. Chodzi tu o różnice, które przeważnie nie ujawniają się w cechach morfologicznych — w kształcie i budowie, lecz polegają na różnym wykonywaniu czynności życiowych. Chodzi o cechy fizjologiczne, których przykładem mogą być przytoczone wyżej różnice w pobieraniu wody przez korzenie w różnej temperaturze. Na tych cechach będzie oparty podział roślin na typy ekologiczne, do którego przystąpimy po rozpatrzeniu wszystkich ważniejszych czynności życiowych roślin. Już teraz można podać dwa typy tego rodzaju: *ksero fity*, które są bardzo wytrzymałe na suszę, i *higro fity*, słabo wytrzymałe.



## R o z d z i a ł I I

### GOSPODARKA ŻYWNOSCIOWA

Rośliny, tak samo jak zwierzęta, muszą się odżywiać. Są im do tego potrzebne głównie substancje organiczne, złożone z węgla, wodoru, tlenu i ewentualnie z innych jeszcze pierwiastków. Substancje te służą do dwóch celów: z jednej strony konieczne są do budowy ciała roślin, które prócz wody nieomal w całości z nich się składa, z drugiej zaś strony dostarczają roślinom energii potrzebnej do życia. Zawierają one bowiem duże ilości ukrytej energii chemicznej, która przy utlenianiu ich albo przy rozkładzie w procesach oddychania i fermentacji jest uwalniana i służy do wykonywania ich czynności życiowych.

Odkładając do następnego rozdziału zagadnienia energetyczne zajmiemy się tu produkcją masy organicznej. Pod tym względem rośliny dzielą się na dwie grupy: s a m o ż y w n e i c u d z o ż y w n e. Pierwsze same produkują substancje organiczne na swoje potrzeby — z dwutlenku węgla i wody — i są niezależne od innych istot żyjących. Większość z nich można poznać od razu po ich zielonej barwie. Natomiast rośliny cudzożywne tej zdolności nie mają i muszą pobierać gotowe substancje od innych roślin albo zwierząt. Są one pod względem odżywiania podobne do zwierząt. Przymiotniki „samożywny” i „cudzożywny” trafnie określają tę różnicę. P f e f f e r przyrównał rośliny samożywne do fabrykanta cukru, który żywi się cukrem z własnej fabryki,

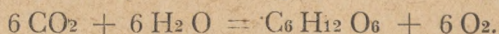


a cudzożywne — do „szarego” człowieka, który zmuszony jest kupować cukier w sklepach.

Zajmiemy się najpierw roślinami samożywymi, które stanowią podstawę życia na Ziemi. Jak już powiedziałem, mają one przeważnie zieloną barwę. Przyczyną jej jest zielony barwnik — chlorofil — który łatwo daje się z nich wypłukać alkoholem. Nasuwa się od razu pytanie, do czego jest on potrzebny przy produkcji substancji organicznych. Otoż produkcja ta wymaga zużycia energii. Widać to z tego, że jeżeli ogrzejemy silnie cukier, który roślina wytwarza z dwutlenku węgla i wody, to spala się on dając z powrotem te dwie substancje i wydzielając dużo energii w formie ciepła: 4 tysiące kalorii gramowych na każdy gram cukru. Tyle energii nagromadziło się w cukrze. Energia zaś nie może się wziąć z niczego, potrzebne jest odpowiednie źródło. Tym źródłem jest światło, a chlorofil pochłaniając je umożliwia jego wyzyskanie.

Są pewne rośliny samozywne, które przy produkcji substancji organicznych korzystają z innego źródła, mianowicie z energii chemicznej. Jest ich niewiele — tylko niektóre bakterie tak żyją: siarkowe ze źródeł siarczanych, glebowe nitryfikacyjne i niektóre inne. Przez utlenianie uwalniają one energię chemiczną z pewnych substancji: siarkowe z siarkowodoru, nitryfikacyjne z amoniaku itp. W ten sposób np. bakterie siarczane uzyskują z jednego grama siarkowodoru 6 tysięcy gramowych kalorii energii. Takie rośliny można nazwać samożywymi bez zieleniowymi, w przeciwieństwie do poprzednio omówionych — samożywnych zielonych.

Rozpatrzmy bliżej produkcję substancji organicznych u roślin zielonych. Odbywa się ona według równania chemicznego:



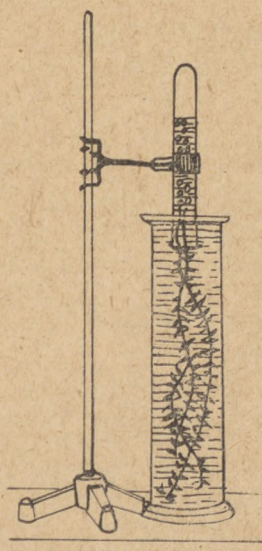
Z początku tworzy się prosty cukier  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  — glukoza albo fruktoza — i tlen. Tlen wydziela się z rośliny i według jego ilości można określić wydajność tego procesu, który na podstawie powszechnie przyjętej terminologii będziemy nazywali przyswajaniem dwutlenku węgla. W ogóle przyswajaniem albo inaczej asymilacją nazywa się przerabianie pobranych z oto-



czenia pokarmów na substancje potrzebne roślinie. Trzeba przy tym mieć na uwadze, że tlen nie wydziela się z rośliny całkowicie. Pewna jego część, niewielka zresztą, zostaje zużyta w procesie oddychania, który odbywa się stale. Najprostszy sposób wykazania asymilacji dwutlenku węgla polega na użyciu roślin wodnych takich, jak moczarka (*Elodea canadensis*). Na świetle wydziela się z nich tlen zmieszany z azotem w formie pęcherzyków (ryc. 12). Ponieważ te pęcherzyki są mniej więcej jednakowej objętości, liczba ich jest dobrym wskaźnikiem natężenia asymilacji dwutlenku węgla.

Za miarę natężenia tej asymilacji może także służyć ilość pochłoniętego z otoczenia dwutlenku węgla. Można wreszcie mierzyć natężenie omawianej czynności rośliny ilością wytworzonego cukru. W tym celu z jednej strony głównego nerwu liścia wycina się kawałek określonej powierzchni, a po pewnym czasie z drugiej strony kawałek takiej samej wielkości. Jeden i drugi waży się dokładnie po wysuszeniu. Waga drugiego będzie większa niż pierwszego i przyrost poucza nas o natężeniu asymilacji. Trzeba jeszcze do tego dodać cukier odprowadzony z liścia do innych części rośliny, jeżeli liść nie był odcięty. Wreszcie, jak zawsze, trzeba wziąć pod uwagę zużycie przy oddychaniu. Bez tej ostatniej poprawki będziemy mieli tylko asymilację pozorną, która jednak i tak jest cenna, bo podaje nam „czysty” przybytek substancji organicznych uzyskanych przez roślinę, analogicznie do „czystego” zysku w przedsiębiorstwach.

Stosując te metody stwierdzono wiele ciekawych faktów. Przede wszystkim okazało się, że charakter światła nie jest rzeczą



Ryc 12. Urządzenie do pokazania, jak tlen wydziela się z zielonej rośliny podczas przyswajania dwutlenku węgla.



obojętną. Jak wiadomo, światło składa się z promieni rozmaitej barwy, różniących się długością fali. Najkrótszą falę — około  $0,4 \mu$  ( $\mu$  oznacza tysięczną część milimetra) — mają promienie fioletowe, najdłuższą — około  $0,8 \mu$  — czerwone. Otóż z doświadczeń B r i g g s a nad fasolą, przy których poprawka na oddychanie była wzięta pod uwagę, wynika, że wydajność asymilacji wzrasta wraz z długością fali. Wyniki jego są zestawione w tabeli I. Energia promieniowania jest w niej podana w kaloriach gramowych na godzinę i  $100 \text{ cm}^2$  powierzchni liści. Natężenie asymilacji było mierzone według ilości wydzielonego tlenu, przyjmując, że na jeden centymetr sześcienny tlenu przypada 5 cal energii. Widzimy, że zużycie energii świetlnej podwaja się przy przejściu od promieni błękitnych do czerwonych.

**T a b e l a I**

Rodzaj promieni	Długość fali w $\mu$	Część energii promieni- stej użytej w asymilacji
błękitne	0,43 — 0,51	14,9 %
zielone	0,51 — 0,56	10,3 %
żółtoczerwone	0,57 — 0,64	7,5 %

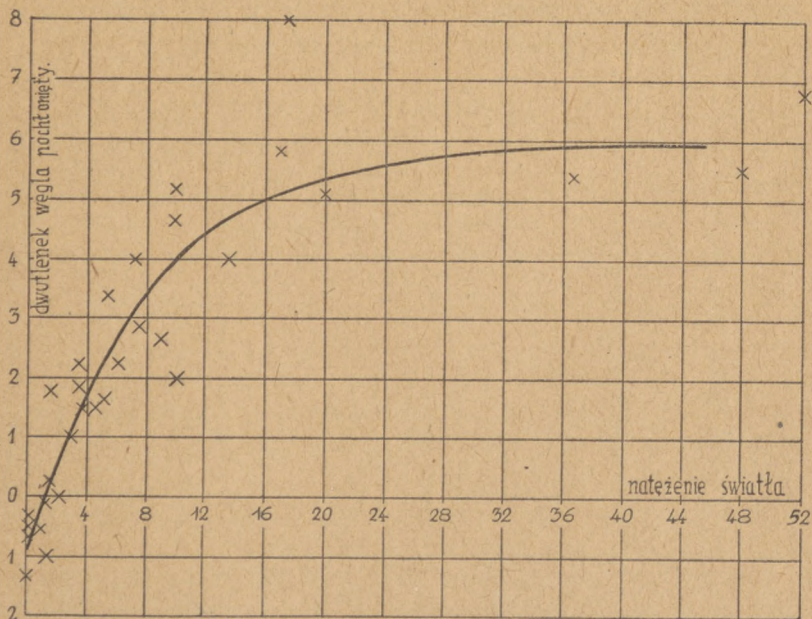
Roślina w tych doświadczeniach wyzyskała w znacznym stopniu przypadającą na nią energię świetlną. Trzeba mianowicie wziąć pod uwagę, że tylko pochłonięta przez chlorofil energia jest czynna w procesie asymilacji. Tymczasem liście odbijają około 25% światła, a nadto część jego przechodzi przez liść nie pochłonięta.

Nie zawsze jednak tak jest. B r i g g s wykonywał swoje doświadczenia przy sztucznym świetle. Do doświadczeń tych użyta była 1500-watowa lampa osramowa, z której na liść padał strumień energii wynoszący zaledwie 0,04 cal na minutę i na kwadratowy centymetr powierzchni liścia. Światło w przyrodzie jest zwykle o wiele silniejsze. Można o tym sądzić z następujących danych: w środkowej Europie w południe pogodnych dni maja i czerwca do  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni ziemi dochodzi średnio 1,45 cal energii słonecznej. Z tego około 40% przypada na świa-



tło. Energia świetlna wypada zatem w natężeniu około 0,58 cal/min cm<sup>2</sup>, a więc jest kilkanaście razy silniejsza niż w doświadczeniach B r i g g s a. Tymczasem stopień użytkowania energii świetlnej zmniejsza się znacznie wraz ze zwiększeniem siły światła.

Rozpatrzmy te zjawiska bliżej. Weźmy za podstawę doświadczenia B o y s e n - J e n s e n a nad gorczycą. Badacz ten używał światła białego, to znaczy mieszaniny różnych rodzajów promieni świetlnych, i mierzył jego natężenie nie w kaloriach, lecz w jednostkach B u n s e n a, opartych na zjawisku czernienia papieru fotograficznego. Natężenie asymilacji było oceniane według ilości pochłanianego dwutlenku węgla bez uwzględnienia oddychania. Jak widać na ryc. 13, przy bardzo słabym świetle dwutlenek wę-



Ryc. 13. Pochłanianie dwutlenku węgla przez liście gorczycy w mg na godzinę i na 50 cm<sup>2</sup> liścia w zależności od siły światła. Przy słabym świetle dwutlenek węgla wydzielają zamiast tego, żeby być pochłanianym. — Według B o y s e n - J e n s e n a.



gła nie tylko nie był pochłaniany, lecz przeciwnie, wydzielał się z rośliny, gdyż ona więcej go wytwarzała przy oddychaniu, aniżeli spożywała. Tak jest zawsze przy słabym świetle.

Wyniki poszczególnych pomiarów są na rycinie oznaczone krzyżykami. Są one, jak zawsze w podobnych doświadczeniach, rozrzucone skutkiem nie dających się usunąć przypadkowych wpływów. Linia ciągła zaznacza ogólny związek między siłą światła a natężeniem asymilacji. Według niej można ułożyć tabelę II, w której są zestawione siły światła i odpowiadające im ilości pochłanianego dwutlenku węgla. Dla charakterystyki natężenia asymilacji do tych ilości trzeba by dodać dwutlenek węgla wytwarzany przez oddychanie i także użytkowany przez roślinę. Nie stanowi to jednak poważniejszej przeszkody w traktowaniu zajmującego nas zagadnienia, gdyż wszystkie doświadczenia były wykonane przy tej samej temperaturze i przez to ilości wytwarzanego przez roślinę dwutlenku węgla były takie same.

**T a b e l a   I I**

Ilość światła <i>a</i>	Ilość pochłoniętego dwutlenku węgla <i>b</i>	Stosunek $\frac{b}{a}$
4	1,8	0,45
8	3,5	0,44
12	4,4	0,37
16	5,1	0,32
20	5,4	0,27
24	5,6	0,23
28	5,7	0,20
32	5,8	0,18
36	5,9	0,16
40	5,9	0,15
44	5,9	0,13

Z pierwszych dwóch kolumn tabeli II jest widoczne, że równym przyrostom siły światła odpowiadają coraz mniejsze przyrosty pochłanianego dwutlenku węgla, a począwszy od siły światła 36 natężenie asymilacji pozostaje bez zmiany (zob. tab. III). Stopień wyzyskania energii świetlnej staje się przez to coraz słabszy, co się uwidoczni w coraz mniejszych wartościach stosunku dwu-



tlenku węgla do siły światła (trzecia kolumna tabeli II). To samo można ująć inaczej. Mianowicie można powiedzieć, że roślina tym lepiej wyzyskuje energię świetlną, którą ma do dyspozycji, im jej ma mniej. Jest to niewątpliwie dla niej korzystne.

T a b e l a III

Przyrosty siły światła	Przyrosty dwutlenku węgla
Od 4 do 8	1,7
" 8 " 12	0,9
" 12 " 16	0,7
" 16 " 20	0,3
" 20 " 24	0,2
" 24 " 28	0,1
" 28 " 32	0,1
" 32 " 36	0,1
" 36 " 40	0,0
" 40 " 44	0,0

Z powyższego wynika, że tylko w lasach, gdzie światło jest bardzo osłabione, wyzyskanie energii świetlnej przez rośliny jest tak duże, jak to wynika z doświadczeń B r i g g s a. Na miejscach otwartych, według innych doświadczeń, wynosi ono średnio około 6%.

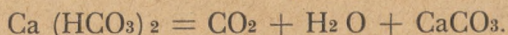
Z kolei trzeba rozpatrzeć źródła dwutlenku węgla, tego podstawowego pokarmu roślin. Dostarczany przez niego węgiel stanowi bowiem około połowy ich suchej masy. Zasoby dwutlenku węgla na kuli ziemskiej są olbrzymie. Są one oceniane na 15 960 milionów ton w morzach i 2 100 milionów ton w atmosferze. Morza zawierają zatem 7 razy więcej tego gazu niż atmosfera. Nadto chłoną go one nieustannie. Według obserwacji K r o g h a, wykonanych na północnym Oceanie Atlantyckim, metr kwadratowy morza pochłania w ciągu godziny około 6 cm<sup>3</sup> dwutlenku węgla, czyli około 0,012 g. Należy co prawda zaznaczyć, że na morzach ciepłych może być inaczej, ale nie było to jeszcze badane. W każdym razie roślinność lądowa, pobierająca dwutlenek węgla z powietrza, może być zagrożona. Trzeba tu jeszcze wziąć pod uwagę ciągły ubytek dwutlenku węgla powodowany przez procesy



wietrzenia chemicznego skał, w których dwutlenek węgla wypiera kwas krzemowy, zajmując jego miejsce i tworząc węglany. Są jednak także procesy dostarczające tego niezbędnego dla roślin pokarmu. Dostarcza go oddychanie zwierząt i wszelkiego rodzaju piece. Nadto wydziela się on z gleby, gdzie się tworzy w procesach oddychania i fermentacji mikroorganizmów. To tzw. oddychanie glebowe dostarcza średnio 0,4 g dwutlenku węgla na godzinę z metra kwadratowego powierzchni gleby. Wreszcie dwutlenek węgla wydobywa się z wulkanów w ilościach nie dających się określić.

Pomiary zawartości dwutlenku węgla, wykonywane już od stu z górą lat, nie wykazały jednak żadnej istotnej zmiany. Widocznie ubytek tego niezbędnego dla roślin pokarmu równoważy się w jakiś sposób z przybytkiem. Zmiany są jednak możliwe, jakkolwiek muszą być bardzo powolne.

Wyzyskanie zasobów dwutlenku węgla przez rośliny jest bardzo utrudnione skutkiem ogromnego jego rozcieńczenia: powietrze zawiera średnio około 0,03% tego gazu według objętości, co daje koncentrację około 1/2 grama na metr sześcienny. W wodach ta koncentracja jest większa. Wynosi ona w morzu 22 g na 1 m<sup>3</sup>. W Jeziorze Bodeńskim znaleziono 30 — 32 g. Te liczby obejmują dwutlenek węgla przyswajalny, a więc w całości wolny i połowę związanego w kwaśnych solach. Mianowicie sole kwaśne łatwo oddają połowę swojego dwutlenku węgla według równania typu:



Natomiast związek ten, zawarty w solach obojętnych, takich jak CaCO<sub>3</sub>, nie może być przyswajany przez rośliny.

Rozpatrzmy dokładniej koncentrację dwutlenku węgla w powietrzu. Ulega ona niewielkim, ale ciągłym wahaniom. W nocy podczas spokojnej pogody koncentracja tego gazu jest większa aniżeli w dzień, np., według pomiarów wykonanych pod moim kierunkiem na torfowisku Czemerne pod Sarnami 1 sierpnia 1930 r. o wschodzie słońca po spokojnej nocy, koncentracja wyniosła 0,92 g/m<sup>3</sup> na wysokości 225 cm na ziemią i 1,20 g/m<sup>3</sup> na wysokości 5 cm; tymczasem tego samego dnia o godzinie 10,45



przy wietrze 2,8 m/sek wymierzonym na wysokości 2 m obie wartości obniżyły się do 0,59 g/m<sup>3</sup>. Przyczyna jest nietrudna do ustalenia. W nocy wydobywający się z gleby dwutlenek węgla nie jest przyswajany przez rośliny. Gromadzi się więc przy powierzchni gleby i stopniowo przenika do coraz wyższych warstw, jeśli wiatr go nie rozproszy. Toteż na podstawie pomiaru wykonanego na Czernem o świcie dnia 21 września, gdy szybkość wiatru na wysokości 2 m wynosiła 1,9 m/sek, stwierdzono, że koncentracja dwutlenku węgla na poziomie 10 cm wyniosła tylko 0,60 g/m<sup>3</sup>, tj. prawie tyle, co o godzinie 10,45, kiedy przy wietrze 2,7 m/sek. okazała się równa 0,59 g/m<sup>3</sup>.

Jeżeli chodzi o wpływ wiatru, to bardzo ciekawe dane otrzymał S e l a n d e r w okolicach Sztokholmu. Mianowicie przy wiatrach przychodzących z morza powietrze zawiera mniej dwutlenku węgla (ryc. 14). Pochodzi to oczywiście z pochłaniania go przez wodę morską.

W kierunku pionowym występują różnice tylko w lasach, gdzie drzewa osłabiają działanie wiatru. Na przykład G u t obserwował w lesie bukowym w okolicach Zurychu o godzinie 12 w południe wartości zestawione w tabeli IV.

Z tej tabeli widoczny jest spadek koncentracji dwutlenku węgla w koronach drzew, gdzie jest on spożywany przez liście. W górnych częściach koron jest inaczej, bo wiatr przynosi tam świeże powietrze z większą zawartością tego gazu. Byłoby ciekawe zbadać te zjawiska w gęstych lasach tropikalnych, ale poza Euro-



Ryc. 14. Zależność koncentracji dwutlenku węgla (%) w powietrzu od kierunku wiatru w okolicy Sztokholmu. — Według pomiarów S e l a n d e r a.



### T a b e l a   I V

Koncentracja dwutlenku węgla na różnej wysokości w lesie  
bukowym

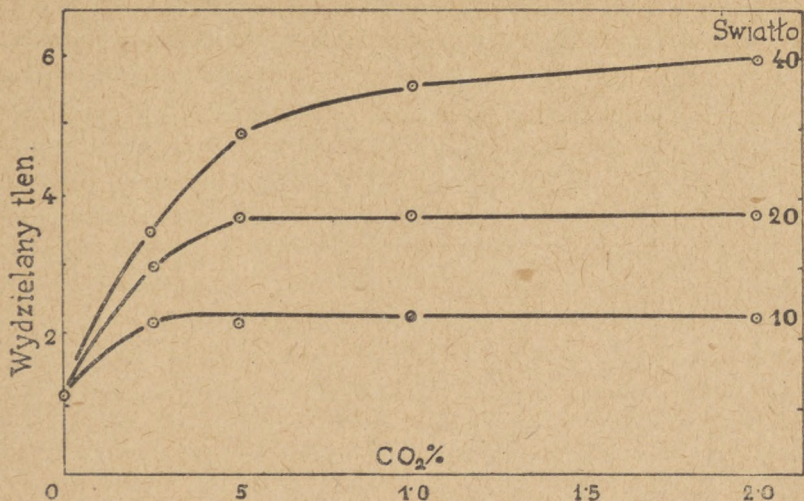
Wysokość m	Koncentracja ‰
29	0,025
26	25
18	18
10	17
5	23
1	22
0	25

pą wykonywano mało pomiarów. Wiadomo tylko, że koncentracja dwutlenku węgla na półkuli południowej jest nieco mniejsza niż na północnej, mianowicie wynosi, według Mü n t z a i A u b i n a, 0,0272% zamiast 0,0282%. Przyczyną tego jest większa powierzchnia mórz na półkuli południowej.

Zobaczmy teraz, jak rośliny spożywają dwutlenek węgla. Będziemy tu mieli podobne zjawisko, jak w użytkowaniu energii świetlnej. Im mniej dwutlenku węgla zawiera powietrze, tym większa jego część jest przyswajana. Wypływa to z doświadczeń J a m e s a nad wodnym mchem *Fontinalis*. Jak to widać z wykresu na ryc. 15, zależność natężenia asymilacji od koncentracji dwutlenku węgla przedstawia się w postaci krzywej podobnej do krzywej dla natężenia światła (ryc. 13). Wznosi się ona z początku dość stromo, potem coraz bardziej połogo i dalej idzie równoległe do osi odciętych, na której są zaznaczone wartości koncentracji dwutlenku węgla.

Te doświadczenia dają coś więcej. Były one wykonane przy różnej sile światła. Zależność natężenia asymilacji od koncentracji dwutlenku węgla zachowała przy tym ten sam charakter, ale wyzyskanie tego pokarmu było tym bardziej wydajne, im oświetlenie było silniejsze. Wiodocznie światło, jeśli jest słabe, może hamować, może ograniczać spożywanie dwutlenku węgla. Jest to fakt bardzo ważny, natury ogólniejszej: każdy czynnik wpływający na natężenie asymilacji może pomniejszać sprzyjający wpływ





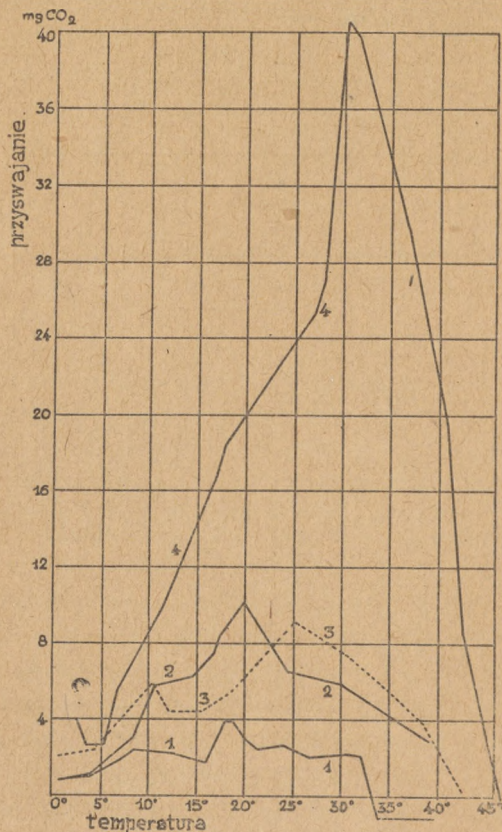
Ryc. 15. Zależność przyswajania dwutlenku węgla od jego koncentracji uwidoczniła według ilości wydzielonego tlenu u wodnego mchu *Fontinalis* przy różnym oświetleniu. — Według *J a m e s a*.

każdego innego czynnika, jeżeli jest w wymiarze słabym. Tak jest m. in. z omówionym już wpływem światła. Silniejsze światło wzmagą asymilację do pewnej granicy, która nie jest stała, lecz zależy od działania innych czynników. Na przykład gdyby doświadczenia *Boysen-Jensena* odbywały się przy większej koncentracji dwutlenku węgla, korzystny wpływ silniejszego światła byłby bardziej wydatny: krzywa na wykresie wzniosłaby się wyżej. Mamy tu do czynienia z niezmiernie ważnym ogólnym prawem minimum i związanym z nim pojęciem czynników ograniczających.

Rolę takiego czynnika może także odgrywać temperatura. Przy wyższej temperaturze roślina lepiej wyzyskuje energię świetlną, spożywa wydatniej dostępny dla niej dwutlenek węgla. Zachodzi tu jednak bardzo ważna różnica: sprzyjający wpływ temperatury ustaje przy zbyt silnym jej podniesieniu. Istnieje pewna temperatura, tzw. optymalna, przy której asymilacja odbywa się najwydatniej. Przy dalszym podniesieniu temperatury



asymilacja odbywa się mniej wydatnie, aż wreszcie ustaje zupełnie. Sprzyjający wpływ temperatury może być tak samo ograniczony przez zbyt słabe światło i zbyt małą koncentrację dwutlenku węgla, jak zbyt niska temperatura może zahamować sprzyjające działanie silniejszego światła i większej koncentracji dwutlenku węgla. Pod tym względem nie ma różnicy między wymienionymi trzema czynnikami. Ilustracją tego mogą być doświadczenia nad ziemniakiem, wykonane przez L u n d e g a r d h a, przedstawione na ryc. 16. Widoczne jest z niej, że optymalna temperatura dla ziemniaka przy normalnej koncentracji dwutlenku węgla (0,03%) leży około 20° C. Dla innych roślin nie odbiega ona prawdopodobnie zbyt od tej wartości, ale nie mamy jeszcze pewnych danych w tej kwestii.



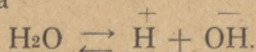
Ryc. 16. Przyswajanie pozorne dwutlenku węgla u ziemniaka w zależności od temperatury w różnych warunkach: 1) przy świetle 1/25 oświetlenia w południe i przy koncentracji dwutlenku węgla 0,03%, a więc przy koncentracji normalnej, 2) przy pełnym południowym świetle i normalnej koncentracji dwutlenku węgla 0,03%, a więc tle 1/25 i koncentracji dwutlenku węgla zwiększonej do 1,22% i 4) przy pełnym świetle i koncentracji dwutlenku węgla 1,22%. — Według L u n d e g a r d h a.



Musimy jeszcze zatrzymać się przy dwutlenku węgla. Chodzi o to, że może on być przyswojony tylko wtedy, gdy dostanie się z powietrza do ciałek zieleni. U roślin niższych (mchów i porostów) nie ma pod tym względem żadnych trudności, bo u nich wszystkie błony komórkowe są łatwo przepuszczalne. Inaczej jest u roślin wyższych — paprotników i nasiennych. Liście ich są pokryte skórką, której zewnętrzna błona jest silnie zgrubiała (zob. ryc. 11). Przez tę błonę dwutlenek węgla, będący w powietrzu w stanie silnego rozcieńczenia, może przeniknąć tylko w znikomej ilości. Jedynie przez szparki oddechowe ma on wolny dostęp do przestworów międzykomórkowych, a z nich do zielonych komórek tkanki asymilacyjnej. Widzieliśmy już (zob. rozdział I), że w południowych godzinach upalnych dni z powodu ubytku wody szparki zamykają się, co chroni roślinę przed uschnięciem. Ta korzystna reakcja rośliny ma jednak złe następstwa pod innym względem: produkcja substancji organicznych zostaje wstrzymana wtedy, kiedy panują sprzyjające warunki, kiedy jest ciepło i jasno. Asymilacja dwutlenku węgla odbywa się przeto głównie w godzinach porannych. Spośród roślin zbadanych pod tym względem tylko ziemniaki mają szparki otwarte przez cały dzień. Dlatego chyba produkują one tak dużo masy organicznej, więcej niż inne rośliny rolnicze. Według K o s t y c z e w a trawa *Aristida pennata* rosnąca w pustyni środkowo-azjatyckiej pomimo temperatury 39° nie przerywa swojej asymilacji w ciągu dnia. Niestety, zachowanie się szparek u niej nie zostało zbadane.

Jeżeli chodzi o wpływy wywierane na asymilację dwutlenku węgla przez czynniki zewnętrzne, to na tym jeszcze nie kończy się zagadnienie. Trzeba mianowicie wziąć pod uwagę także wpływ gleby. Działa on w dwojaki sposób: przez kwasowość zawartej w glebie wody i przez pokarmy, które roślina pobiera z gleby.

Trzeba tedy wyjaśnić, co to jest kwasowość wody. Jest ona powodowana przez jony wodorowe powstające skutkiem dysocjacji wody według równania



Jak widać z tego równania, powstają jednocześnie jony wodorotlenowe OH, mające ładunek nie dodatni, jak jony H, lecz uje-



mny. Woda czysta zawiera jednakową ilość jednych i drugich. Masa ich jest bardzo mała: w litrze wody masa jonów wodorowych wynosi zaledwie jedną dziesięciomilionową grama. Pomimo tego wywierają one silne działanie, bo są bardzo drobne i jest ich przeto bardzo dużo. Na litr czystej wody przypada  $6 \times 10^{16}$ , liczba olbrzymia: 60 000 000 000 000 000. Tyle samo jest jonów wodorotlenowych. Jeżeli woda zawiera domieszki, ilość jonów wodorowych zmienia się w bardzo szerokich granicach, i to w ten sposób, że ile razy zmniejszy się ilość jonów wodorowych, tyleż razy wzrasta ilość jonów wodorotlenowych, i odwrotnie. Wobec tego wystarczy podawać ilość jonów wodorowych przypadających na litr wody. Dla uproszczenia przyjmiemy, że ta ilość w czystej wodzie jest równa jedności, i będziemy podawali, ile razy jest ona większa lub mniejsza w innych przypadkach. Jeżeli kwasowość w ten sposób oznaczona jest większa od jedności, woda będzie miała reakcję kwaśną; jeżeli będzie mniejsza od jedności, reakcja będzie zasadowa. Jest zresztą inny sposób określania kwasowości, za pomocą funkcji pH, którego omawiać tu nie będę, gdyż jest dosyć zawiły.

Dla skrócenia mówi się zwykle o kwasowości gleby zamiast wody glebowej. Będziemy więc używali takiego określenia. Trzeba jednak pamiętać, że gleba sama przez się nie ma żadnej kwasowości. Gleby wykazują kwasowość bardzo różną: od 10 000 do 1/10 000. Najbardziej kwaśne są gleby torfowisk wyżynnych, w których pod działaniem mikroorganizmów przy rozkładzie resztek roślinnych powstają kwasy próchnicowe i kwas siarczany. Mniej od nich, ale również dosyć silnie kwaśne są gleby leśne skutkiem dużej zawartości kwasów próchnicowych. Zasadowe są gleby na terenach wapiennych, a najbardziej zasadowe — gleby pustynne skutkiem gromadzenia się węglanów sodu i potasu, nie wymywanych przez deszcze.

Otóż kwasowość gleby w jakiś nie zbadany dotąd sposób silnie działa na produkcję substancji organicznych przez rośliny. Działanie to jest pośrednie, bo woda glebowa działa na korzenie, gdy tymczasem substancje organiczne tworzą się w liściach. Dla



każdej rośliny można ustalić kwasowość optymalną, przy której roślina rośnie najlepiej. Przy kwasowości zarówno większej, jak i mniejszej produkcja substancji organicznych jest mniejsza, i to tym mniejsza, im bardziej kwasowość odbiega od optymalnej. Na przykład, według badań O l s e n a, starzec leśny (*Senecio silvaticus*) najlepiej rośnie przy kwasowości 1 000 (ryc. 17), natomiast podbiał (*Tussilago Farfara*) — przy kwasowości od 3 do 30.



Ryc. 17. Starzec leśny (*Senecio silvaticus*) wyrosnięty w wodnych kulturach o różnej kwasowości — Według O l s e n a.

A teraz z kolei rozpatrzmy pokarmy pobierane z gleby. Chodzi tu o pokarmy, które mają za zadanie dostarczyć roślinie niezbędnych pierwiastków oprócz węgla, wodoru i tlenu, mianowicie: azotu, siarki, fosforu i szeregu metali: potasu, wapnia, manganu i żelaza, nie licząc bardzo małych ilości boru, cynku, miedzi i manganu. Rola ich w produkcji substancji organicznych jest przeważnie nieznana.

Najlepiej znana jest rola pokarmów azotowych. Są one niezbędne do wytwarzania ciał białkowych z cukrów powstających



przy asymilacji dwutlenku węgla. Jest to najważniejsza bodaj czynność życiowa, bo ciała białkowe stanowią główny składnik żywej substancji — protoplazmy i jądra. Nie będziemy rozpatrywali, jak to się dzieje, zajmiemy się natomiast ważną kwestią ich pochodzenia. Otóż w przeciwieństwie do olbrzymich ilości wolnego azotu na kuli ziemskiej jest bardzo mało związków tego pierwiastka, który tylko bardzo opornie wchodzi w połączenia z innymi pierwiastkami. Związki jego z tlenem i wodorem powstają wprawdzie pod wpływem wyładowań elektrycznych w wysokich warstwach atmosfery, ale jest to źródło bardzo skąpe. Dostarcza ono rocznie zaledwie 1/2 kg związanego azotu na hektar, gdy roślinność potrzebuje około 50 kg. Na szczęście są pewne rośliny cudzożywne, głównie bakterie, które mają zdolność wiązania wolnego azotu. Potrzebną do tego energię zdobywają przez utlenianie lub rozkład substancji organicznych. Najważniejszym organizmem tego rodzaju jest *Azotobacter chroococcum*, bakteria żyjąca w glebie. Pracuje ona bardzo wydatnie, zużywając stosunkowo mało substancji organicznych: na 1 g utlenionego cukru przypada około 0,08 g związanego azotu. Daleko mniej wydatna jest praca innej bakterii nazwanej *Clostridium Pasteurianum*. Nie znosi ona tlenu i zdobywa energię przez rozkład, dzięki czemu na 1 g zużytego cukru przypada zaledwie 0,0025 — 0,003 g związanego azotu, czyli 30 razy mniej.

Niemale znaczenie mają również bakterie z rodzaju *Rhizobium*, nazywane inaczej *Bacillus radicolica*. Żyją one w korzeniach roślin z rodziny motylkowatych takich, jak koniczyna, oraz niektórych innych: olszy (*Alnus*), woskownicy (*Myrica*), rokitnika (*Hippophaë*) i oliwnika (*Elaeagnus*).

O wyjątkowych grzybach wiążących wolny azot będzie mowa w związku ze zjawiskami symbiozy.

Takie tedy są rośliny wiążące wolny azot, ale wiążą go one w swoich komórkach, tworząc potrzebne im ciała białkowe. Rośliny zielone muszą ten azot od nich otrzymać. Jeśli chodzi o bakterie z rodzaju *Rhizobium*, sprawa jest prosta: przekazują one bezpośrednio związki azotowe roślinie zielonej, z którą współżyją.



Gorzej jest z bakteriami wolno żyjącymi: trzeba czekać, aż zamrą. Na szczęście żyją one bardzo krótko. Wtedy zawarte w nich fermenty, już nie krępowanie życiem komórki, rozkładają złożone związki azotowe na prostsze, które przechodzą do wody glebowej. Są to przeważnie jony amonowe  $\text{NH}_3$ , które częściowo są utleniane na jony kwasu azotowego  $\text{NO}_3$  przez bakterie nitryfikacyjne. Drobne ich cząsteczki mogą z łatwością przeniknąć do komórek korzenia rośliny zielonej i zaopatrzyć ją w przyswajalny azot.

Ponadto rośliny zielone wyzyskują ciała białkowe martwych roślin wyższych i zwierząt znajdujących się w glebie w formie czarnej masy, tzw. próchnicy. Muszą jednak przy tym korzystać z pomocy bakteryj, bo ciała białkowe mają tak duże cząsteczki, że nie mogą być bezpośrednio pobrane. Bakterie rozkładają te cząsteczki na drobniejsze i umożliwiają w ten sposób ich zużytkowanie. Nie zachodzi to w glebach leśnych i torfowych, które są silnie kwaśne, bo bakterie nie znoszą silnej kwasoty i w takich glebach występują w małych ilościach. Rolę pośrednika odgrywają tam grzyby, którym kwasota sprzyja. Jak się to dzieje, rozpatrzymy w rozdziale o współżyciu roślin.

Z roślin zielonych najmniej kłopotu z uzyskiwaniem pokarmów azotowych mają mikroskopowej wielkości sinice, które same wiążą wolny azot. Są to najbardziej samożywne rośliny.

Do tego wszystkiego trzeba jeszcze dodać, że zasoby pokarmów azotowych w glebie są pomniejszane przez bakterie denitryfikacyjne, które odtleniają jony  $\text{NO}_3$  z wydzieleniem wolnego azotu. Te pokarmy, tak samo jak i inne znajdujące się w glebie, są częściowo wyługowywane przez wody deszczowe, jak o tym jeszcze będzie mowa dalej. Odżywianie azotowe roślin jest przeto bardzo skomplikowane i niepewne.

O wiele prostsze jest zaopatrywanie się roślin w inne niezbędne pierwiastki. Woda glebowa zawiera w roztworze przeróżne sole, które się wytwarzają przy wietrzeniu skał. Są one prawie całkowicie rozłożone na jony. Rośliny pobierają te jony z łatwością, bo są to cząsteczki bardzo drobne. Pobierają one przede wszystkim te jony, które zawierają potrzebne im atomy. W ten sposób



zaopatrują się z jonów kwasu siarczanego  $\text{SO}_4$  w siarkę, z jonów kwasu fosforowego  $\text{PO}_4$  w fosfor, z jonów kwasu borowego  $\text{BO}_3$  w bor. Jony K, Mg, Ca, Fe i inne bardzo nieliczne — Zn, Cu, Mn, dają im potrzebne atomy metali.

Z tych pierwiastków siarka i fosfor wchodzi oprócz azotu w skład ciał białkowych, magn — w skład chlorofilu. Rola wszystkich innych jest nieznana, ale brak ich zatrzymuje produkcję substancji organicznych. Mogą one odgrywać rolę czynników ograniczających asymilację dwutlenku węgla tak samo, jak światło czy temperatura.

Zaopatrywanie się roślin w te składniki nie napotyka w przyrodzie żadnych poważniejszych trudności, gdyż po śmierci roślin składniki te wracają do gleby. Gospodarka żywnościowa roślin „dzikich” jest pod tym względem odmienna niż roślin uprawnych. Rośliny uprawne są usuwane z pól i zawarte w nich składniki pokarmowe nie wracają na pola. Trzeba je nieustannie dodawać w formie różnego rodzaju nawozów naturalnych i sztucznych.

Jest wszakże jedna przeszkoda: oto deszcze wypłukują sole pokarmowe z gleby. Byłoby to bardzo niebezpieczne, ale pomagają tu ilaste składniki gleby przez swoje własności sorbcyjne. Mianowicie przez luźne wiązania fizyczne i chemiczne zatrzymują one jony wody glebowej hamując wymywanie, a jednocześnie przekazując te jony z łatwością roślinom. Niemniej jednak wylugowywanie przez wodę deszczową odbywa się stale, aczkolwiek powoli. Pochodzące stąd straty są pokrywane przez wietrzenie substancji ilastych, które na ogół są zwietrzałe tylko częściowo. Jedynie w krajach tropikalnych skutkiem stale panującej wysokiej temperatury i bardzo obfitych opadów wietrzenie dochodzi do ostateczności i z minerałów pozostają tylko bezużyteczne wodorotlenki glinu i żelaza, stanowiące charakterystyczną tropikalną glebę lateryt. W jaki sposób bujna roślinność tropikalna zaopatruje się w tych warunkach w potrzebne jej sole pokarmowe, nie zostało jeszcze zbadane.

Zajmowaliśmy się dotychczas wpływem czynników zewnętrznych na produkcję substancji organicznych przez rośliny zielo-



ne. Wydajność tego procesu zależy nadto od czynników wewnętrznych tkwiących w samej roślinie, mianowicie od zawartości w niej wody i od własności gatunku, do którego należy roślina.

Wydajna produkcja substancji organicznych jest możliwa oczywiście tylko przy należytych nasiąknięciu protoplazmy wodą. Rośliny wodne nie mają pod tym względem trudności. Inaczej jest z roślinami lądowymi. Doświadczenia przeprowadzone nad mchami i porostami wykazały, że asymilacja słabnie przy zmniejszeniu zawartości wody. Tak np. Plantefol otrzymał dla mchu *Hypnum triquetrum* wyniki zestawione w tabeli V.

**T a b e l a V**

Asymilacja dwutlenku węgla u *Hypnum triquetrum*

Zawartość wody w roślinie w % suchej masy	Asymilacja pozorna: cm <sup>3</sup> tlenu wydzielone w godzinę na 1 g suchej masy
215	0,493
70	0,302
41	0,057

Podobnie dzieje się prawdopodobnie z roślinami wyższymi. Trudno to jednak stwierdzić, gdyż ubytek wody powoduje zamknięcie szparek oddechowych, co powstrzymuje asymilację.

Wreszcie natężenie produkcji substancji organicznych zależy od natury rośliny. Rośliny różnych gatunków produkują w tym samym czasie i w tych samych warunkach różne ilości substancji organicznych na jednostkę powierzchni liści. Trzeba jednakże brać za podstawę równe powierzchnie, gdyż tylko wtedy dopływ energii świetlnej będzie jednakowy. Mówi się tu o zdolności asymilacyjnej roślin przeliczając produkcję na godzinę. Dla różnych gatunków wypadają bardzo różne wartości. Bardzo ciekawe pod tym względem wyniki otrzymał Arno Müller metodą połówek liściowych. Są to średnie wartości z 10-godzinnych doświadczeń. Zostały w nich uwzględnione ilości substancji orga-



nicznych zużyte przy oddychaniu oraz odprowadzone z liści do innych części rośliny (tab. VI).

**T a b e l a   V I**

Roślina	Średnia produkcja masy organicznej w gramach przeliczona na godzinę i metr kwadratowy powierzchni liści
Grzybień ( <i>Nymphaea</i> )	2,37
Lepięznik ( <i>Petasites officinalis</i> )	2,05
Słonecznik ( <i>Helianthus annuus</i> )	1,82
Banan ( <i>Musa Ensete</i> )	1,81
Tytoń ( <i>Nicotiana Tabacum</i> )	1,38
Tulipan ( <i>Tulipa</i> )	1,27
Zimowit ( <i>Colchicum autumnale</i> )	1,22
Cebula ( <i>Allium Cepa</i> )	1,20
Obuwik ( <i>Cypripedium Calceolus</i> )	0,76

Spośród roślin w tabeli VI na szczególną uwagę zasługują cztery ostatnie, należące do liliokwiatnych i storczyków. Wykazują one najmniejszą zdolność asymilacyjną, a zarazem wyróżniają się tym, że nie tworzą skrobi, która u roślin zielonych wytwarza się z cukru wyprodukowanego w ciążkach zieleni z dwutlenku węgla i wody. Ten brak skrobi nie wynika bynajmniej z niezdolności rośliny do jej tworzenia, lecz ze zbyt słabej sprawności w produkcji cukrów. Skrobia bowiem wytwarza się, jeżeli liść takiej rośliny włożyć do roztworu glukozy.

Zajmowaliśmy się dotychczas głównie roślinami lądowymi. U roślin wodnych produkcja substancji organicznych odbywa się podobnie. Są jednak pewne osobliwości, które będą omówione w rozdziale o typach ekologicznych.

Pozostaje jeszcze omówić produkcję substancji organicznych przez rośliny cudzożywne. Tworzą one swoiste substancje organiczne z innych tego rodzaju substancji pobranych z innych organizmów: żywych, jeżeli są pasożytami, martwych resztek, jeżeli są roztocząmi. Są to z reguły rośliny o prostej organizacji, jak bakterie, grzyby, śluzowce. Wśród roślin o złożonej organizacji jest ich mało; przykładem może być pasożytująca na zielo-



nych roślinach kanianka (*Cuscuta*). Różne substancje organiczne mogą służyć za pokarm roślinom cudzożywnym. Na ogół cukry są najbardziej korzystne. Substancje organiczne azotowe są także spożywane, ale nie są niezbędne, ponieważ omawiane rośliny potrafią takie substancje tworzyć z bezazotowych dodając do nich azot. Pod tym względem różnią się zasadniczo od zwierząt, które nie mogą żyć bez pokarmów organicznych azotowych.

Wśród roślin cudzożywnych są specjaliści, którzy wymagają pewnej określonej substancji organicznej: np. bakteria *Spirochaeta Cytophaga* żywi się wyłącznie celulozą, mimo że jest to substancja szczególnie trwała. Natomiast cukier, ten najlepszy pokarm dla większości roślin, działa na nią zabójczo. Tak samo jest u bezieleniowych roślin samożywnych, takich jak bakterie nitryfikacyjne; cukry są dla nich trucizną. Przy tej sposobności warto wspomnieć, że rośliny zielone potrafią także spożywać gotowe substancje organiczne. W przyrodzie jednak wyprzedzają je w tym bakterie. Natomiast przez odpowiednią izolację udało się Molliarowi wyhodować rzodkiewkę na cukrze i solach; rosła ona, kwitła i wydawała nasiona. Jeśli chodzi o jony, to rośliny cudzożywne mają mniej więcej takie same wymagania, jak samożywne. Główna różnica polega na tym, że z wyjątkiem grzybów kapeluszowych nie potrzebują one wapnia.

Zamykając ten rozdział warto jest podkreślić wzajemną zależność roślin samożywnych i cudzożywnych. Cudzożywne nie mogą istnieć bez samożywnych, ale też pomagają im udostępniając substancje pokarmowe zawarte w martwych organizmach. Bez nich ziemia byłaby zawałona trupami wszelkiego rodzaju i życie byłoby bardzo utrudnione.



### Rozdział III

#### GOSPODARKA ENERGETYCZNA

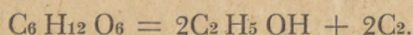
Jak już podawaliśmy na początku poprzedniego rozdziału, substancje organiczne oprócz tego, że stanowią materiał do budowy rośliny, służą jej za zbiorniki energii, która w miarę potrzeby jest uwalniana dla zaspokojenia potrzeb życiowych w procesach oddychania i fermentacji. Dzieje się to po trochu wszędzie, w każdej komórce. Ta energia służy do wykonywania pracy, np. poruszania wody w roślinie, a także do produkowania niezbędnych składników rośliny, co przeważnie jest połączone ze zużyciem energii. Pewna część energii przemienia się przy tym w ciepło i rozprasza się w otoczeniu, zostaje przeżęto dla rośliny stracona. Najłatwiej jest wykazać to na kiełkujących nasionach. Obserwując, ile wydziela się z nich dwutlenku węgla, można obliczyć ilość energii uwalnianej w oddychaniu, a jeżeli się trzyma siewki w kalorymetrze, można wymierzyć tę część uwalnianej energii, która przemienia się w ciepło. Na przykład w doświadczeniach D o y e r a nad pszenicą wypadły liczby w tysiącach kalorii gramowych, zestawione w tabeli I.

Tabela I

Dzień kiełkowania	Energia uwolniona przez oddy- chanie 1 kilograma ziarna	Część tej energii zamieniona na ciepło	
2 dzień	2 135	363	17 %
3    "	2 802	540	14 %
4    "	6 277	2 936	47 %
5    "	6 886	3 216	47 %
6    "	8 837	4 341	49 %



Uwalnianie energii chemicznej odbywa się w roślinach w dwojaki sposób: zielone rośliny samożywne czynią to przez *o d d y c h a n i e*, substancje organiczne są utleniane kosztem tlenu pobranego z otoczenia. Tworzą się przy tym przejściowo różne substancje prostsze, a w końcu dwutlenek węgla i woda oraz związki azotowe, jeżeli były utleniane ciała białkowe. Wszystkie te produkty pozostają w roślinie z wyjątkiem dwutlenku węgla, który wydziela się i daje możność oceny natężenia oddychania. Jeżeli wyjątkowo tlen nie będzie dochodził do rośliny, np. podczas powodzi, następuje rozkład zamiast utleniania. Jeżeli są przerabiane cukry, jak to się zresztą dzieje najczęściej, tworzy się alkohol etylowy i woda według równania:



Uwalnia się przy tym także energia, ale w ilości 25 razy mniejszej.

Jak oddychają bakterie samożywne, nie wiadomo. Być może, nie utleniają one wcale substancji organicznych, lecz wyzyskują energię uwolnioną z substancji organicznych — siarkowodoru, amoniaku, z substancji, które dostarczają im energii do przyswajania dwutlenku węgla.

Rośliny cudzożywne, w szczególności bakterie, przeważnie zdobywają sobie energię inaczej, mianowicie przez *f e r m e n t a c j ę*. Polega ona przeważnie nie na utlenianiu, lecz na rozkładzie. W wielu przypadkach utlenianie jest wręcz niemożliwe, bo wśród roślin cudzożywnych jest dużo takich, na które tlen działa zabójczo. Taką właściwość mają np. liczne bakterie, którym nadał się nazwę *a n a e r o b ó w*, w przeciwieństwie do roślin potrzebujących tlenu, tzw. *a e r o b ó w*. Zdobywanie wolnej energii przez rozkład jest bardzo niekorzystne: uwalnia się przy tym mało energii i roślina musi przerabiać dużo substancji, by zaspokoić swoje potrzeby energetyczne. Na przykład, jak to już podawaliśmy, przez rozkład cukrów na alkohol i dwutlenek węgla uwalnia się 25 razy mniej energii aniżeli przy utlenianiu. Powstające przy rozkładzie substancje gromadzą się w komórkach w wielkiej ilości, a są to substancje, których roślina użytkować nie może i które po-



nadto są szkodliwe, jak np. alkohol. Nic też dziwnego, że są one wydalane na zewnątrz wraz z powstającymi jednocześnie gazami. Jest to możliwe wskutek małych wymiarów omawianych roślin. Są to bowiem przeważnie rośliny jednokomórkowe, głównie bakterie, które mają wielką w porównaniu do objętości powierzchnię. Produkty są wydalane nawet w tych wyjątkowych przypadkach, kiedy fermentacja polega na utlenianiu. Tak jest z bakteriami fermentacji octowej, przy której alkohol etylowy jest utleniany na kwas octowy. Utlenianie jest tu mało intensywne, przeto ilości uwolnionej energii są bardzo małe.

Przebieg fermentacji bywa bardzo różny. Najbardziej znaną formą jest fermentacja alkoholowa, dokonywana przez drożdże i niektóre pleśniaki. Różne bakterie powodują fermentację masłową, mleczną i jeszcze inne. Nie będziemy się tu wdawali w te szczegóły natury chemicznej i powrócmy do zagadnień energetycznych.

Rozpatrzmy dokładniej te zagadnienia w związku z oddychaniem, i to normalnym, tlenowym. Natężenie jego zależy przede wszystkim od temperatury, która wzmacnia je bardzo silnie. Na przykład Kuijper dla grochu otrzymał wyniki zestawione w tabeli II.

**T a b e l a   I I**  
Oddychanie 100 siewek grochu

Temperatura	Dwutlenek węgla wydzielony przez godzinę (mg)
0°	3,9
5	6,1
10	11,4
15	19,4
20	30,0
25	42,0
30	52,6

Podobnie jak przy asymilacji dwutlenku węgla, zbyt wysoka temperatura osłabia oddychanie. Dzieje się to jednak przeważnie przy temperaturach wyższych od 30°, które w przyrodzie występują rzadko.



Natężenie oddychania pozostaje ponadto w ścisłym związku z potrzebami rośliny. Wzmagają się ono w okresach czynnego życia, kiedy potrzeba dużo energii, słabnie w okresach spokojniejszych. Jest przeto silne podczas kiełkowania nasion oraz podczas kwitnienia. Zranienia powodują również przyśpieszenie.

Natężenie oddychania zależy także od gatunku, do którego roślina należy. Mamy tu jeszcze jeden przykład cech fizjologicznych. Dla ilustracji przytoczę zestawione w tabeli III dane z prac Lundegarda i Hesselmana dotyczące liści w temperaturze 20°. Ażeby można było te dane porównać z produkcją substancji organicznych (tab. VI, rozdz. II), przeliczam je na gramy cukru zużytego w ciągu godziny w stosunku do 1 m kwadratowego powierzchni liści, licząc tę powierzchnię tylko z jednej strony.

**Tabela III**  
Natężenie oddychania

R o ś l i n a	Oddychanie
Czerniec ( <i>Actaea spicata</i> )	0,032
Zajęcza kapusta ( <i>Oxalis Acetosella</i> )	0,049
Leszczyna ( <i>Corylus Avellana</i> )	0,135
Jesion ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	0,225
Malina ( <i>Rubus idaeus</i> )	0,267
Jarzębina ( <i>Sorbus Aucuparia</i> )	0,506

Widzimy, że rośliny cieniste — czerniec, zajęcza kapusta i leszczyna — wykazują oddychanie słabsze od roślin słonecznych — jesiona, maliny i jarzębiny. W związku z tym rośliny słoneczne są bardziej dzielne w produkcji masy organicznej. Niestety, co do tej współzależności mało jest danych obserwacyjnych. Za ilustrację może służyć obuwik, jedyna roślina cienista pomiędzy zestawionych we wspomnianej tabeli VI rozdziału II. Poza tym wszystkim przytoczone wartości natężenia oddychania są znacznie niższe od zdolności asymilacyjnej, co jest zupełnie naturalne.



## R o z d z i a ł I V

### OKRESOWOŚĆ ŻYCIA ROŚLIN

W życiu roślin pewne przejawy powtarzają się zazwyczaj w różnych odstępach czasu. Najwyraźniej uwidacznia się to w rozmnażaniu w ogóle, a w szczególności w kwitnieniu. Każdy może stwierdzić, jak mniej więcej w tym samym czasie co rok zakwita bardzo wczesnie na wiosnę wilcze łyko (*Daphne Mezereum*), później przyłuszczka (*Anemone Hepatica*), za nią bez (*Syringa vulgaris*) itd., aż wreszcie na jesieni zimowit (*Colchicum autumnale*). Obserwator skłonny jest przypuszczać, że pochodzi to z okresowości pogody w naszym klimacie. Niewątpliwie czynniki otoczenia wywierają tu swój wpływ. Wynika to np. z doświadczeń Kleb s a, któremu udało się pobudzić buk do rozwinięcia pączków przez odpowiednie naświetlenie, i to w każdym czasie. Nie zawsze jednak te działania są decydujące, bo inne drzewa nasze mają na jesieni okres spoczynku, kiedy żadne wpływy nie mogą ich zmusić do pędzenia. Podobnie konwalię można pobudzić do kwitnienia przez zastosowanie ciepłej kąpieli albo eteru dopiero od października, a bez — od listopada. Bardzo ciekawe są pod tym względem kultury europejskich drzew leśnych i owocowych w strefie tropikalnej. Posadzone na wysokości ponad 1 000 m nad poziomem morza (w niższych położeniach giną), zrzucają one — pomimo jednostajnego klimatu — co pewien czas swoje liście, po krótszym lub dłuższym okresie spoczynku rozwijają wytworzone poprzednio pączki i kwitną.



Można by przypuścić, że ta okresowość wrodzona jest wynikiem ustalonego dziedzicznie działania klimatu. Ale z pewnością nie zawsze tak jest, bo wśród drzew rosnących z natury w klimacie tropikalnym jest dużo takich, które również co pewien czas zrzucają liście. Dzieje się to bez jakiegokolwiek związku ze stanem pogody i powtarza się u niektórych gatunków co 5 miesięcy, u innych — co 4, u niektórych — nawet co 2 miesiące. Nadto poszczególne gałęzie często zachowują się różnie i zrzucają liście w różnym czasie, tak że różne pory roku są reprezentowane na tym samym drzewie. Ta niezależność gałęzi, nie znana u naszych drzew w normalnych warunkach, występuje i u nich po przeniesieniu ich do klimatu tropikalnego.

Nie wynika z tego bynajmniej, że nie ma roślin bez okresowości. Owszem — przede wszystkim liczne rośliny niższe, jak to wykazał K l e b s, mogą być dowolnie kierowane w swoim rozwoju przez odpowiednie działania. Są także, wśród roślin wyższych rosnących w krajach tropikalnych takie, które nie wykazują żadnej okresowości. Za klasyczny przykład może służyć palma kokosowa (*Cocos nucifera*), która wytwarza ciągle jeden za drugim nowe liście, zrzucając stopniowo stare, cgółem około dwunastu na rok, przy tym stale i równomiernie kwitnie oraz wydaje owoce.

Są bardzo różne przejawy okresowości, np. niektóre drzewa mają w rozmnażaniu rytm o okresie większym od roku: mają swoje lata „nasienne”, powtarzające się co pewien czas, np. buk co 5 — 8 lat, dąb w jeszcze dłuższych odstępach. Inne znowu, jak klony, lipy, olchy, kwitną i owocują co rok mniej więcej jednako-wo. Bardzo ciekawy objaw okresowości wykazuje *Prunus Lauro-cerasus*. Szparki oddechowe tej wiśni otwierają się rano i zamykają wieczorem niezależnie od oświetlenia, nawet przy stałym sztucznym oświetleniu.

Niemniej ciekawą okresowość obserwował J o h a n n s o n u mikroorganizmów glebowych. Badacz ten trzymał próbki ziemi w jednostajnych warunkach i stwierdził okresowe wahania



w wydzielaniu dwutlenku węgla. Rytm był podwójny: jeden dobowy, drugi o okresie kilko- lub nawet trzydziestokilcodniowym. Gleby strefy umiarkowanej (szwedzkie) miały okres krótszy, podzwrotnikowe (w Guatemali) — dłuższy.

Zjawiska okresowości życia roślin i zwierząt są przedmiotem osobnego działu ekologii, tzw. f e n o l o g i i. Dla Polski ciekawe zestawienie obserwacji fenologicznych ogłosił prof. S z a f e r w *Kosmosie*. Rocznik 1922, str. 371 — 411.



## R o z d z i a ł V

### ROZMNAŻANIE I ROZSIEWANIE ROŚLIN

Można wyróżnić dwa zasadnicze sposoby rozmnażania u roślin: *w e g e t a t y w n e* i *g e n e r a t y w n e*.

Przy rozmnażaniu wegetatywnym nowe osobniki powstają z jedno - lub wielokomórkowych części rośliny macierzystej, które oddzielają się od niej, rozrastają i żyją osobno. Tak m. in. często rozmnażają się grzyby, a to za pomocą pojedynczych komórek zwanych *konidiami*. Jest dużo grzybów, tzw. *grzyby niedoskonałe* (*Fungi imperfecti*), które nie mają innego sposobu rozmnażania. Pleśnie także zawdzięczają swoją wszędobylskość właśnie swoim konidiom, które wytwarzają w ogromnej ilości. Rozmnażanie bakterij przez podział można też zaliczyć do rozmnażania wegetatywnego. Taki podział może się powtarzać bardzo często, nawet co pół godziny. Tłumaczy to niesłychaną szybkość, z jaką mnożą się bakterie, jeżeli znajdują sprzyjające warunki. Rośliny wyższe rozmnażają się wegetatywnie głównie przez odgałęzienia pędów: nadziemne, jak u poziomki, lub podziemne, jak u trzciny. Te odgałęzienia rosną dalej, znów z kolei rozgałęziają się i tracą stopniowo kontakt z rośliną mateczną, która obumiera w starszych częściach pędów podziemnych. Rozmnażanie tego rodzaju, choć nie tak szybkie, jak u roślin niższych, jest jednak dość intensywne. Tym można objaśnić znaczne obszary szuwarów



z trzcin nad wodami. Rozmnażają się one łatwo sposobem rostowym, a prócz tego drobne nasionka, zanesione wiatrem, mogą kiełkować na płytkich wodach.

Bardziej złożone i mniej wydajne jest rozmnażanie generatywne. Jest ono związane z zapłodnieniem, łączeniem się komórek płciowych. Przez takie połączenie tworzą się szczególne komórki, tzw. zygoty, z których powstają nowe osobniki. Jak to się dzieje, nie będę omawiał odsyłając czytelnika do podręczników botaniki ogólnej. Ograniczę się do podania niektórych tylko wiadomości. I tak u roślin nasiennych nowe osobniki tworzą się z zygot bezpośrednio — osobniki te zawarte są w nasionach. U grzybów kapeluszowych z zygot tworzą się z początku zarodniki i, z nich dopiero nowe rośliny. Zarodniki są to komórki podobne do konidiów, ale odmienne. Przejawia się to m. in. w tym, że potrzebne są szczególne warunki, by z nich wyrosły nowe rośliny. Sposoby pobudzenia zarodników pieczarki (*Psalliota campestris*) do kiełkowania są tajemnicą francuskich ogrodników, a nikomu jeszcze nie udało się spowodować kiełkowania zarodników borowika (*Boletus edulis*).

Znaczenie podanej powyżej różnicy dwóch sposobów rozmnażania polega na tym, że osobniki powstałe w drodze wegetatywnej nie stanowią nowych osobników, tylko żyjące osobno części rośliny macierzystej. Nie są one przeto młodsze od niej, lecz równie stare. Skutkiem tego u roślin rozmnażanych wegetatywnie występują nieraz zjawiska degeneracji starczej, np. próchnienie pni u wierzb rozmnażanych przez zrzesy. Dlatego osobnikom takim nadaje się osobną nazwę klonów, dla odróżnienia od osobników powstałych przez rozmnażanie generatywne. U roślin dziko rosnących nie zauważono dotąd zjawisk degeneracji u klonów, ale jest to możliwe.

Rozmnażanie generatywne u pewnych roślin nasiennych odbywa się tylko raz w ciągu ich życia, które też na tym się kończy. Są to tzw. rośliny monokarpiczne. Do nich należą przede wszystkim rośliny jednoroczne, które dokonują swojego żywota w obrębie jednego sezonu wegetacyjnego. Przykładem może być



blawatek i bratek. Dwuletnie kwitną w drugim roku swojego życia, np. czosnaczek (*Alliaria officinalis*) i gatunki kozibrodu (*Tragopogon*). Najciekawsze z roślin monokarpicznych są te, które kwitną dopiero po wielu latach, np. amerykańska agawa, która zakwita w swojej ojczyźnie po kilkunastu, a w sztucznych warunkach szklarniowych nawet po kilkudziesięciu latach.

Większość roślin nasiennych kwitnie wielokrotnie w ciągu swego życia i kwitnienie nie pociąga za sobą ich zamierania. Mówi się wtedy o nich, że są polikarpiczne. U polikarpicznych ziół, tzw. bylin, pierwsze kwitnienie następuje przeważnie w drugim roku życia, u drzew później. I tak sosna osobno rosnąca zakwita po raz pierwszy w 15 roku życia, w zwarciu zaś dopiero w 30 — 40 roku, buk osobno rosnący po 40 — 50 latach, a w zwarciu rzadko przed 60 rokiem.

Do wytworzenia kwiatów i wydania nasion potrzeba odpowiednio sprzyjających warunków. Klebs przez długie lata hodował przy słabym świetle dąbrówkę (*Ajuga reptans*); rosła ona dobrze, ale nie kwitła. Podobnie na halach rośnie obficie borówka czernica (*Vaccinium Myrtillus*), ale nie kwitnie i rozmnaża się tylko wegetatywnie. Tatarak i pływająca na wodach stojących osoka (*Stratiotes aloides*) kwitną wprawdzie w naszym klimacie, ale nie wydają dojrzałych nasion i tak samo rozmnażają się wegetatywnie.

Do wytworzenia nasion kwiaty muszą być zapylone. Przeniesienie pyłku u wielu roślin odbywa się na skutek działania wiatru. Tak jest u traw, turzyc i wielu drzew: u wszystkich szpilkowych i niektórych liściastych (brzoza, olsza). Przeważnie jednak zapylanie kwiatów jest dziełem owadów, które w nich zbierają miód lub pyłek. W krajach tropikalnych przyczyniają się do tego ptaki<sup>1)</sup>, a w Australii nawet ssaki. Biologia kwiatów jest bardzo ciekawa. Zestawienie ważniejszych faktów znajdzie czytelnik w książce prof. Szafera pt. *Życie kwiatów*.

---

<sup>1)</sup> Zob. artykuł J. Kornasia *O kwiatkach zapylanych przez ptaki*, *Wszecławiat*, Rocznik 1946, str. 10—14.





Ryc. 18. *Rhizophora conjugata*. Pęd z kwiatami i owocami, w których kielkują nasiona: p — część podłścieniowa łodygi rozwijających się zarodków. — Według K a r s t e n a.

Wytworzone po zapyleniu nasiona u niektórych roślin mogą kiełkować od razu, np. nasiona wierzby i topoli. U mangrowatych, drzew rosnących na zamulonych tropikalnych wybrzeżach, zaczynają kiełkować już w owocach, zanim one spadną na ziemię (ryc. 18). Przeważnie jednak kiełkują dopiero po przebyciu pewnego okresu spoczynku, np. nasiona jesionu i limby dopiero po roku.

U niektórych roślin n a s i o n a, wykształcone jednocześnie, kiełkują w bardzo różnym czasie: u wilczomleczka (*Euphorbia cyparissias*) opóźnienie w kiełkowaniu może dochodzić do 7 lat, u jesionu — do 8 lat i nawet dłużej.

Ale też nasiona z czasem tracą swoją żywotność. Nasiona wierzby i topoli zachowują swoją zdolność kiełkowania przez czas ograniczony, zwykle około dwóch tygodni. Natomiast są rośliny, których nasiona kiełkują nawet po kilkudziesięciu latach. Opowiadano w swoim czasie o kiełkowaniu ziarn pszenicy z grobów faraonów. Okazało się to jednak błędne: ziarna te były podkładane w grobach do użytku łatwowiernych turystów.

Ażeby nasiona kiełkowały, nie zawsze wystarcza należyte ich zwilżenie. Nasiona goryczki (*Gentiana*) i skalnicy (*Saxifraga*) muszą być np. uprzednio przemrożone, nasiona jemioly i tytoniu mu-



szą być naświetlone, natomiast nasiona szkarłatu (*Amaranthus*) nie kiełkują na świetle.

Rozmnażanie, jeżeli ma być skuteczne, musi być połączone z rozsiewaniem, bo jeżeli nowe osobniki usadowią się w pobliżu rośliny macierzystej, będą sobie wzajemnie przeszkadzały. Toteż u większości roślin widzimy rozliczne urządzenia ułatwiające rozsiewanie. Przede wszystkim znane są przypadki czynnego rozrzucania zarodków i nasion. Zarodki grzybów workowców są wyrzucane z pękających nagle worków. Owoce niecierpka (*Impatiens*) są tak samo wyrzucane z owoców. Ponadto wszystkie zarodniki są bardzo drobne i u wielu roślin nasiona, wprawdzie większe, są jednak dosyć lekkie. Najsukrajniejszy przypadek mamy u storczyków, u których nasiona ważą od 0,1 do 14 milionowych grama. Małe wymiary i lekka waga ułatwiają oczywiście ogromnie rozsiewanie zarodników przez wiatry. Wiatry w ogóle są potężnym motorem rozsiewania. Tak np. 30 sierpnia 1870 przyniosły na St. Gothard w Szwajcarii kryształ soli wagi do 0,76 g z wybrzeży Morza Śródziemnego albo może nawet z Sahary. Bakterie i zarodniki łapano nawet w stratosferze. U wielu roślin widzi się na owocach lub nasionach szczególne urządzenia ułatwiające przenoszenie przez wiatry, np. skrzydełka na niełupkach klonów, puch na nasionach wierzbówki (*Epilobium*) i na niełupkach większości złożonych (*Compositae*) itp.

Zwierzęta również przyczyniają się do rozsiewania roślin. Na małe odległości niektóre nasiona są przenoszone przez mrówki<sup>1)</sup>. Takie nasiona mają mięsiste wyrostki służące mrówkom za pokarm. Można je widzieć np. u jaskółczego ziele (*Chelidonium majus*), łatwego do rozpoznania przez swój żółtoczerwony sok mleczny. Na większe odległości przenoszą nasiona ptaki. Przyklepiają się one albo przyczepiają do ciała, albo wreszcie są spożywane z owocami, jeżeli te są soczyste, i wyrzucane z kałem. W tym drugim przypadku nasiona nie mogą być przenoszone zbyt daleko, bo

---

<sup>1)</sup> Zob. artykuł A. Medweckiej-Kornasiowej *Rozstawanie roślin przez mrówki*. *Wszechświat*. Rocznik 1947, str. 202—207.



proces trawienia u ptaków, według obserwacji Darwina, trwa krótko:  $\frac{3}{4}$  —  $1\frac{1}{2}$ , najwyżej 3 godziny. Prócz ptaków i ssaki mogą przenosić owoce, jeżeli są one opatrzone w haczyki, które umożliwiają czepianie się włosia, jak np. niełupki lepnika (*Echinosperrum*).

Rzeki i potoki także przyczyniają się do roznoszenia nasion i owoców. W ten sposób liczne rośliny zostały przeniesione z Tatr w niższe położenia, jak to wykazał W a l a s w rozprawie pt. *Wędrowki roślin górskich wzdłuż rzek tatrzańskich* (wydane przez PAU. Kraków 1938). Tym sposobem olsza szara (*Alnus incana*) dostała się doliną Wisły z Karpat aż na Pomorze. Prądy morskie naturalnie również przyczyniają się do rozsiewania roślin. Niejedna roślina, m. in. palma kokosowa, dostała się przez nie na odległe wyspy oceaniczne.

Samo przeniesienie nasion czy zarodników lub konidiów na większą lub mniejszą odległość nie decyduje jeszcze o usadowieniu się roślin na nowym miejscu. Siewka napotyka różne trudności. Największą stanowi współzawodnictwo z roślinami, które już się osiedliły na danym terenie. Stąd pochodzi fakt pozornie dziwny, że trudno jest znaleźć siewki wśród zwartej roślinności naturalnej. Czy widział kto z czytelników siewkę zwykłego jaskra? Autorowi tej książki nie zdarzyło się to ani razu. Tylko na polach i łąkach oraz na aluwiach rzecznych mogą rośliny osiedlać się swobodnie. Znajdujemy tam nawet amerykańskie, jak np. żóltlicę (*Galinsoga*), która przywędrowała aż z Meksyku. Nadto bywają trudności szczególnego rodzaju. A więc tak łatwo roznoszone przez wiatry nasiona storczyków wymagają pomocy ze strony specjalnych grzybów, gdyż skutkiem swoich małych wymiarów zawierają za mało zapasów pożywienia, by przetrwać krytyczny czas, zanim wytworzą się liście, które będą produkowały substancje organiczne.

Pomimo tych wszystkich trudności widzi się nieraz rośliny rosnące w miejscach bardzo niekorzystnych do życia, np. na murach. Tak częste są u nas przypadki występowania na nich brzoź, których drobne niełupki mają błoniastą obwódkę ułatwiającą uno-



szenie ich przez wiatry. Bardzo ciekawy jest fakt masowego osiedlenia się laku (*Cheiranthus cheiri*) na murach katedry w Chartres we Francji. Roślina ta była przywieziona ze Wschodu podczas wypraw krzyżowych. Jak się ona dostała na mury, nie wiadomo. Nasiona jej są drobne, ale nie mają żadnych urządzeń ułatwiających rozsiewanie. Tymczasem tylko ona osiedliła się na murach -- nie widać tam żadnej innej rośliny.

Bardzo ciekawych danych o rozsiewaniu i osiedlaniu się roślin dostarczył wybuch wulkaniczny na wyspie Krakatau, który nastąpił w dniach 26—28 sierpnia 1883 r. Wyspa ta, położona w Cieśninie Sundajskiej między Jawą i Sumatrą, zapadła się wtedy w połowie w morze. Druga jej połowa została pokryta warstwą gorącego popiołu i pumeksu, dochodzącą do 60 m grubości. Roślinność została zniszczona prawdopodobnie doszczętnie. Z biegiem czasu zaczęła się naturalnie odtwarzać przez osiedlanie się roślin z Jawy i Sumatry, do których najmniejsza odległość wynosi 40 km. Rozwój tej roślinności, nie badany, niestety, systematycznie, dostarczył wiele ciekawych danych.

Jako pierwszy z botaników zwiedził ją Treub w dniach 19 — 22 czerwca 1886 r. Stwierdził on istnienie 26 gatunków roślin naczyniowych. Ta liczba stopniowo zwiększała się i w r. 1897 wynosiła 64 gatunki, w 1908 — 115, w 1920 — 184, w 1928 — 214, w 1934 — 271.

W jakiej kolejności i w jakiej liczbie osiedlały się różne rośliny? Otóż w r. 1886 było 11 gatunków paproci, 4 gatunki jednoliściennych i 11 dwuliściennych. Niższych skrytopłciowych znalazł Treub 8 gatunków: 2 gatunki mchów i 6 gatunków sinic. Najciekawszą wśród tych danych jest wielka stosunkowo liczba gatunków paproci, które stanowiły 73% liczby roślin nasiennych. Jest to zupełnie naturalne wobec łatwego roznoszenia zarodników przez wiatry. Natomiast nie było wcale storczyków, których nasiona również roznoszone są bardzo łatwo. Widocznie brakło grzybów niezbędnych do kiełkowania nasion.

W roku 1934 flora Krakatau zawierała 52 gatunki paprotników. Oprócz paproci były także skrzypy i widłaki. W stosunku



do roślin okrytonasiennych liczba ich spadła do 24% (wśród nasiennych były 2 gatunki nagonasiennych). Ta liczba stosunkowa jest jednak wyższa niż dla pobliskiej Jawy, gdzie rosną 504 gatunki paprotników na 3948 okrytonasiennych, co stanowi 13%.

Zjawiły się i storczyki, których początkowo nie było, mianowicie w liczbie 26 gatunków, co stanowi 12% okrytonasiennych, niewiele mniej niż na Jawie, gdzie rośnie 538 gatunków (14%).

W ogólności, według badań Docters van Leeuvena, 112 gatunków na 271 zostało przyniesionych przez wiatry, 76 przez prądy morskie, 68 przez zwierzęta i 15 zawleczonych przez człowieka. Dalsze szczegóły tych interesujących faktów z rycinami i mapami znajdzie czytelnik w publikacji autora tej książki pt. *Szkice z geografii roślin*. Część IX. *Kosmos*. Seria B. 1937. Str. 285 — 308.



## R o z d z i a ł VI

### WRAŻLIWOŚĆ ROŚLIN NA NADMIERNIE SILNE DZIAŁANIA ZEWNĘTRZNE

Rośliny, tak samo jak zwierzęta, mogą żyć normalnie tylko w pewnych określonych warunkach otoczenia: w temperaturze zmieniającej się w stosunkowo wąskim zakresie, w powietrzu nie zanadto ruchliwym, na glebie nie zawierającej zbyt wiele soli. Są także rośliny nie znoszące pełnego światła dziennego.

Przede wszystkim chodzi tu o niską temperaturę, bo woda, którą rośliny są nasiąknięte, krzepnie przy  $0^{\circ}\text{C}$ , co grozi, jeżeli nie śmiercią rośliny, to w każdym razie przejściowym bodaj zatrzymaniem jej procesów życiowych. Nic tedy dziwnego, że jest dużo roślin, które giną przy lekkich nawet przymrozkach. Tak jest np. z ogromną większością naczyniowych roślin tropikalnych. Ciekawe i trudne do wytłumaczenia jest to, że niektóre rośliny tropikalne, jak stwierdził M o l i s c h, zamierają już przy obniżeniu temperatury do  $+3^{\circ}\text{C}$ , np. *Episcia bicolor* (*Gesneriaceae*) z Nowej Granady, *Eranthemum tricolor* (*Acanthaceae*) z Polinezji i inne.

Zobaczmy, co się dzieje z rośliną, jeżeli temperatura jej spadnie poniżej zera. Może to nastąpić nawet wtedy, gdy temperatura powietrza jest wyższa od zera, mianowicie w pogodną noc. Wtedy roślina traci przez wypromieniowanie więcej ciepła, niż go otrzymuje pochłaniając promieniowanie atmosfery. W nocy to promieniowanie jest jedynym rodzajem promieniowania cieplnego



na ziemi. Jest ono niewidzialne, infraczerwone o stosunkowo długich falach, od 5 do 25  $\mu$ , z największym nasileniem przy 10  $\mu$ , gdy tymczasem promieniowanie słoneczne składa się z fal od 0,3 do 3  $\mu$ . Ta różnica pochodzi stąd, że ciała kosztym zawartego w nich ciepła wytwarzają promieniowanie o falach tym dłuższych, im są zimniejsze. Otóż Słońce ma temperaturę około 6000°, powietrze zaś najwyżej kilkadziesiąt stopni powyżej zera. Promieniowanie atmosfery jest słabsze od słonecznego i wzmaga się z podniesieniem temperatury; latem jest silniejsze aniżeli w zimie. Nadto zachmurzona atmosfera promieniuje silniej niż bezchmurna. Dla orientacji podaję wartości energii promieniowania atmosfery dla Warszawy (tab. I). Prócz tego dla porównania przytaczam energię promieniowania słonecznego spadającego na kwadratowy centymetr poziomej powierzchni w Karlsruhe w południe dni pogodnych: wynosi ona 0,51 cal/min w styczniu, a 1,35 w lipcu. W naszym klimacie jest mniej więcej tak samo.

**T a b e l a I**

Promieniowanie atmosfery w cal/min. cm<sup>2</sup>

	S t y c z e ń		L i p i e c	
	Jasno	Pochmurnie	Jasno	Pochmurnie
Maksimum	0,26	0,37	0,35	0,59
Minimum	0,24	0,34	0,44	0,51

Promieniowanie to mniej więcej pokrywa straty ciepła w nocie pochmurne, ale nie wystarcza w nocie jasne i rośliny oziębiają się wtedy o kilka stopni poniżej temperatury powietrza. Tym się tłumaczy fakt na pozór dziwny, że nieraz rośliny uprawne wymarzają w nocie, kiedy temperatura powietrza jest wyższa od zera.

Obniżenie temperatury poniżej zera nie musi powodować krzepnięcia wody. Może ona bowiem ulec przechłodzeniu zachowując swój stan ciekły. Toteż Müller-Thurgau obserwował w bulwach ziemniaka przechłodzenia wynoszące od — 2,8° do — 5,6°, w liściach fasoli od — 5,3° do — 6,3°. Prędzej czy później woda w roślinie zaczyna krzepnąć. Przyczyniają



się do tego wszelkie wstrząsy — przechłodzenie wymaga spokoju. Lód wytwarza się przy tym z początku w przestworach międzykomórkowych. Ilość jego stopniowo wzrasta kosztem wody zawartej w komórkach — protoplazma ulega coraz dalej postępującemu odwodnieniu. Rzadziej się zdarza, że lód tworzy się także wewnątrz komórki, pomiędzy błoną a protoplazmą, którą odsuwa od błony. Lód powstający w roślinach składa się z czystej wody, bo protoplazma nie wypuszcza na zewnątrz substancji rozpuszczonych w soku komórkowym. Skutkiem tego sok ten coraz bardziej się zagęszcza, co chroni go przed krzepnięciem, bo roztwór krzepnie w temperaturze tym niższej, im bardziej jest stężony. Dopiero przy bardzo niskiej temperaturze krzepnie cała zawartość komórki.

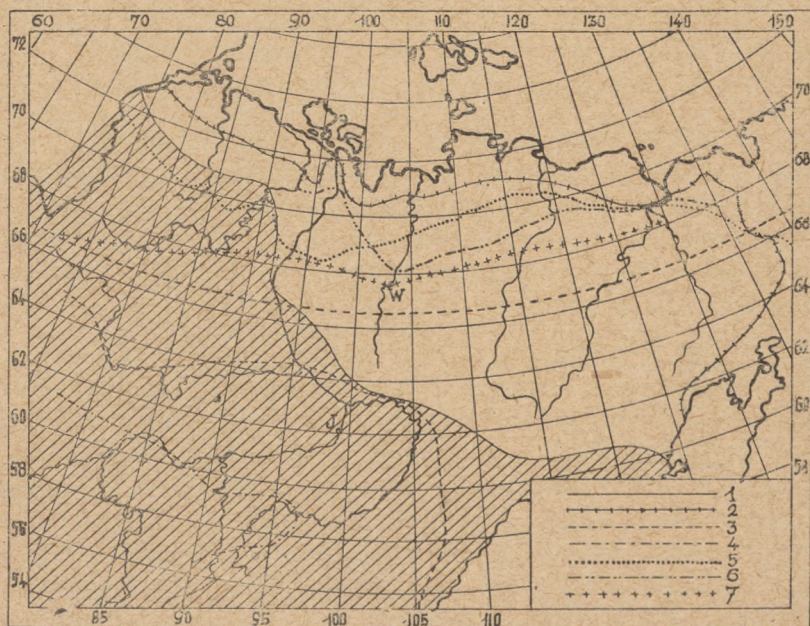
Marznięcie wody w roślinie może spowodować śmierć protoplazmy. Dwie są tego przyczyny: z jednej strony są to działania mechaniczne, gniotące i rozrywające, powodowane przez powiększenie objętości wody przy krzepnięciu; z drugiej strony przyczynia się do tego odwodnienie protoplazmy. Dokładniej mechanizm tych działań nie został zbadany.

Roślina broni się przed zmarznięciem powiększając stężenie soku komórkowego. Dokonuje tego głównie przez przemianę skrobi na glukozę, która przechodzi do soku komórkowego. Znanym tego przejawem jest słodki smak zmarzniętych ziemniaków. U odmian pszenicy silnie wytrzymałych na mrozy A k e r m a n stwierdził blisko 5 razy większą zawartość cukrów w pędach, aniżeli u odmian mało wytrzymałych, ale dopiero z nastaniem chłódów jesiennych. Obniża się przez to temperatura krzepnięcia soku komórkowego i zmniejsza się ilość lodu, który wytwarza się przy oziębieniu. Odwodnienie protoplazmy będzie także słabsze. W ten sposób pączki drzew mogą w zimie wytrzymać silne mrozy, a w lecie marzną, jeżeli się je oziębi do  $-3^{\circ}$ ,  $-5^{\circ}$ .

Wytrzymałość na mróz jest bardzo różna u różnych roślin. Podczas gdy bulwy ziemniaków giną przy  $-1,0^{\circ}$  do  $-1,6^{\circ}$ , jeżeli woda w nich zacznie marznąć, modrzew daurski (*Larix dahurica*) znosi w okolicach Wierchojańska we wschodniej Syberii mrozy dochodzące nawet do  $67^{\circ}$  poniżej zera. Zaznacza się przy tym różni-



ca między różnymi komórkami. Komórki pączków wytrzymują w tym klimacie działanie mrozów, ale komórki liści giną. Stąd, jak to widać z mapki (ryc. 19), najzimniejszy teren wschodniej Syberii omijają wszystkie drzewa zimozielone — sosna, jodła, świerk. Prócz modrzewia rośnie tam tylko osika i wierzby. U naszych drzew sroga zima 1928—29 roku ujawniła duże różnice w wytrzymałości na wymarzenie: silnie ucierpiały lasy bukowe i jodłowe, inne tylko nieznacznie.



Ryc. 19. Północne granice drzew w północno-wschodniej Syberii: 1 — świerk (*Picea obovata*), 2 — modrzew (*Larix dahurica*), 3 — sosna (*Pinus sylvestris*), 4 — limba (*Pinus Cembra*), 5 — topola (*Populus suaveolens*), 6 — różne brzozy (*Betula*), 7 — osika (*Populus Tremula*). Kreskowaniem oznaczony jest zasięg drzew zimozielonych: W — Wierchojańsk, J — Jakutsk. — Według K o m a r o w a.

Przejdźmy z kolei do wysokiej temperatury. W zwykłych warunkach nie jest ona nigdy tak wysoka, by zagrażała bezpośrednio



życiu roślin. Najwyżej może wstrzymać wzrost, co następuje u sosny przy 34°, u fasoli i dyni dopiero przy 46°. Tylko rośliny wodne są bardziej wrażliwe. Tak np. wiciowiec *Hydrurus foetidus*, zbadany przez Rostafińskiego, przestaje rosnąć przy temperaturze wyższej od 16°. Toteż rośnie on w potokach górskich, m. in. w Tatrach, gdzie tworzy galaretowate kolonie w formie obficie rozgałęzionych sznurków przytwierdzających się do głazów. Ale takie potoki mają zawsze wodę zimną.

Jedynie na terenach wulkanicznych jest inaczej. Skały tam bywają silnie rozgrzane i wytryskują z nich źródła gorące. Życie roślinne bywa przez to niejednokrotnie uniemożliwione. W źródłach gorących spotyka się jednak sinice, które potrafią rosnąć nawet przy temperaturze 87°, jak np. gatunek *Phormidium laminosum*.

Przy rozpatrywaniu wpływu wysokiej temperatury trzeba mieć na uwadze, że oprócz swego wpływu bezpośredniego wzmacnia ona silnie transpirację, co grozi roślinom uschnięciem. Jest to bardzo groźne i dlatego na gorących pustyniach, takich jak Sahara, rosnąć mogą tylko nieliczne gatunki.

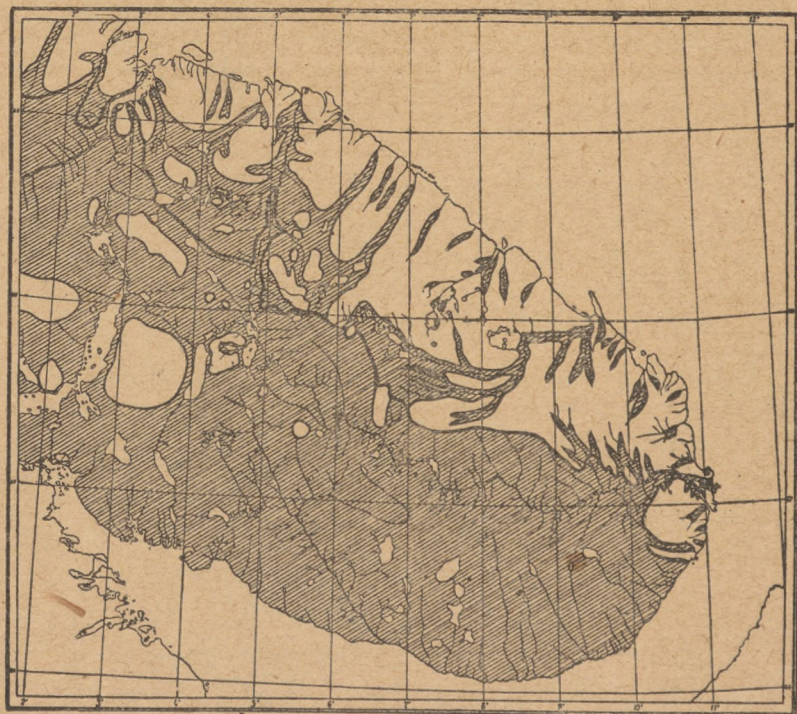
Dalej, zbyt silne wiatry działają szkodliwie na rośliny, ale tylko na wysokie — na drzewa, bo szybkość wiatru wzmacnia się znacznie wraz z wysokością. Dają o tym pojęcie pomiary wykonane przez Hellmanna na różnej wysokości (tab. II) w okolicy Poczdamu.

**T a b e l a   I I**  
Szybkość wiatru w m/sek.

Wzniesienia nad gruntem w m	Średnia szybkość
0,05	1,30
0,25	2,01
0,50	2,44
1	2,84
2	3,33
16	4,69
32	5,40



Silne wiatry powodują usychanie szczytów drzew oraz nawiętrznych gałęzi nadając nieraz drzewom dziwaczne kształty. Jednakże zgubne są one tylko wtedy, gdy działają przy temperaturze niższej od zera, bo wtedy pod wpływem mrozu ruch wody od korzeni do wyższych części rośliny zostaje wstrzymany i straty powodowane przez transpirację nie mogą być pokrywane. To działanie mroźnych wiatrów powoduje, że wybrzeża zimnych oceanów na obu półkulach są оголоcone z drzew. Bardzo pouczający pod tym względem jest Półwysep Kolski (ryc. 20). Biegące z za-



Ryc. 20. Rozmieszczenie lasów (zakreskowane) na Półwyspie Kolskim. Gruba linia oznacza północną granicę sosny. — Według Petrelieusa.

lesionego wnętrza Półwyspu ku wybrzeżu Oceanu Lodowatego pasma lasu trzymają się wzdłuż dolin rzecznych, które je chronią



przed wiatrami. Zatrzymują się jednak przed dojściem do brzegu, gdzie dosięgają wiatry oceaniczne. Podobnie wysokie części gór w strefie umiarkowanej są pozbawione drzew z powodu silnych, mroźnych wiatrów. Bezdrzewność stepów ma tę samą przyczynę, jak to będzie bliżej objaśnione w rozdziale o zbiorowiskach roślinnych.

Wreszcie silne zasolenie gleby działa szkodliwie na rośliny. Mogą je wytrzymać tylko niektóre gatunki, tzw. słonorośla albo halofity. Będzie o nich mowa osobno w rozdziale o typach ekologicznych. W końcu należy wspomnieć o roślinach cienistych, które nie znoszą pełnego słońca, ale o tym będzie mowa także we wspomnianym rozdziale.



## Rozdział VII

### TYPY EKOLOGICZNE ROŚLIN

Rośliny podobne do siebie ujmuje się razem, włączając je do takiej czy innej grupy. Najbardziej podobne zalicza się do tego samego gatunku. Podobne gatunki uważa się za należące do tego samego rodzaju. Rodzaje grupuje się w rodziny itd. Podstawą tej klasyfikacji, tzw. *systematyki*, są cechy *morfologiczne*, dające się ustalić wzrokowo, dotyczące kształtów zewnętrznych i budowy wewnętrznej. Można także postępować inaczej i oprzeć klasyfikację roślin na ich sposobach życia, na sposobach reagowania na działanie otoczenia, innymi słowy — na cechach *fizjologicznych*. W poprzednich rozdziałach mieliśmy już dużo przykładów takich cech. Wystarczy sobie przypomnieć różnice w ciśnieniu osmotycznym, w użytkowaniu dwutlenku węgla, w odporności na działanie mrozu, by zrozumieć, o co tu chodzi. Rozpoznanie i określenie cech fizjologicznych jest o wiele trudniejsze od ustalenia cech morfologicznych. Tylko w rzadkich przypadkach cechy morfologiczne dają wskazówki do poznania cech fizjologicznych. Tak jest np. z grubą, silnie skutynizowaną, zewnętrzną błoną skórki — jest to niechybna oznaka słabej transpiracji nabłonkowej. Ale jednocześnie nie widać, aby tak zbudowana skórka chroniła przed wysuszającym działaniem wiatru. Trzeba bowiem wiedzieć, że wiatr nie wpływa na znacznie silniejszą transpirację szparkową.



Klasyfikacja dokonywana na podstawie cech fizjologicznych prowadzi do wyróżnienia typów ekologicznych takich, jak drzewa, słonorośla, rośliny cieniste, błotne itd. Nie podobna jednak rozgraniczyć tych typów tak, żeby można było każdą roślinę zaliczyć do jednego typu z wyłączeniem wszystkich innych, tak jak można ją zaliczyć do określonego gatunku czy rodzaju. Jesteśmy np. przyzwyczajeni do tego, że drzewa nie rosną u nas na zasolonych terenach — widzimy na nich tylko zioła. Ale w krajach tropikalnych, na zamulonych wybrzeżach zalewanych w czasie przyływu przez wody morskie rosną całe lasy (mangrowe) złożone z osobliwych drzew, które sobie upodobały takie niezwykle tereny. Są również drzewa, które lubią pełne światło, jak brzozy, inne znowu wolą cień, jak jodły. Jedynym sposobem przezwyciężenia tej trudności byłoby silne pomnożenie typów ekologicznych. Można by np. wśród drzew wyróżnić drzewa słonych terenów, drzewa ceniolubne, drzewa bagienne, bo są i takie, itd. Jest to oczywiście bardzo trudne do wykonania.

Trudności w ustalaniu typów ekologicznych na tym się nie kończą. Rośliny wykazują zwykle stopniowanie w swoich cechach fizjologicznych. I tak, jeżeli chodzi o ciśnienie osmotyczne, widzieliśmy na przykładach przytoczonych w rozdziale I, jak zmienia się ono stopniowo: od 7 atmosfer u pomidora do 22 u jesionu. Tak samo, jeśli chodzi o produkcję substancji organicznych, mamy stopniowanie, o którym daje pojęcie tabela VI rozdziału II. Trudno jest tu przeprowadzić rozgraniczenia, które by miały jakieś uzasadnienie.

Na tym jeszcze nie koniec. Poszczególne gatunki mają w zasadzie określone cechy fizjologiczne. Jednakże nieraz się zdarza, że w obrębie tego samego gatunku trzeba wyróżniać grupy bardziej ciasne, niewiele różniące się między sobą, które mają tę wspólną właściwość z gatunkami, że swoje cechy przekazują potomstwu. Są to g a t u n k i e l e m e n t a r n e, zwane podgatunkami, odmianami, rasami itd. Otóż zdarza się często, że u tych grup nieznacznym różnicom morfologicznym odpowiadają wybitne



różnice w cechach fizjologicznych. Wiedzą o tym dobrze rolnicy, że różne rasy zbóż, które rozpoznać może tylko specjalista, dają różne zbiory mając różne wymagania pod względem nawożenia i różną wytrzymałość na mrozy, na suszę. Z życia roślin dziko rosnących przytoczę zadziwiający fakt, że szarotka (*Leontopodium alpinum*), rosnąca u nas wyłącznie wysoko w górach, została znaleziona na stepach syberyjskich. Otóż badania H a n d e l - M a z z e t t i e g o wykazały, że szarotka syberyjska jest odmienna od górskiej. Uznano ją nawet za osobny gatunek *L. campestre*.

Fakty przytoczone powyżej zmuszają do wielkiej ostrożności przy ustalaniu typów ekologicznych i wymagają oparcia badań na gatunkach elementarnych. Gatunki elementarne o osobliwych cechach fizjologicznych nazywa się nieraz ekotypami, według propozycji T u r e s s o n a, który przeprowadził badania porównawcze nad osobnikami tego samego gatunku z różnych stanowisk. W wielu przypadkach okazało się, że różnice między nimi mają swoją przyczynę w różnej ilości chromosomów, których liczba może być podwojona, potrojona itd. Takie formy o większej liczbie chromosomów nazywane są poliploidami. Odnaczają się one nieraz większą wytrzymałością na niekorzystne warunki otoczenia, np. rosną wysoko w górach, na skałach itp.

Z wyłożonymi powyżej zastrzeżeniami przystępuję do opisu ważniejszych typów ekologicznych. Rozpocznę od roślin lądowych. Najprostszy podział na typy ekologiczne, jaki można przeprowadzić, opiera się na długości życia, liczbie okresów rozmnażania i trwałości pędów nadziemnych. Naturalnie dotyczy on tylko roślin nasiennych. Będziemy więc mieli: 1) rośliny jednoroczne, 2) dwuletnie, 3) wieloletnie monokarpiczne, 4) zielone trwałe (byliny), 5) rośliny drzewiaste. Stosunkowa liczba gatunków należących do tych typów pozostaje w związku z klimatem. A więc m. in. jednoroczne są szczególnie obfite w pustyniach, drzewiaste — w krajach tropikalnych. Jako ilustrację przytoczę przykłady zapożyczone od R a u n k i a e r a (tab. I). Dla Polski przypadłyby liczby bliskie przytoczonym dla Danii.



**Tabela I**

Odsetki gatunków należących do poszczególnych typów

Kraj	Ogólna liczba gatunków	Jednoroczne	Drzewiaste
Szpicberg	110	2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Dania	1084	18	7
St. Thomas i St. Jean na M. I. ch Antyllach	904	14	61
El Golea w Saharze	169	56	9

Znamienna jest mała liczba roślin jednorocznych na terenach arktycznych; tak samo jest na terenach górskich. Stosunkowa ich liczba zmniejsza się stopniowo wraz ze wzniesieniem ponad poziom morza. Brockmann-Jerosch podaje następujące liczby dla masywu Puschlaw w Szwajcarii (tab. II):

**Tabela II**

Masyw Puschlaw

Krainy	Liczba gatunków roślin naczyniowych	Odsetki roślin jednorocznych
Ponad 2850 m	51	2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
2250 — 2550 „	348	6
1200 — 1550 „	449	14
Poniżej 850 „	447	21

Rośliny jednoroczne odznaczają się słabą wytrzymałością na działanie niekorzystnych warunków — suszy, mrozów. Przetrzywiają one okresy suszy w pustyniach, zimy — w krajach chłodnych, przechodząc w stan uśpienia w nasionach, które są bardzo odporne.

Bardzo ważne jest również rozróżnienie typów ekologicznych opierające się na różnej sprawności roślin w utrzymywaniu właściwej zawartości wody. Są to podane już w rozdziale I typy kserofitów silnie wytrzymałych na suszę i higrofitów mało wytrzymałych, można powiedzieć inaczej — mających silny bądź też słaby kseryzm.



Trzeba przede wszystkim określić bliżej, co należy rozumieć przez suszę. Chodzi tu mianowicie o dwie kwestie. Pierwsza — to możliwość zaopatrywania się w wodę. Jest ona tym większa, im więcej jest deszczów, w ogóle im więcej jest opadów atmosferycznych na danym terenie. Niemalą rolę gra także utrzymywanie wody deszczowej przez glebę. Gleba piaszczysta, która łatwo przepuszcza wodę, zatrzymuje jej stosunkowo niewiele i przez to ogranicza możliwości wyzyskania opadów przez rośliny. Z drugiej strony płytko położona woda wglębna może skutecznie uzupełniać brak opadów. W ten sposób w oazach Sahary może się rozwijać bujna roślinność.

Rozpatrzmy bliżej zagadnienie opadów atmosferycznych, które stanowią dla roślin lądowych główne źródło zaopatrywania się w wodę. Ilość ich określa się podając w mm, ile wody nagromadziłoby się na danym terenie, gdyby ona nie wsiąkała do gleby i nie spływała. Opady nie spadają równomiernie przez cały rok i dlatego ważną rzeczą jest określić ich rozkład na poszczególne miesiące. W tabeli III są zestawione ważniejsze dane.

Tabela ta dzieli się na trzy części. Pierwsza obejmuje strefę arktyczną i umiarkowaną. Charakterystyczne dla tych terenów jest nasilenie opadów w lecie, które dochodzi na Syberii wschodniej do ostateczności; w zimie jest bardzo mało śniegu i rzeki nie mają przyborów wiosennych. Dwie ostatnie miejscowości — Ługańsk na Ukrainie i Bismarck w północnej Dakocie (USA) — reprezentują klimat stepowy, poprzednie zaś odnoszą się do terenów leśnych.

Druga część odnosi się do osobliwych terenów strefy umiarkowanej, położonych na zachodzie cieplejszych części kontynentów. Klimat tamtejszy ma tę wyjątkową cechę, że najsilniejsze deszcze są w zimie. Lato jest suche, co bardzo utrudnia zaopatrywanie się roślin w wodę, bo w tym sezonie z powodu wyższej temperatury parowanie jest najsilniejsze. Taki klimat najwybitniej występuje w Starym Świecie, gdzie obejmuje południową Europę i północną Afrykę. Nazywa się go *ś r ó d z i e m n o m o r s k i m*. W Afryce odznacza się on bardzo słabymi opadami, co pociąga za sobą wy-



**Tabela III**  
Opady atmosferyczne w mm

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma roczna
Abisko w Laponii szwedzkiej	19	17	11	12	23	31	52	37	31	20	18	13	284
Warszawa	32	28	34	37	52	66	78	75	46	42	38	36	565
Nercziński Zawod we • wschodniej Syberii	2	2	3	17	44	37	113	115	29	11	6	3	382
Ługańsk (Ukraina)	22	35	27	40	57	63	47	40	28	35	27	37	458
Bi marck w stanie Północna Dakota (USA)	15	15	28	58	63	89	58	51	30	25	20	15	403
Perpignan we Francji	60	44	50	47	57	39	20	27	45	61	57	41	548
Aleksandria w Egipcie	54	23	14	3	1	0	0	0	1	6	35	66	202
Helwan w Egipcie	9,6	4,6	6,6	4,6	1,6	0,1	0	0	0	1,0	2,5	5,5	36
San Francisco w Kalifornii	127	89	79	43	18	3	0	0	5	23	71	132	487
Batawia na Jawie	316	323	192	122	102	92	66	36	74	112	130	210	1784
Cayenne w Gujanie	359	307	386	334	509	376	166	66	28	34	118	268	3011

**Tabela IV**  
Parowanie w milimetrach

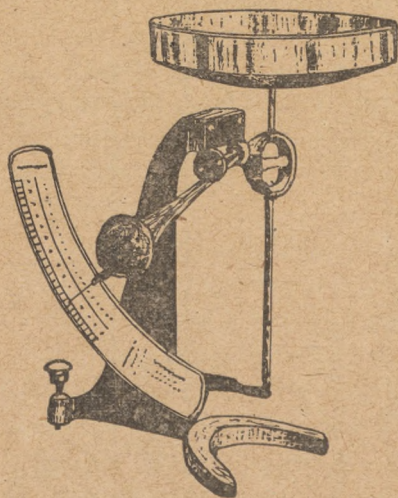
Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma roczna	Srednia roczna temper.
Paulóvsk	4	3	10	24	51	58	57	41	22	13	8	3	296	4 <sup>o</sup>
Kraków	12	17	28	45	61	83	89	92	63	42	22	20	573	8 <sup>o</sup>
Madryt	31	50	93	126	167	228	301	282	165	87	42	31	1603	13 <sup>o</sup>



tworzenie krajobrazu pustynnego (Sahara). Zresztą w zachodniej Ameryce też nie brak pustyń, mniej rozległych i nie tak bardzo suchych.

Wreszcie trzecia część tabeli przedstawia dżdżysty klimat tropikalny. Ilość opadów dochodzi tam do 10 m rocznie. Rozkład nie jest równomierny w ciągu roku i zaznaczają się pory roku względnie suche.

Drugim czynnikiem określającym suszę jest siła wysuszająca powietrza. Ten termin oznacza łączne działanie czynników atmosferycznych na szybkość parowania, a więc temperatury i wilgotności powietrza, ciśnienia barometrycznego oraz wiatru. Najprostszym sposobem liczbowego określenia siły wysuszającej powietrza jest wymierzenie grubości warstwy wody, która wyparowuje z jakiegoś naczynia w jednostce czasu: w ciągu dnia, miesiąca lub roku. Służą do tego przyrządy zwane ewaporometrami. Najprostszy z nich to ewaporometr Wilda



Ryc. 21. Ewaporometr Wilda

rys. 21), w którym talerzyk z wodą jest połączony z nierównomierną wagą, dającą możliwość bezzwłocznego pomiaru ilości wyparowanej wody. Jako przykład przytoczę pomiary wykonane w Pawłowsku pod Leningradem w latach 1895—1904, w Krakowie w latach 1892—1901 i w Madrycie w latach 1860—1889 (tab. IV). W tych danych wyraźnie zaznacza się wpływ temperatury na parowanie. Wzmagają się ono wraz z podniesieniem temperatury i jest silne nawet w krajach tropikalnych, mimo że powietrze jest tam bardzo wilgotne, np. dla Bombaju w Indiach jest podawana wartość 2 100 mm rocznie. Nie wynika z tego bynajmniej, że i wilgotność powietrza nie ma wpływu na parowa-



nie. Dowodzi tego bardzo silne parowanie na terenie Sahary: dla Aswanu w Egipcie jest podawana wartość 3 740 mm rocznie.

Pomiary ewaporometryczne są, niestety, nie wszędzie wykonywane i stąd wynika konieczność określania wysuszającej siły powietrza na podstawie dokonywanych wszędzie zwykłych pomiarów meteorologicznych. Na podstawie praw fizycznych, według badań Stefana, można określić wpływ temperatury i wilgotności powietrza oraz ciśnienia barometrycznego za pomocą wskaźnika parowania

$$i = (p' - p) \cdot \frac{t + 273}{273} \cdot \frac{760}{P - p}$$

W tym wzorze  $p'$  oznacza prężność pary wodnej nasyconej w temperaturze powietrza,  $p$  — prężność pary w powietrzu,  $t$  — temperaturę powietrza i  $P$  — ciśnienie barometryczne.

Wszystkie wielkości, prócz temperatury, powinny być wyrażone w mm rtęci i w ten sposób wskaźnik parowania wyraża się także w tych jednostkach. Daje on tylko wartości względne siły wysuszającej powietrza, ale są one proporcjonalne do ilości wody wyparowanej z ewaporometrów. Zgodność jest na ogół dobra, mimo że wskaźnik parowania nie uwzględnia wpływu wiatru. Widać to chociażby z wziętych na chybi trafi pomiarów wykonanych w Madrycie w roku 1910 (tab. V i ryc. 22).



Ryc. 22. Związek między pomiarami ewaporometrycznymi ( $e$ ) i wskaźnikiem parowania ( $i$ ) według obserwacji w Madrycie w r. 1910



Tabela V

Pomiary wykonane w Madrycie w r. 1910

Miesiące	Woda wyparowana w ciągu miesiąca w mm	Woda wyparowana w ciągu dnia w mm	Średnie maksimum wskaźnika parowania w mm rtęci
I	46,5	1,5	3,9
II	58,8	2,1	5,5
III	93,0	3,0	7,2
IV	126,0	4,2	9,5
V	136,0	4,4	10,4
VI	204,0	6,8	19,4
VII	282,1	9,1	24,9
VIII	288,3	9,3	26,0
IX	177,0	5,9	14,0
X	77,5	2,5	6,9
XI	39,0	1,3	3,8
XII	37,2	1,2	2,5

Tabela V wymaga jeszcze pewnego wyjaśnienia. Parowanie wzrasta silnie wraz z temperaturą, jest skutkiem tego bardzo słabe w nocy i wartości wskaźnika parowania zmieniają się silnie w ciągu dnia. Na przykład w upalny dzień 16 lipca 1904 r. w parku St.-Maur w Paryżu przebieg pogody przedstawiał się w sposób uwidoczony w tabeli VI. Najwyższa wartość wskaźnika parowania przypadła na godzinę 14 i wynosiła 29,8 mm rtęci, średnia zaś dobową wypadła równa 14,5, to znaczy bliska była połowy maksymalnej. Tak samo mniej więcej jest zawsze i dlatego przy korzystaniu ze wskaźnika parowania wystarczy brać maksymalne wartości, które łatwo jest obliczyć w przeciwieństwie do średnich wartości dobowych. Tak właśnie będę postępował dalej przy charakterystyce wysuszającej siły powietrza. Nawiasem mówiąc, dla porównywania siły wysuszającej powietrza na terenach leżących na tym samym poziomie nad morzem zamiast wskaźnika parowania można brać prostszą wielkość — niedosyt wilgotności  $d = p' - p$ , tj. różnicę między prężnością pary nasyconej, a prężnością pary wodnej w powietrzu. Niedosyt wilgo-



tności nie uwzględnia wpływu ciśnienia powietrza i dla terenów górskich trzeba brać nadto wskaźnik parowania.

T a b e l a VI

Dzień 16 lipca 1904 w parku St. Maur w Paryżu

Godziny	Temperatura	Wskaźnik parowania
1	21,4	5,2
2	20,2	4,3
3	19,3	3,1
4	18,8	3,1
5	18,3	2,1
6	20,8	4,2
7	21,9	7,2
8	24,4	10,2
9	26,4	13,6
10	28,9	16,8
11	30,2	19,9
12	31,6	24,0
13	31,9	26,7
14	33,0	29,8
15	32,0	26,6
16	31,7	26,9
17	31,1	24,9
18	30,6	23,5
19	28,9	20,1
20	27,4	18,5
21	25,2	12,3
22	23,7	10,7
23	22,3	7,9
24	21,3	5,8

Transpiracja roślin zmienia się mniej więcej równolegle do siły wysuszającej powietrza. Warto jest zatem zobaczyć, jak się ta siła zmienia w czasie i przestrzeni. W braku pomiarów ewaporometrycznych weźmiemy wskaźnik parowania. Ma on tę wadę, że nie uwzględnia wpływu wiatru na parowanie. Ale nam chodzi szczególnie o transpirację, a przeważną część jej stanowi transpi-



racja szparkowa, która nie zależy od wiatru. Poznaliśmy już zmienność wskaźnika parowania w czasie. O zmianach w przestrzeni w zależności od położenia terenu względem bieguna i równika daje pojęcie tabela VII. Są w niej zestawione średnie maksima miesięczne wskaźnika parowania. Wyjątek stanowi Ługańsk i Nerczinskij Zawod, dla których zamiast maksimów są podane wartości dla godziny 13. Są one mniejsze w przybliżeniu o 20% od wartości maksymalnych, których nie można było obliczyć, gdyż w sieci meteorologicznej rosyjskiej nie notowano maksymalnej temperatury dobowej.



Ryc. 23. Saharyjski janowiec (*Genista Rhaetam*). Kwitnący pęd. — Według T a u b e r t a.

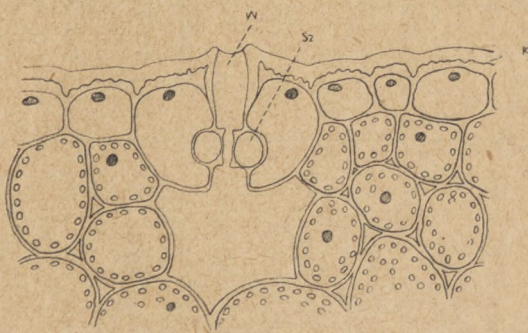
Po tym przydługim, lecz koniecznym wstępie klimatologicznym powracamy do kserofitów i higrofitów. Typowe kserofity mają pewne charakterystyczne cechy morfologiczne. Przede wszystkim liście ich są grube i sztywne, jak to można zobaczyć u często hodowanego oleandra. W krańcowych przypadkach liście kserofitów zamieniają się w małe łuseczki, jak np. u rosnącego na Saharze szczególnego gatunku janowca (*Genista Rhaetam*, rys. 23). Powierzchnia rośliny jest zatem w stosunku do objętości mniejsza niż u higrofitów, mających liście miękkie i cieńsze, skutkiem czego transpiracja jest dla kserofitów mniej groźna.

Pod względem budowy anatomicznej odznaczają się kserofity przede wszystkim grubością zewnętrznej błony skórki, która ponadto jest silnie przesycona kutyną. Osłabia to transpirację nabłonkową. Szparki oddechowe są czasem zagłębione, co zwalnia rozpraszanie się uchodzącej z nich pary wodnej (rys. 24). Stale słaba jest jednak tylko transpiracja nabłonkowa. Kserofity bowiem odznaczają się obfitością szparek, np. *Eucalyptus vimina-*



lis ma, wg Weissa, średnio 350 szparek na milimetrze kwadratowym górnej strony liści, a 325 na dolnej stronie. Jeżeli szparki otworzą się, uchodzą z nich dużo pary wodnej. Transpiracja szparkowa może przeto być i duża, i mała.

Roślina może więc regulować straty wody zamykając i otwierając szparki. Za dowód tego mogą służyć doświadczenia wykonane w Neapolu przez Bergena z odciętymi gałązkami wstawionymi do wody. Zaopatrzenie w wodę było więc dobre



Ryc. 24. *Aloë disticha*. Przekrój poprzeczny liścia: *k* — skutynizowana warstwa zewnętrznej błony skórki, *w* — wgłębienie prowadzące do szparki oddechowej, *sz* — komórka szparkowa. — Według Rothertha.

i szparki mogły się otworzyć. Wzięte były do tych doświadczeń raz śródziemnomorskie kserofity o skórkowatych, nie opadających na zimę liściach, a drugi raz mezofity (tab. VIII). Natężenie transpiracji wypadło mniej więcej jednakowe.

Wielka ilość szparek u typowych kserofitów ma dla nich wielkie znaczenie. Dzięki nim mogą one pobierać z powietrza znaczne ilości dwutlenku węgla w godzinach i dniach chłodnych, kiedy transpiracja jest słaba i nie zagraża uschnięciem. A nawet na Saharze rano bywa chłodno, co jest powodowane przez słabe zachmurzenie (ryc. 25). Zdarzają się niekiedy przymrozki. Na przykład w oazie El Goléa zanotowano w poszczególnych dekadach (dziesięciodniowych okresach) lat 1892—1898 temperatury powietrza zestawione w tabeli IX.

Prócz możności regulowania transpiracji kserofity mają inny jeszcze środek, który ułatwia im przetrzymywanie suszy. Odznaczają się one mianowicie wielką sprawnością w pobieraniu wody z gleby. Służą im do tego głęboko sięgające korzenie. Motorem zaś pozwalającym wyciągnąć wodę z gleby mało wilgotnej



**Tabela VII**  
Średnie miesięczne maksima wskaźnika parowania (mm rtęci)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma
Abisko	0,7	0,7	1,0	1,8	3,0	4,9	6,3	4,8	2,9	1,7	1,2	0,8	29,8
Warszawa	0,7	1,8	2,3	4,4	8,4	11,1	11,7	10,7	6,8	3,0	1,2	1,3	63,4
Bismarck	1,6	1,3	2,5	7,7	13,7	13,2	19,9	19,7	13,8	8,4	3,2	1,5	106,5
Ługańsk (dla godziny 13)	0,4	0,8	1,4	6,4	12,1	14,8	19,6	21,1	11,8	5,7	1,7	0,6	96,5
Nerczinski Zawod (dla godziny 13)	0,1	0,2	0,9	4,1	7,6	12,6	12,7	8,5	7,4	3,1	0,7	0,1	58,0
Perpignan	4,7	6,0	7,8	10,1	12,0	14,8	19,8	17,1	13,3	8,8	6,0	5,3	125,7
A'eksandria	8,3	9,2	10,6	12,7	14,2	14,6	15,5	16,9	17,1	15,1	12,1	9,2	155,5
El Goléa w Saharze	10,0	13,5	19,2	28,4	43,6	65,0	80,3	76,3	59,5	34,9	16,6	10,1	457,4
San Francisco	3,6	4,2	5,0	6,0	5,8	7,0	5,8	5,1	7,5	7,5	5,3	4,2	67,0
Batawia	9,7	9,5	11,4	12,7	12,9	12,9	14,0	15,8	16,3	15,8	13,7	11,3	156,0
Cayenne	9,9	10,8	10,4	10,9	10,3	12,6	14,2	18,1	19,6	19,1	15,3	11,7	162,9



## T a b e l a VIII

### Transpiracja w mg na godzinę i 100 cm<sup>2</sup> powierzchni liści

Kserofity śródziemnomorskie		Mezofity	
Dąb ( <i>Quercus Ilex</i> )	238	Wiąz ( <i>Ulmus campestris</i> )	342
Oliwka ( <i>Alea europaea</i> )	302	Groch ( <i>Pisum sativum</i> )	353
Kruszyna ( <i>Rhamnus Alaternus</i> )	658		



Ryc. 25. Średnie roczne zachmurzenie. Liczby wskazują, ile dziesiątych nieba pokrywają chmury. Widoczne jest, że tereny pustynne i stepowe odznaczają się słabym zachmurzeniem. — Według Teisserene de

B o r t a.

jest ciśnienie osmotyczne, daleko silniejsze niż u higrofitów. Lawrence i Gortner znaleźli dla roślin pustynnych w Arizonie wartości 15,9—23,6 atm dla jednorocznych roślin zielnych i 22,0—45,2 dla drzew. Drzewa wykazały zatem większe ciśnienie osmotyczne od ziół. Jest to prawidło ogólne, bo i u naszych drzew, według danych przytoczonych w rozdziale I i według pomiarów Iwanickiego, drzewa mają ciśnienie osmotyczne 15—22 atm, zielne zaś — mniejsze. Drzewa można w ogóle uważać za pewnego rodzaju kserofity z powodu swoich wysokich pędów wznoszących się do bardziej ruchliwych warstw powietrza, gdzie jego siła wysuszająca jest większa, bo są nawet w wilgotnym klimacie bardziej niż rośliny zielne narażone na usychanie.



Tabela IX

El Goléa w Saharze. Średnie maksima i minima temperatury powietrza ( $t_{max}$  i  $t_{min}$ ) oraz częstość (w %) przymrozków dla poszczególnych dekad

	Styczeń			Luty			Marzec			Kwiecień			Maj			Czerwiec		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$t_{max}$	18,8	18,6	17,6	19,6	23,1	24,2	24,5	25,3	27,3	27,8	29,0	32,8	34,1	35,5	36,1	39,5	41,5	42,9
$t_{min}$	2,2	1,4	1,4	2,3	3,9	7,1	6,0	8,6	9,2	10,2	10,6	11,9	15,8	16,4	16,4	19,3	21,8	23,6
Częstość przymrozków	19	32	31	18	7	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lipiec			Sierpień			Wrzesień			Październik			Listopad			Grudzień		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$t_{max}$	42,3	44,9	44,9	45,0	42,4	42,1	40,9	40,1	37,2	34,9	33,1	31,2	26,2	24,9	20,9	19,4	17,8	16,8
$t_{min}$	24,2	24,8	25,1	23,7	23,0	22,0	22,1	20,6	18,4	15,8	14,0	13,4	11,1	7,3	4,9	3,2	3,0	1,8
Częstość przymrozków	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	13





A



B



C



D

Kyc. 26. Krajowe higrofity cieniste: A — czartawa (*Circaea alpina*), B — niecierpek (*Impatiens noli tangere*), C — zajęcza kapusta (*Oxalis Acetosella*), D — marzanka (*Asperula odorata*). — Według Benthama.



W przeciwstawieniu do kserofitów higrofity mają ciśnienie osmotyczne niskie. I tak dla naszych cienistych higrofitów (ryc. 26) W a l t e r otrzymał wartości:

Niecierpek ( <i>Impatiens noli tangere</i> ) . . . .	6,9 atm
Zajęcza kapusta ( <i>Oxalis Acetosella</i> ) . . . .	7,8 „
Przytulia leśna ( <i>Galium silvaticum</i> ) . . . .	9,1 „
Marzanna wonna ( <i>Asperula odorata</i> ) . . . .	10,9 „

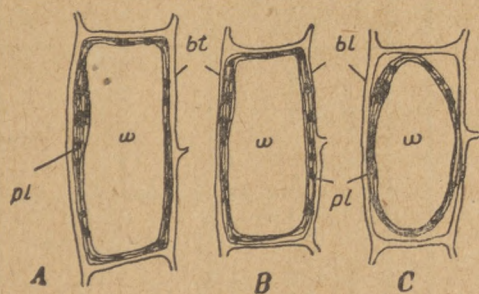
Większe ciśnienie osmotyczne kserofitów prócz ułatwienia pobierania wody z gleby umożliwia ich komórkom wciąganie większych ilości wody, dzięki bowiem większemu ciśnieniu roślina może bardziej rozdymać komórki. Przyczynia się do tego także większa rozciągliwość błon komórkowych u kserofitów.

Dla określenia tej właściwości trzeba wymierzyć maksymalną i minimalną objętość komórki. Największa będzie objętość, gdy komórkę włoży się do wody. Wtedy ciśnienie soku komórkowego na protoplazmę może wykazać pełne swoje działanie, bo może wciągnąć do komórki maksymalną ilość wody. Następnie wkłada się komórkę do jakiegokolwiek roztworu. Będzie on cisnął na protoplazmę z zewnątrz, jeśli drobiny rozpuszczonej substancji nie są zbyt duże i mogą przeniknąć przez błonę komórkową. Ciśnienie osmotyczne będzie wtedy przynajmniej częściowo zrównoważone i komórka odpowiednio się skurczy. Można również tak dobrać roztwór, że wewnętrzne ciśnienie osmotyczne będzie całkowicie zrównoważone przez zewnętrzne. W tym stanie błona nie będzie rozdęta i komórka będzie miała najmniejszą objętość. Jeżeli roztwór będzie jeszcze bardziej stężony, błona komórkowa nie będzie się już więcej kurczyła, natomiast będzie się dalej kurczyła protoplazma odstając od błony. Nastąpi stan p l a z m o l i z y (ryc. 27).

Z tych zjawisk korzysta się często przy pomiarze ciśnienia osmotycznego. Trzeba w tym celu dobrać taki roztwór, żeby odstawanie protoplazmy od błony dopiero się zaczynało, co najwyraźniej występuje w pobliżu załamania błony. Wtedy można przyjąć, że ciśnienie roztworu jest mniej więcej równe ciśnieniu soku komórkowego. Ta metoda, tzw. p l a z m o l i t y c z n a, daje



mniej więcej takie same wyniki, jak opisana w rozdziale I metoda krioskopowa, polegająca na badaniu wyciśniętego z rośliny



Ryc. 27. Komórka głowaczka (*Cephalaria*) w czystej wodzie (A), w słabym roztworze (B) i w bardziej stężonym (C); *bt* — błona komórkowa, *pl* — protoplazma, *w* — wodniczka wypełniona sokiem komórkowym. — Według de Vriesa.

soku komórkowego. Trzeba by przy tym uważać, by substancja użyta do sporządzenia roztworu nie przenikała do protoplazmy. Taką właściwość ma cukier trzcinowy, ten zwykły cukier otrzymywany u nas z buraków. Ponieważ roztwory cukru prędko się psują skutkiem zjawienia się na nich pleśni, bierze się często zamiast cukru jakąś sól, np. saletrę. Otóż cząsteczki soli, zwłaszcza ich jony są

bardzo drobne, o wiele mniejsze od cząsteczek cukru, i przeto łatwo przenikają do protoplazmy pomniejszając przez to ciśnienie wywierane przez roztwór. Powoduje to błędy w pomiarach ciśnienia osmotycznego. Stąd pochodzą nieprawdopodobnie duże wartości tego ciśnienia podawane w literaturze naukowej — 100 i więcej atmosfer.

Naturalnie przy stosowaniu metody plazmolitycznej trzeba wiedzieć, jakie ciśnienie wywiera roztwór. Zależy to od jego stężenia. Pod tym względem bardzo cennych wskazówek dostarczają pomiary Morsego. Poniżej podaję, ile trzeba dać cukru na litr wody, by otrzymać określone ciśnienie osmotyczne (tab. X). Na podstawie tych danych każdy może z łatwością wymierzyć ciśnienie osmotyczne w komórkach roślin. Obserwacje najłatwiej jest przeprowadzać na skórcie zdartej z liścia. Nie należy przy tym zrażać się tym, że sąsiednie komórki reagują różnie. Należy dobrać taki roztwór, by mniej więcej połowa komórek wykazywała plazmolizę.



Tabela X

Ciśnienie osmotyczne w atm. przy 20°C	Ilość cukru w gr na litr wody	Ciśnienie osmotyczne w atm. przy 20°C	Ilość cukru w gr na litr wody
5	67,5	15	200,2
6	81,0	16	212,8
7	94,5	17	225,3
8	107,9	18	235,8
9	121,4	19	250,1
10	134,9	20	262,5
11	148,1	21	274,8
12	161,2	22	286,9
13	174,3	23	299,1
14	187,2	24	311,1
		25	322,8

Za pomocą opisanej powyżej metody Krasnosielska-Maksimowa otrzymana została tabela XI. Porównane były: słonecznik — roślina słoneczna, silnie wytrzymała na suszę — i niecierpek syberyjski (*Impatiens parviflora*) roślina cienista, mniej wytrzymała.

Tabela XI

Roślina	Tkanki mięsiste liści	Kurczenie się komórek przy plazmolizie w % objętości w stanie nasycenia wodą
Słonecznik	palisadowa	27
	gąbczasta	28
Niecierpek	palisadowa	7
	gąbczasta	3

Kurczenie się komórek w liściach słonecznika, a więc i pęcznienie ich przy nasycaniu wodą wypadło 4 razy większe niżeli u niecierpka.

Przytoczę jeszcze jeden przykład, a to dlatego, że będzie chodziło o przedstawienie różnych fizjologicznych u różnych ekotypów tego samego gatunku, mianowicie rumianku bezwonowego (*Matricaria inodora*), pospolitej u nas rośliny polnej. Otóż istnieją dwie



formy niewiele różniące się od zwykłej formy polnej, z których jedna rośnie na skałach (na wyspie Rugii a może i gdzie indziej), druga zaś na wybrzeżach morskich. Badania H ü s e r a wykazały, że rozszerzalność komórek u formy naskalnej jest z górą dwa razy większa aniżeli u formy polnej (tab. XII).

**T a b e l a   X I I**  
Rumianek bezwonny

Forma stanou iskowa	Zwiększenie objętości komórek przy pęcznieniu w procentach minimalnej objętości	Ciśnienie osmotyczne w atm.
polna	10,9	9,1
nadmorska	23,1	16,4
naskalna	28,0	12,9

Porównując zwiększenie objętości komórek z ciśnieniem osmotycznym, które je spowodowało, widzimy, że na jedną atmosferę ciśnienia przypada u formy naskalnej zwiększenie objętości komórek wynoszące  $28,0/12,9 = 2,2\%$  minimalnej objętości, u formy zaś polnej to zwiększenie objętości wynosi  $10,9/9,1 = 1,2\%$ . Rozciągliwość błon komórkowych u bardziej kserycznej formy naskalnej jest zatem blisko dwa razy większa aniżeli u mniej kserycznej formy polnej. Forma nadmorska zbliża się do formy naskalnej, odznacza się nadto dużym ciśnieniem osmotycznym, które charakteryzuje wszystkie rośliny solniskowe.

Osobliwymi kserofitami, przynajmniej w znacznej części, są sukulenty. Jak wskazuje nazwa, są one bardzo soczyste, mają bowiem w łodygach i liściach pod zieloną tkanką asymilacyjną silnie rozwiniętą bezbarwną tkankę wodną. W związku z tym łodyga i liście są bardzo grube. Wymiary liści są przeważnie małe. W krańcowych przypadkach, w szczególności w amerykańskiej rodzinie kaktusów, pędy są zupełnie bezlistne, gdyż liście wcześniej opadają albo nie tworzą się wcale (ryc. 28). Powierzchnia pędów jest przeto mała w porównaniu do objętości, mniejsza aniżeli u wszystkich innych roślin lądowych.





Ryc. 28. Sukulenty. A — *Hurnia Penzigi* z rodziny *Asclepiadaceae*, B — rozchodnik alpejski (*Sedum alpestre*), C — rojnik (*Sempervivum arachnoideum*), D — rozchodnik wielki (*Sedum maximum*). — Według Wettsteina i Hegiego.



Wspomniane zapasy wody gromadzą sukulenty w czasie deszczów zbierając ją z dużej powierzchni za pomocą płytkich korzeni, jak już była o tym mowa w rozdziale I (ryc. 5). Nie potrzebują one do tego dużego ciśnienia osmotycznego. Toteż pomiary jego dają wartości małe, np. wskazują je następujące liczby:

kaktusy: <i>Echinocactus Wislizeni</i> . . . . .	3,9 atm
<i>Cereus giganteus</i> . . . . .	5,5 „
gruboszowate: rozchodnik <i>Sedum maximum</i> . . . . .	4,7 atm
rojniki <i>Sempervivum hirsutum</i> . . . . .	5,2 „

Dalszą cechą sukulentów jest gruba, silnie skutynizowana błona zewnętrzna skórki. Pod tym względem podobne są one do typowych kserofitów, natomiast różnią się od nich niezwykle małą liczbą szparek oddechowych. Np. u pewnego gatunku rojnika (*Sempervivum arachnoideum*) Weiss naliczył na górnej stronie liści zaledwie 31 szparek na 1 mm<sup>2</sup> i na dolnej 22, a u rozchodnika *Sedum corsicum* — 51 i 30. Te cechy anatomiczne powodują, że transpiracja zarówno nabłonkowa, jak i szparkowa są stale słabe. Straty wody powodowane przez transpirację są przy tym mało dotkliwe, bo powierzchnia pędów jest mała w porównaniu do objętości. Zapasy wody pozwalają pokryć te straty z łatwością, toteż niektóre kaktusy wytrzymują bez podlewania parę lat.

Z powyższego wynika, że sukulenty są dobrze przystosowane do suchego klimatu. Nie znaczy to jednak, aby wszystkie były skrajnymi kserofitami. Ciekawych danych dostarcza pod tym względem opuncja. W jej ojczyźnie — w pustyniach północnoamerykańskich — deszcze są skąpe, ale wynoszą jednak około 200 mm rocznie, gdy tymczasem na Saharze spadają poniżej 100. I co się okazuje? Roślina ta, posadzona na skraju oaz saharijskich, więdnie, natomiast dobrze rośnie w swojej ojczyźnie. Tym więcej nasze krajowe sukulenty z rodziny gruboszowatych — rozchodniki i rojniki. Rosną one wprawdzie na piaskach i skałach, ale sięgają też wysoko w góry, gdzie opady przewyższają 1000 mm rocznie.



Ciekawa jest u sukulentów gospodarka substancjami organicznymi. Mając mało szparek oddechowych nie mogą one uzyskiwać większych ilości dwutlenku węgla z powietrza, nie mogą przeto intensywnie produkować substancji organicznych i muszą nimi gospodarować oszczędnie. Przejawia się to w przebiegu oddychania. W nocy utlenianie cukrów odbywa się tylko częściowo i tworzą się z nich kwasy organiczne, głównie kwas jabłkowy. Dwutlenek węgla nie tworzy się przy tym. Dopiero z nastaniem dnia pod wpływem światła kwasy te utleniają się ostatecznie na dwutlenek węgla i wodę. Dwutlenek węgla zostaje jednak od razu przyswojony i w ten sposób roślina nie traci raz przyswojonego węgla, jak to się dzieje normalnie u roślin w nocy.

Przy podanej powyżej charakterystyce kserofitów były już opisane mimochodem główne cechy higrofitów: stosunkowo duże a cienkie liście, skórka na nich ze stosunkowo cienką, słabo skutykizowaną błoną, małe ciśnienie osmotyczne, słabsza rozciągliwość błon komórkowych.

Z naszych roślin krajowych skrajnym higrofitem jest niecierpek (*Impatiens noli tangere*), który rośnie tylko w cienistych lasach. Jak słabo zrównoważona jest jego gospodarka wodna, widać z tego, że więdnie on nieomal w oczach, jeżeli zerwie się jego pęd. Trzeba przy tym mieć na uwadze, że nie jest to gatunek podany w tabeli XI. Tamten gatunek, pochodzenia syberyjskiego, jest bardziej kseryczny, jakkolwiek także unika słońca. Jest on ciekawy z innego powodu, a mianowicie jako obca roślina, która z ogrodów botanicznych potrafiła rozsiedlić się szeroko, co zdarza się bardzo rzadko.

Oprócz higrofitów cienistych, których typowe formy są przedstawione na ryc. 26, są też higrofity słoneczne, rosnące na mokrych stanowiskach, jak np. kaczeniec (ryc. 29). Są one bardziej wytrzymałe na suszę od higrofitów cienistych, bo wytrzymują stosunkowo silną transpirację powodowaną przez nasłonecznienie i żywe ruchy powietrza, których w lasach nie ma.

Prócz podanych powyżej cech fizjologicznych higrofitów leśni ich przedstawiciele odznaczają się słabszą od kserofitów zdolnością wyzyskiwania dwutlenku węgla do produkcji substancji orga-





A



B



C



D

Ryc. 29. Krajowe higrofity słoneczne: A — kaczeniec (*Caltha palustris*), B — rzeżucha (*Cardamine pratensis*), C — rdest (*Polygonum Bistorta*), D — dziewięciornik (*Parnassia palustris*). — Według B e n t h a m a.



nicznych i odpowiednio do tego słabszym zużyciem go w procesie oddychania. Była już o tym wzmianka w rozdziale III. Jak się przedstawiają pod tym względem higrofity słoneczne, nie jest jeszcze zbadane.

Pomiędzy kserofitami a higrofitami są liczne formy przejściowe — mezofity. Trudno jest nieraz ustalić ten ich charakter. Bardzo zawodne jest przy tym opieranie się na cechach morfologicznych. Za przykład może posłużyć sosna i świerk, które mają cechy właściwe kserofitom: grube liście, z grubą, silnie skutynizowaną zewnętrzną błoną skórki i zagłębionymi szparkami oddechowymi. Tymczasem sosna jest wybitnym kserofitem, dobrze rosnącym na mazowieckich piaskach, na których marnieje świerk, jeśli

tam zostanie posadzony. Rośnie on natomiast dobrze w wilgotnym klimacie górskim oraz na północno-wschodnim terenie niżowym, gdzie klimat jest wilgotniejszy niż w środkowej Polsce. Jest to widocznie, jeżeli nie higrofit, to przynajmniej mezofit.



Ryc. 30. *Citrullus Colocynthis* — saharyjska roślina z rodziny dyniowatych. — Według Karstena

Mało tego, są zdecydowane kserofity o pokroju higrofitów. Ciekawym przedstawicielem tego rodzaju roślin jest *Citrullus Colocynthis*, roślina z rodziny dyniowatych rosnąca w głębi Sahary (ryc. 30). W ogóle dyniowate są bardzo ciekawe. W jaki sposób po-



trafia 6ne nagromadzi6 w swoich wielkich owocach — dyniach, kawonach, melonach — tak wielkie iloœci wody? Kwestia warta bli¿szego zbadania.

Przejdmy z kolei do rozpatrzenia bardzo osobliwych higrofit6w, kt6re byly dlu¿y czas mylnie traktowane jako kserofity — do roœlin g6rskich wyst6puj6cych na halach, ponad granic6 las6w. Było to bardzo dziwne nieporozumienie. Nie wiadomo, dlaczego nie robiono pomiar6w ewaporometrycznych w g6rach, a wpłwu czynnik6w atmosferycznych na parowanie nie oceniano w nale¿yty sposób. Zbyt wielki wpłw przypisywano zmniejszonemu ciœnieniu barometrycznemu i wiatrom. Tymczasem okazało si6, że parowanie w g6rach jest słabsze ani¿eli na ni¿u.

Gdy wykonano pomiary ewaporometryczne, wyjaœniły one od razu zagadnienie. Pierwsze z nich, ogł6szone w r. 1915 przez Shreve'a, byly wykonane na gor6cych, pustynnych terenach Arizony. Dały one wyniki bardzo wyra¿ne, jak to wida6 z tabeli XIII, w kt6rej s6 zestawione œrednie wartoœci szybkoœci parowania w czasie od 6. VI. do 25. IX, przyjmuj6c za 100 szybkoœ6 parowania na dolnym poziomie.

**T a b e l a   X I I I**

Szybkoœ6 parowania w g6rach Santa Catalina w Arizonie

Wzniesienie nad poziomem morza w tysiącach st6p	Nate¿enie, parowania
3	100
4	96
5	76
6	62
7	65
8	32

Mniej jaskrawe r6znice wyst6puj6 w chł6dniejszym klimacie œrodkowej Europy, bo r6znice w parowaniu zale¿6 gł6wnie od temperatury. Wida6 to z danych ogł6szonych w r. 1925. Mianowicie Schubert por6wnywał parowanie na ni¿u p6łnocnych Niemiec (115 m nad poziomem morza) i w g6rach œrodkowych Niemiec (667 m). Otrzymał on dla wy¿szego z tych dw6ch pozio-



mów parowanie o 20% słabsze od niższego. Następnie Maurer i Lüttsch porównywali parowanie w 6 punktach w Szwajcarii na poziomach od 656 do 2 109 m w czasie od 12 lipca do 20 września. Jeżeli dla dolnego poziomu, zgodnie z pomiarami Schuberta, przyjmiemy natężenie parowania równe 80, to otrzymamy dla wyższych poziomów wartości zestawione w tabeli XIV.

**Tabela XIV**

S t a c j a	Wysokość nad poziomem morza w m	Natężenie parowania w procentach parowania niższego
Viçp	656	80
Stalden	810	78
Balen	1490	76
Saas—Almagel	1680	80
Saas—Fee	1830	105
Mattmark	2109	71

Otóż, jak widać z tej tabeli, tylko stacja Saas-Fee na poziomie 1 830 m dała natężenie parowania wyższe aniżeli na niżu—105%. Ale jeszcze wyższa — Mattmark na poziomie 2 109 — wykazała parowanie znacznie słabsze, bo tylko 71%. Te różnice zależą naturalnie m. in. od wiatru, który na ogół jest silniejszy na wyższych poziomach, ale też zależy od warunków lokalnych. Trzeba przy tym pamiętać, że jego wpływ na transpirację jest słabszy aniżeli na parowanie z wodnej powierzchni, gdyż nie działa on na transpirację szparkową.

Dla wyjaśnienia tych zagadnień dobrze jest użyć wskaźnika parowania, który określa dokładnie wpływ wszystkich czynników atmosferycznych prócz wiatru. Otóż wskaźnik parowania maleje bardzo silnie wraz ze wzniesieniem nad poziom morza, nawet w stosunkowo chłodnym klimacie środkowo-europejskim, jak widać z porównania Śnieżki Sudeckiej (1 602 m) i Wrocławia (130 m) (tab. XV). Jednocześnie ze wzniesieniem ponad poziom morza wzmagają się wiatry, co oczywiście zwiększa siłę wysuszającą powietrza. W rezultacie siła ta jednak maleje wraz ze wzniesieniem nad poziom morza. Niemniej jednak wiatr w górach jest



wrogiem roślin, i to wrogiem nieubłaganym, a to skutkiem jednoczesnego działania zimowych mrozów. Jak to już było podane w rozdziale I, zatrzymuje on ruch wody w roślinie i powoduje usychanie wyższych jej części. Dlatego też rośliny wysokogórskie są niskie. Drzewa w tych warunkach rosnąć nie mogą.

Klimat górski oprócz słabości parowania odznacza się jeszcze silnymi opadami, przewyższającymi 1 m na rok, np. na Śnieżce Sudeckiej mają one wysokość 1 128 mm (we Wrocławiu 579).

W wysokich częściach Alp opady dochodzą nawet do kilku metrów.

Jeszcze jedna osobliwość górskiego klimatu — to silniejsze w porównaniu z niżem promieniowanie słońca, powodowane przez słabsze pochłanianie promieni w rozrzedzonej atmosferze. Ciekawe jest przy tym, że zwyżka dotyczy promieniowania idącego bezpośrednio od słońca. Natomiast promieniowanie rozproszone jest słabsze. W sumie różnica między promieniowaniem słonecznym w górach i na niżu nie jest duża. Widoczne jest to z zestawienia w tabeli XVI.

Przypuszczano dawniej, że pod wpływem silniejszego promieniowania słońca rośliny górskie rozgrzewają się silniej aniżeli niżowe, co wzmagałoby transpirację. Pomiaru wykonane w latach 1927 i 1929 przez Dorno i Senna w Szwajcarii wykazały jednak, że pod tym względem nie ma różnicy między górami a niżem. Można to łatwo wytłumaczyć tym, że działające jednocześnie ze słonecznym promieniowaniem atmosfery jest słabsze w górach z powodu niższej temperatury powietrza.

Słabsze parowanie i obfitość opadów atmosferycznych w górach świadczą o tym, że rośliny górskie są higrofitami. Jeżeli schodzą na niż, trzymają się stanowisk wilgotnych, takich jak torfowiska. O ułatwionej w górach gospodarce wodnej świadczy m. in. fakt, że wahania dzienne zawartości wody w liściach roślin są bardzo małe, jak to stwierdził jeden z badaczy niemieckich na górnej granicy lasów w Tyrolu zarówno u drzew (limba), jak i u ziół (mak alpejski). Na niżu te wahania dochodzą do 40% zawartości wody w godzinach nocnych.



**Tabela XV**

Średnie maksima wskaźnika parowania (1892 — 1912)

S t a c j a	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śnieżka Sudecka 1602 m	1,3	0,9	0,9	1,2	1,9	2,7	3,3	3,0	2,2	1,7	1,5	1,4
Wrocław 130 m	1,3	1,8	3,4	6,1	9,4	12,7	14,0	12,7	8,3	4,8	2,2	1,4

**Tabela XVI**

Energia promieniowania słonecznego padającego w południe pogodnych dni na centymetr kwadratowy powierzchni poziomej w ciągu minuty w kaloriach gramowych  
Zugspitze 2960 m (1. VIII. 1926 — 31. VII 1927)

Promieniowanie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
bezpośrednie	0,56	0,79	1,05	1,32	1,39	1,40	1,43	1,31	1,22	0,89	0,66	0,51
rozproszone	0,07	0,05	0,06	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,10	0,13	0,08	0,08
S u m a	0,63	0,84	1,11	1,41	1,48	1,50	1,53	1,42	1,32	1,02	0,74	0,59

Karlsruhe 130 m (1827 — 28)

bezpośrednie	0,28	0,51	0,78	0,93	1,09	1,10	1,00	0,87	0,79	0,52	0,34	0,24
rozproszone	0,23	0,18	0,16	0,30	0,36	0,36	0,35	0,32	0,24	0,31	0,29	0,25
S u m a	0,51	0,69	0,94	1,23	1,45	1,46	1,35	1,19	1,03	0,83	0,63	0,49

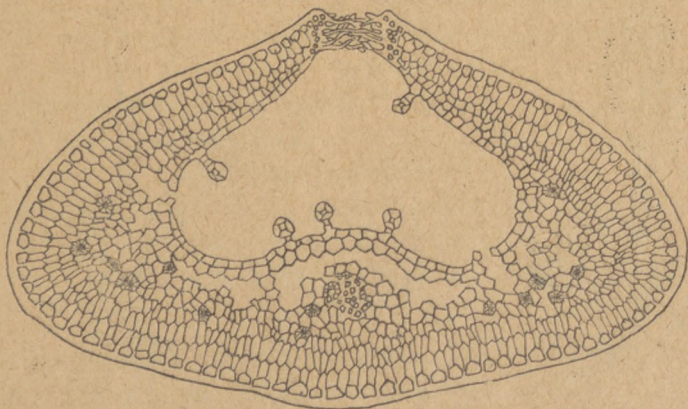


W pozornej sprzeczności z tym zjawiskiem pozostaje pokrój niektórych roślin górskich, przypominający kserofity. Ciekawym przykładem tego jest bażyna (*Empetrum nigrum*), niski krzew o wąskich liściach (ryc. 31). Górna skórka jego liści ma grube błony zewnętrzne, a szparki ukryte na dolnej stronie w rynnie utworzonej przez zwinięte brzegi liścia (ryc. 32). Tego rodzaju górskie rośliny podtrzymywały dawniejsze mniemanie o kserycznym charakterze roślin górskich.

Bażyna wyjaśnia wiele zjawisk. Mianowicie rośnie ona także na niżu, ale tylko na torfowiskach. A więc na stanowiskach bardzo wilgotnych, co świadczy dobitnie, jak pokrój roślin może wprowadzać w błąd, jeżeli według niego chcemy sądzić o ich życiu. Na tym jednak nie koniec: bażyna masowo rośnie na tundrze



Ryc. 31. Bażyna (*Empetrum nigrum*). — Według Schroetera.



Ryc. 32. Przekrój poprzeczny liścia bażyny. — Według Schroetera.



na wybrzeżach arktycznych. Wprowadza nas w ten sposób w zagadnienie dotyczące charakteru roślin arktycznych.

Otóż znany był od dawna bardzo ciekawy fakt, że liczne rośliny występują tylko wysoko w górach i na dalekiej północy nad oceanem (ryc. 33). Klasycznym tego przykładem jest dębik (*Dryas octopetala*). Wynika stąd, że warunki życia roślinnego w krajach arktycznych muszą być podobne do warunków górskich.



Ryc. 33. Rośliny arktyczno — górskie: A — dębik (*Dryas octopetala*), B — sibaldia (*Sibbaldia procumbens*), C — szezawiór (*Oxyria digyna*), D — rdest (*Polygonum viviparum*). — Według B e n t h a m a.



I istotnie, jak już widzieliśmy z tabeli VII na przykładzie Abisko położonego za kołem biegunowym w Laponii szwedzkiej, wskaźnik parowania na północy jest niski. Wiatry są tak samo silne, nie dopuszczające do osiedlenia się drzew. Różnica jest w opadach atmosferycznych, które są tam skąpe. Każdy jednak, kto — jak autor tej książki — miał sposobność zwiedzić kraje arktyczne, mógł stwierdzić, że gleba jest tam bardzo wilgotna nawet podczas dobrej pogody. Rośliny arktyczne (rys. 34) stanowią wobec tego wraz z górkami jeden typ ekologiczny: a r k t y c z n o - g ó r s k i o charakterze higrofitowym.

Cechy fizjologiczne roślin arktyczno-górskich, prócz charakterystycznego dla nich wszystkiego słabego kseryzmu, są bardzo różne, w szczególności bardzo różne jest u nich ciśnienie osmotyczne. Dokładniejszych danych brak w literaturze naukowej. Liczba szparek oddechowych nie daje żadnych wskazań. Waha się ona w szerokich granicach: goryczka (*Gentiana verna*) ma 54 szparki na 1 mm<sup>2</sup> na górnej stronie, a 65 na dolnej, koniczyna zaś (*Trifolium alpinum*) — 401 i 14.

Jeżeli chodzi o gospodarkę wodną, bardzo oryginalnym typem ekologicznym są wyższe rośliny rosnące w krajach tropikalnych na drzewach, tzw. epifity, o których była już mowa w rozdziale I. Do tego, co tam było podane, warto jest jeszcze dodać, że wykazują one mniejsze ciśnienie osmotyczne niż wszystkie inne rośliny. H a r r i s i L a w r e n c e podają dla epifitów z Jamajki następujące wartości: storczyki — średnio 3,4 atm. rośliny z rodziny *Bromeliaceae* — 4,0 z rodziny *Piperaceae* — 4,2. Jest to zgodne z ich sposobem życia. Rośliny te pobierają wodę deszczową albo rosę bezpośrednio przez korzenie albo przez liście i tak małe ciśnienie osmotyczne w zupełności im wystarcza. Jak już było podane w rozdziale I, epifity mają silnie rozwiniętą tkankę wodną (ryc. 8).

Różnice między omawianymi dotychczas typami ekologicznymi dotyczyły głównie gospodarki wodnej, a więc procesów fizjologicznych. Są także typy ekologiczne mające związek z procesami chemicznymi. Tu na pierwszym miejscu trzeba wymienić s ł o n o r o -





A



B



C



D

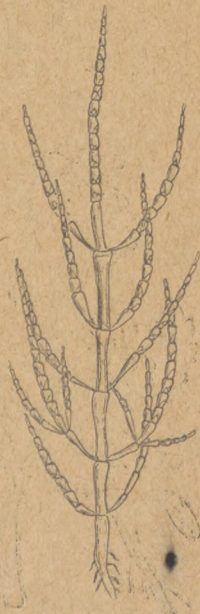
Ryc. 34. Kośliny arktyczne: A — brzoza karłowata (*Betula nana*), B —  
 dereń szwedzki (*Cornus suecica*), C — zimoziół (*Linnaea borealis*), D —  
 moroszka (*Rubus chamaemorus*). — Według B e n t h a m a.



śła, czyli halofity. Rosną one tylko na zasolonej glebie, w pobliżu słonych źródeł, na wybrzeżach morskich i w pustyniach. Morfologicznie odznaczają się zgrubiałymi, czasem zanikającymi liśćmi (rys. 35 i 36). Ich najważniejszą cechą fizjologiczną jest wytrzymałość na działanie dużych ilości soli w wodzie glebowej. W jaki sposób przetrzymują one to działanie, nie wiadomo. Niektóre mają gruczoły wydzielające nadmiar soli, która przenikła do komórek, ale większość słonorośli ich nie ma. W związku z zasoleniem podłoża słonorośla mają duże ciśnienie osmotyczne. Jest ono niezbędne, by przeciwstawić się ciśnieniu wywieranemu przez słoną wodę glebową. Poza tym słonorośla nie mają wspólnych cech fizjologicznych. Między innymi jedne z nich rosną na terenach podmokłych, inne — na suchych, pustynnych.

Ciekawy jest u słonorośli fakt, że sól nie działa na nie korzystnie. Wyjątek stanowi soliród (*Salicornia*), który w obecności soli rośnie trochę bujniej. Na zwykłej glebie rosną one równie dobrze, jak i na zasolonej. Jeżeli nie występują na glebach niesłonnych, pochodzi to widocznie z ich małej sprawności w walce o byt z innymi roślinami. Na czym polega to ich upośledzenie, nie zostało dotąd wyjaśnione.

Wśród roślin lądowych można wyróżnić inne jeszcze typy ekologiczne. I tak są rośliny w a p n o l u b n e, które nie znoszą kwaśnej gleby i rosną na terenach wapiennych. W przeciwieństwie do tego roślinom t o r f o w i s k o w y m sprzyja silnie kwaśna reakcja wody glebowej. Następnie można wymienić r o z t o c z e albo s a p r o f i t y, które nie mają chlorofilu, a substancje organiczne potrzebne do życia pobierają z gleby. Za przykład ich może służyć korzeniówka (*Monotropa*) rosnąca u nas w lasach. Roztocze odznaczają się zanikiem liści, jak to widać z ryc. 37, i brakiem chlorofilu. Dalej, pasożyty także stano-



Ryc. 35. Soliród (*Salicornia herbacea*). — Według Schimper'a.





A



B



C



D

Ryc. 36. Halofity krajowe: A — aster solny (*Aster Tripolium*), B — mlecznik (*Glaux maritima*), C — dziobak (*Cakile maritima*), D — mikołajek (*Eryngium maritimum*). — Według Benthama.



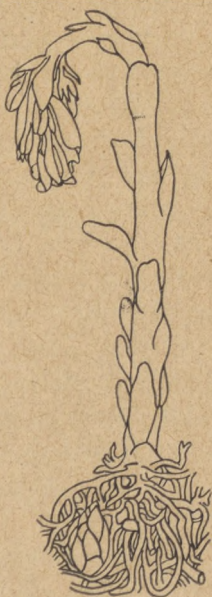
wią ciekawy typ ekologiczny. Jedne z nich są pozbawione ziele-  
ni, jak kaniańka (*Cuscuta*), inne są zielone, jak jemiola (*Viscum*).

Rośliny niższe, jak mchy, grzyby i poro-  
sty, również dostarczają materiału do wyróż-  
nienia typów ekologicznych wśród roślin lądo-  
wych. Wyczerpanie tych zagadnień nie jest  
zadaniem tej książki i dlatego przejdziemy do  
rozpatrzenia roślin wodnych.

Rośliny wodne różnią się od lądowych  
swymi wymaganiami. Po pierwsze, nie wiado-  
mo, dlaczego sprzyja im zasolenie środowiska:  
flora mórz jest bardzo bogata, flora wód słod-  
kich uboga zarówno pod względem masy ro-  
ślinnej, jak i różnorodności form. Po wtóre, ro-  
ślinność morska jest daleko bardziej obfita  
w morzach zimnych aniżeli w ciepłych, nato-  
miast na lądach wyższa temperatura sprzy-  
ja życiu roślinnemu. Dla wolno unoszących  
się w wodzie mikroskopowych roślinek pla-  
nktonowych można te stosunki ująć liczbo-  
wo. Według H a r w e y a średnia liczba  
tych żyjątek, przypadająca na 1 litr wody  
w Oceanie Atlantyckim, przedstawia się nastę-  
pująco:

Szerokość geograficzna	50° — 40°	3 000
.. ..	40° — 30°	1 000
.. ..	30° — 20°	600
.. ..	20° — 10°	500

Wymowne świadectwo bogactwa życia roślinnego w morzach  
zimnych daje obfitość zwierząt: ogromne ławice śledzi i dorszów,  
chmary ptaków wodnych. Nadto największe z istniejących obecnie  
ssaków — wieloryby — żyją właśnie w morzach arktycznych i an-  
tarktycznych.



Ryc. 37. Korze-  
niówka (*Monotro-  
pa Hypopitys*). —  
Według W e t t-  
s t e i n a.



Obfitość życia roślinnego w morzach zimnych wymaga wytłumaczenia, bo oczywiście niska temperatura hamuje zawsze procesy życiowe. Otóż działanie temperatury jest tu pośrednie. Niska temperatura powietrza w strefie chłodnej powoduje oziębienie powierzchniowej warstwy wody poniżej temperatury warstw głębszych. Ponieważ ciężar właściwy wody zwiększa się przy oziębieniu skutkiem zmniejszenia objętości, wody powierzchniowe opadają w dół i na ich miejsce wypływają lżejsze z głębi. Wytwarza się swoiste krążenie wody, które jest właśnie bezpośrednią przyczyną ożywienia życia roślinnego. Mianowicie woda morska zawiera mało niezbędnych dla roślin soli azotowych i fosforowych. W głębszych warstwach stwierdzono zaledwie 0,3 — 0,5 g związanego azotu i 0,2 — 0,3 g  $P_2O_5$  na 1 metr sześcienny wody. Nic dziwnego, że tak szczupłe zasoby szybko się wyczerpują. W morzach zimnych są one uzupełniane przez wypływające wody wgłębne, natomiast w morzach ciepłych tego nie ma, bo warstwa powierzchniowa rozgrzewa się i, jako lżejsza, pozostaje na powierzchni.

Są dwa główne typy ekologiczne roślin wodnych: plankton i bentos. Plankton składa się z mikroskopowych roślin unoszących się w wodzie. Bentos natomiast składa się z roślin osiadłych na dnie zbiorników. Nawiasem mówiąc, do planktonu i bentosu zalicza się także zwierzęta, które prowadzą podobny sposób życia.

Światło przenikające do głębszych warstw zbiorników wodnych ma skład odmienny od światła w atmosferze. Mianowicie woda bardzo silnie pochłania promienie o dłuższej fali. I tak promienie czerwone są przez 10-metrową warstwę wody pochłaniane w 92%, żółte — w 63%, zielone i błękitne — w 18%. Otóż widzieliśmy w rozdziale II, że najbardziej użytecznym rodzajem energii dla roślin jest energia światła o dłuższej fali. Rośliny wodne są zatem w trudnym położeniu. Dlatego też w głębszych miejscach bentos składa się głównie z krasnorostów, które potrafią sobie radzić w tych odmiennych warunkach oświetlenia. Oprócz chlorofilu ich ciała zieleni zawierają czerwony barwnik fikocytrynę i błękitny — fikocyjaninę, które umożliwiają lepsze



wyzyskanie energii promieni o krótszej fali. Biorą one na równi z chlorofilem udział w przyswajaniu dwutlenku węgla i powodują lepsze wyzyskanie fal krótszych, przede wszystkim zielonych, które są słabo pochłaniane przez chlorofil, jak o tym świadczy jego zielona barwa.

Pozostają jeszcze do omówienia rośliny glebowe. Żyją one stale w ciemności, są przeto w ogromnej większości cudzożywne. Tylko niektóre bakterie, m. in. nitryfikacyjne, stanowią wyjątek. Nie mogę tu szczegółowo omawiać tych ciekawych roślin i ograniczę się do krótkich uwag:

Wśród roślin glebowych wyróżnić można dwa główne typy ekologiczne: grzyby i bakterie. Pierwsze z nich mają upodobanie do środowiska kwaśnego, drugie — do obojętnego. Jedne i drugie odgrywają poważną rolę w odżywianiu roślin zielonych ułatwiając im pobieranie pokarmów z gleby. Była już o tym mowa w rozdziale II. Żyją one często w ścisłej łączności z roślinami zielonymi, co będzie omówione dokładniej w rozdziale następnym.



## R o z d z i a ł VIII

### SPÓLNOTY ROŚLINNE

Dotychczas zajmowaliśmy się życiem poszczególnych roślin. Ale rośliny żyją gromadnie wywierając na siebie wzajemnie często bardzo silny wpływ. Ponadto wspólnie z roślinami żyją zwierzęta. Życie jednych i drugich splata się w sposób bardzo złożony. Powstaje przeto zagadnienie *b i o c e n o z y*, nauki o współżyciu wszelkich istot żywych. Trzeba bodaj w krótkich słowach omówić te zjawiska.

Współżycie roślin ma dwie formy. W pewnych przypadkach dwie rośliny łączą się ze sobą tak ściśle, że substancje rozpuszczone w ich sokach mogą przechodzić z jednej do drugiej; tak jest np. z jemiolą żyjącą na jakimś drzewie. Będą to *spółnoty*. Daleko częstszą jest inna forma współżycia, kiedy rośliny nie łączą się ze sobą, co najwyżej stykają się tworząc *zespoły*. Przykładem zespołu roślinnego może być las, który składa się z drzew, krzewów, ziół, mchów, porostów, grzybów, nie licząc mikroorganizmów glebowych.

W tym rozdziale omówimy *spółnoty* roślinne. Mogą one mieć dwojaki charakter: *symbiozy* i *parasytyzmu*. Rośliny żyjące w symbiozie wzajemnie sobie pomagają. Tak np. u porostów mamy tego rodzaju współżycie grzyba z zielenicą albo sinicą. Grzyb zaopatruje swojego zielonego partnera w pokarmy mineralne, które potrafi wydobyć nawet z granitu, a nadto opłatając go chroni przed zbyt szybką utratą wody przez parowanie, zielona zaś roślina dostarcza grzybowi niezbędnych substancji or-



ganicznych. W przypadkach pasożytnictwa natomiast jedna tylko z roślin odnosi pożytek ze współzycia, druga zaś cierpi mniej lub więcej dotkliwie. Tak jest z jemiołą, która nie może żyć poza drzewami, gdy tymczasem drzewa jej nie potrzebują.

Szczególnie ciekawa jest symbioza. Przede wszystkim nie zawsze jest ona harmonijna, czasem przemienia się wręcz w pasożytnictwo. Na przykład żyjące w korzeniach roślin motylkowatych bakterie z rodzaju *Rhizobium*, umożliwiające tym roślinom bujny wzrost na jałowych glebach, hamują czasem silnie ich rozwój. W porostach, zdaje się, nigdy współzycie grzyba z zieloną rośliną nie jest zupełnie harmonijne. Roślina zielona jest skrępowana w swoim rozwoju. Ponadto tylko nieliczne gatunki grzybów porostowych mogą żyć bez zielonego partnera, a ten zawsze potrafi żyć osobno.

Rozpatrzmy bliżej wspomnianą powyżej symbiozę roślin motylkowatych z bakteriami *Rhizobium*. Bakterie te wchodzić przez włósniki do korzeni roślin motylkowatych i powodują na nich osobliwe bulwkowate przerosty (ryc. 38). Zmieniają przy tym swój sposób życia, mianowicie nabierają zdolności przyswajania wolnego azotu i wyprodukowanymi w ten sposób związkami azotowymi zasilają swojego partnera powodując bujny jego rozwój. Same także odnoszą przy tym korzyść pobierając od niego substancje organiczne.

Prócz motylkowatych bakterie te żyją też z olszą, powodując wytwarzanie się w jej korzeniach nie bulwek, lecz pęków krótkich korzonków. Współżyją one z niektórymi jeszcze innymi roślinami, jak woskownica (*Myrica*), oliwnik (*Elaeagnus*) i drzewa szpilkowe południowej półkuli z rodzaju *Podocarpus*.

Innego rodzaju bakterie, również wiążące wolny azot, zostały znalezione na liściach niektórych drzew tropikalnych z rodzin *Rubiaceae* (*Pavetta* i *Psychotria*) i *Myrsinaceae* (*Ardisia*). Powodują one brodawkowate zgrubienia na liściach. Jest to bardzo ciekawe z uwagi na to, że bakterie żyją tu stale w symbiozie z drzewem. Przenikają one bowiem do nasion i przechodzą z jednego pokolenia drzewa na następne, a nie wchodzi do rośliny z gleby, jak *Rhizobia*.





Ryc. 38. Bulwki i odgałęzienia na korzeniach powodowane przez bakterie z rodzaju *Rhizobium*: A — komonica, B — olsza. — Według Burgetta.

W podobny sposób przechodzi u wrzосу (*Calluna vulgaris*) z pokolenia na pokolenie współżyjący z nim grzyb *Phoma radices Callunae*. Strzępki jego przenikają całą roślinę aż do zalążków i wnikają do łupiny nasion. Wiele trudu kosztuje zabicie grzyba w nasionach bez naruszania ich żywotności, otrzymanie rośliny wolnej od grzyba. Grzyb ten, tak jak *Rhizobia*, przyswaja wolny azot.

Ten ostatni przypadek prowadzi nas do rozpatrzenia bardzo rozpowszechnionego zjawiska współżycia grzybów z korzeniami,



które prowadzi do wytwarzania mykorrhizy, osobliwych połączeń korzeni ze strzępkami grzybów. Grzyby w tych przypadkach zaopatrują zieloną roślinę w pokarmy azotowe, ale te pokarmy pochodzą nie z powietrza, lecz z gleby. Oczywiście grzyby korzystają przy tym z substancji organicznych produkowanych przez zieloną roślinę. Pierwszy przypadek takiej symbiozy został stwierdzony przez Franciszka Kamińskiego u korzeniówki (*Monotropa Hipopitys*), bezzieleniowej rośliny nasiennej (ryc. 37), rosnącej nieraz w lasach. Strzępki grzyba torują sobie drogę między komórkami jej korzenia wypuszczając do nich silnie rozgałęzione odnogi (ryc. 39). Tego rodzaju mykorrhiza, tzw. wewnętrzna, jest właściwa wszystkim bezzieleniowym roślinom nasiennym oraz licznym zielonym, m. in. storczykom. Na tych ostatnich właśnie Noël Bernard pierwszy zbadał dokładnie mykorrhizę. Hodował on osobno odpowiednie grzyby i doprowadził ich strzępki do zetknięcia z nasionami storczyków.

Pobudzało to je do kiełkowania, które w innych warunkach nie następuje. Doświadczenia Knudsena wykazały, że



Ryc. 39. Krzaczaste wyrostki strzępek w mykorrhizie wewnętrznej. — Według Gallaud.



chodzi tu po prostu o dostarczenie tym niesłychanie drobnym nasionom pokarmów organicznych. Udało się bowiem spowodować kiełkowanie nasion storczyków na pożywkach zawierających glukozę i sole a zabezpieczonych przed drobnoustrojami.

Bardziej rozpowszechnioną formą mykorhizy jest mykorhiza zewnętrzna, szczególnie częsta u drzew. W tym przypadku strzępki grzybów oplatają korzenie tworząc na ich powierzchni zwartą powłokę (ryc. 40). Nie wchodzą one zwykle do kory



Ryc. 40. Mykorhiza zewnętrzna u limby. *A* — długi korzeń z włosnikami na młodych częściach i z kilkoma rozgałęzionymi mykorhizami, *B* — inna forma mykorhizy, *C* — przekrój poprzeczny mykorhizy. Widoczna jest zwarta powłoka strzępek na powierzchni i kłębki ich w komórkach skórki i kory. Jest to mykorhiza formy przejściowej między zewnętrzną a wewnętrzną. — Według T u b e u f a.



wpuszczając odgałęzienia tylko do komórek skórki. Są to grzyby kapeluszowe, gdy tymczasem w mykorhizie wewnętrznej biorą udział pleśniaki, które łatwo można poznać po braku przegród w strzępkach.

Mykorhiza odgrywa bardzo ważną rolę w odżywianiu azotowym roślin wyższych, bo grzyby mają zdolność użytkowania ciał białkowych z gleby, przemieniając je na prostsze związki o mniejszych cząsteczkach. Tej zdolności nie mają rośliny zielone, a pokarmy azotowe w glebie występują głównie jako ciała białkowe. Na glebach mało kwaśnych uruchomienia pokarmów azotowych dokonują bakterie. Ale nie znoszą one silnie kwaśnej gleby, jak to zwykle jest w lasach, i wtedy bez pomocy grzybów należyte odżywianie azotowe roślin staje się bardzo trudne. Na torfowiskach, gdzie gleba jest szczególnie kwaśna, wszystkie rośliny wyższe mają mykorhizę. Jedyne wyjątek stanowi rosiczka (*Drosera*), ale jest to roślina owadożerna, która zaopatruje się w pokarmy azotowe z innego źródła, mianowicie łapiąc owady.

Przechodzimy z kolei do pasożytów. Niektóre z nich są zielone, jak np. jemioła. Takie pasożyty pobierają od żywiciela tylko wodę i sole. Ogromną większość stanowią albo bezzieleniowe rośliny wyższe, jak kanianka, albo niższe rośliny cudzożywne — bakterie i grzyby. W tym przypadku żywiciel dostarcza pełnego pokarmu i ponosi wielkie szkody. Ciękawym przejawem są np. c z a r c i e m i o t ł y powodowane na drzewach przez różne rdze (ryc. 41).

Sposób odżywiania pasożytów nie jest do tąd zbadany. M. in. nie udało się na sztucznych pożywkach hodować rdzy. Mogą one rozwijać się tylko wtedy, gdy czerpią pożywienie z żywej rośliny.



Ryc. 41. Czarcie miotła wywołana przez rdzę *Melampsorella Caryophyllacearum*, której drugim żywicielem są zioła z rodziny goździkowatych. — Według Tubeufa.



## R o z d z i a ł IX

### ZESPOŁY ROŚLINNE

Zespoły roślinne stanowią zjawisko nadzwyczaj ciekawe. Flora każdego kraju składa się z dużej liczby gatunków. Tak np. flora polska liczy około 2 000 gatunków samych tylko roślin nasien-nych. Te różne gatunki nie są pomieszane ze sobą w sposób przy-падkowy. Tworzą one określone zespoły o odmiennym składzie. Inaczej przedstawiają się lasy na niżu, inaczej w górach, inaczej na glebach suchych, inaczej na podmokłych itd.

Można czasem obserwować powstawanie zespołów. Ciekawy jest przebieg tego zjawiska na opuszczonych polach. Zarastają one gąszczem chwastów, tych dziwnych roślin, które nie dają się wy-tępić pomimo nieustannych zabiegów ze strony rolników. Stopniowo jednak wkraczają na pole rośliny z łąk oraz lasów i pręcej czy później chwasty pomimo swojej odporności zostają wyniszczone. W liczbie imigrantów zjawiają się drzewa, z początku lekkona-sienne, takie jak brzoza, później ciężkonasienne, jak sosna, i stop-niowo roślinność przybiera formę lasu. Taki proces stopniowej przemiany zespołu nosi nazwę s u k c e s j i. Zdaża on do pewnej określonej formy zrównoważonej, ustalonej formy klim a k -s o w e j, która najlepiej odpowiada miejscowym warunkom gle-bowym i klimatycznym. W naszym kraju będzie to z reguły for-ma leśna, w innych krajach może być inna: stepowa, sawan-nowa itp.



Mechanizm tych przemian roślinności jest bardzo złożony. Polega on na rozsiewaniu roślin, co było już omówione w rozdziale V, a nadto na walce przybyszów z roślinami, które poprzednio osiedliły się na danym terenie. Walka ta polega przede wszystkim na stwarzaniu niekorzystnych warunków dla konkurentów. Tak np. buk i świerk głuszą światłolubną brzozę. Nadto rośliny działają na siebie wydzielając do gleby pewne szkodliwe substancje. Węgierscy badacze stwierdzili np., że nasiona rzodkiewki zawierają rozpuszczalną w wodzie substancję rafaninę, która hamuje kiełkowanie nasion innych roślin. Coś podobnego musi wytwarzać piołun (*Artemisia Absinthium*), gdyż stwierdzono przypadki, w których inne rośliny nie osiedlały się w jego pobliżu.

Niestety, zjawiska te są jeszcze bardzo słabo zbadane.

Przemianom roślinności towarzyszy zawsze przemiana warunków miejscowych. Przede wszystkim zmienia się gleba przez nagromadzenie w niej szczątków roślinnych. W przemianach gleby biorą udział także zwierzęta. Szczególnie ważny jest udział dżdżownic. Jak to wykazał D a r w i n, przepuszczają one przez swój przewód pokarmowy w ciągu roku 15 ton gleby na 1 akr powierzchni terenu, przy czym 10 do 20% gleby przenoszą z głębi na powierzchnię. Przyczyniają się przez to silnie do przemiany resztek roślinnych na substancje prostsze, łatwiejsze do zużytkowania dla roślin. Nadto spulchniają glebę stwarzając przez to korzystniejsze warunki dla życia roślinnego. Zmiany w glebie idą różnymi drogami — inaczej działa roślinność leśna, inaczej stepowa. Według charakteru gleby można poznać, jaka była roślinność w danym miejscu.

Pod wpływem roślinności zmienia się również klimat. Najważniejszą rolę odgrywają w tym drzewa: ocieniając teren i hamując ruchy powietrza stwarzają one pod swoimi koronami klimat zgoła odmienny. Światło może być osłabione nawet stokrotnie, jak to stwierdzono w lasach świerkowych. Dienne wahania temperatury ulegają osłabieniu. Przymrozki wiosenne stają się słabsze i rzadsze. Wilgotność powietrza wzrasta, a jego siła wysuszająca maleje. Nadto śnieg utrzymuje się wśród drzew dłużej i topnieje



wolniej, przez co roślinność jest lepiej zaopatrywana w wodę, bo wody wiosenne nie spływają tak szybko do rzek. Wreszcie w mgliste dni krople wody osiadają na liściach i gałęziach spływając następnie do gleby.

Walka między roślinami nie ustaje także po osiągnięciu przez zespół rośliny jego ostatecznej formy klimaksowej. Przybývają coraz to nowe nasiona, które kiełkują dając nowe rośliny. Próbują one wcisnąć się między stare, ale przeważnie giną. Dlatego tak rzadko można widzieć siewki wśród roślinności nie naruszonej przez człowieka. Dlatego też rośliny jednoroczne występują obficie tylko na pustyniach, gdzie nie ma zwartej roślinności. W innych warunkach muszą one co roku odbywać ciężką walkę o byt. W lasach można na każdym kroku zobaczyć młode drzewka zahamowane w swoim rozwoju. Rozrastają się one dopiero wtedy, gdy wiatrołomy albo ręka ludzka uwolni je od opresji.

W walce tej biorą udział także zwierzęta, zwłaszcza owady. Liczni ich przedstawiciele niszczą rośliny zjadając liście, a nawet drzewo. Powoduje to w jednogatunkowych drzewostanach szkody nieraz wręcz katastrofalne, jak to się dzieje obecnie w drzewostanach sosnowych na niżu i w świerkowych w górach. Sosny ulegają gąsienicom różnych motyli (barczatka sosnowka, brudnica nieparka i inne), które zjadają liście, świerki zaś giną z powodu wyjadania soczystych młodych tkanek między korą a drzewem przez larwy drobnych chrząszczy zwanych kornikami.

Ale te drzewostany są sztucznymi plantacjami i nie zasługują na nazwę lasów. Lasy bowiem naturalne są zawsze mieszane. Przejściowo mogą być jednogatunkowe, np. na wydmach mogą składać się z samej tylko sosny. Ale w stanie klimaksowym zawsze są mieszaniną różnych drzew, z których pewne gatunki mogą zresztą przeważać. Ciekawy jest pod tym względem rezerwat lipowy w okolicy Muszyny. Składa się on wyłącznie ze starych, wysokopiennych, pięknych lip. Bliższa obserwacja wykazuje jednak, że liczne okazy są odroślowe — odrosły ze zrąbanych pni. Widocznie ktoś w dawniejszych czasach upodobał tam sobie lipy i usuwał inne drzewa.





Ryc. 42. Doskonale formy owadów, których larwy pasożytują na szkodnikach sosny. Rączycowate: 1. *Lydella nigripes*, 2. *Tachina larvarum*, 3. *Compsilura concinnata*. Muchówki: 4. *Echinomyia fera*, 5. *Trichogramma evanescens*, 5a. przez nią opuszczone jaja strzygoni choinówki, 6. *Pimpla instigator*, 7. *Microgaster gastropachae*, 7a. jego oprzędami pokryta gąsienica bączki sosnowki. — Według K a p u ś c i ń s k i e g o.



Otóż w lesie naturalnym, nie ruszonym ręką człowieka, szkodliwe dla drzew owady nigdy nie mnożą się nadmiernie. Stają temu na przeszkodzie inne owady o odmiennym trybie życia, jak błonkówki i muchówki, które nie szkodzą drzewom, gdyż żywią się nektarem i pyłkiem z kwiatów. Larwy ich natomiast są mięsożerne. Wylęgają się one z jajeczek składanych do larw (gąsienic) szkodników i zjadają je żywcem. Jeżeli szkodniki rozmnożą się nadmiernie, zwiększa się także liczba ich pasożytów i w ten sposób równowaga biologiczna zostaje utrzymana. Ale jest to możliwe tylko w drzewostanach mieszanych, w których prócz drzew szpilkowych są także liściaste z kwiatami produkującymi nektar, takimi jak klony, lipy, jarzębiny. Dla przykładu podaję na ryc. 42 zestawienie tego rodzaju owadów żyjących na jarzębinie; zestawienie to zawdzięczam uprzejmości dra K a p u ś c i ń s k i e g o. Różne zioła odgrywają przy tym poważną rolę dostarczając nektaru obrońcom drzew. W szczególności bardzo ważne pod tym względem są baldaszkowe, jak na to zwrócił uwagę prof. S i t o w s k i. Tak więc kwiaty chronią las. Ponure plantacje sosnowe i świerkowe, nie ozdobione kwiatami, są silnie zagrożone.



Ryc. 43. Epifit z rodziny *Bromeliaceae*, którego liście tworzą zbiornik wody. — Według K a r s t e n a.

Opisana powyżej walka drzew ze szkodnikami jest wymownym przykładem biocenozy. Przytoczę jeszcze jeden przykład, tym razem z amerykańskich lasów tropikalnych. Jak już wspomniano w rozdziale I, epifity z rodziny *Bromeliaceae* tworzą z rozetek liści formalne zbiorniki wody (ryc. 43). Otóż w tych zbiornikach żyje ciekawa fauna złożona z przedstawicieli pierwotniaków, robaków, owa-



dów, pajęczaków, skorupiaków, ślimaków, a nawet płazów. Według zestawienia P i c a d o jest ich z górą 250 gatunków. Szczególnie ciekawy jest fakt, że niektóre z tych zwierząt nie żyją nigdzie poza tymi osobliwymi akwariami. Czytelnik znajdzie dalsze szczegóły w artykule F u d a k o w s k i e g o pt. *Akwaria roślinne i ich fauna*. *Wszechświat*, 1948, zeszyt 2.

Zespoły roślinne mają bardzo różny charakter. Najważniejszą ich cechą jest taki czy inny udział drzew. Są zespoły zupełnie bezdrzewne, złożone z ziół, a co najwyżej z niskich krzewów. Takie zespoły są właściwe przede wszystkim terenom pustynnym, gdzie jest za mało opadów, by zaspokoić duże zapotrzebowanie wody przez drzewa. Tam drzewa występują tylko w pobliżu źródeł, jak się to widzi w oazach Sahary.

Tereny bezdrzewne widzimy także w okolicach o klimacie wilgotniejszym, a nawet bardzo wilgotnym. Nie ma drzew wysoko w górach, na wybrzeżach zimnych mórz i na stepach. Przyczyna tego ciekawego zjawiska była już wyjaśniona w rozdziale VII: stanowią ją silne wiatry mroźne. Są one częste w górach i na wybrzeżach morskich, w stepach są rzadsze, ale wystarczy jedna dostatecznie silna burza, by spowodować zniszczenie. A jak silne bywają burze na stepach, dowodzą badania W o r o b j e w a z okazji burzy 26—27 kwietnia 1928 r. na stepach Ukrainy. W wielu miejscach wiatr wyrwał tam glebę do głębokości 12 cm. Chmury pyłu poleciały wtedy na zachód aż poza Lwów.

Duże zapotrzebowanie wody przez drzewa sprawia, że gęste ich skupienia, a więc lasy, wymagają dużych opadów. Jest to całkiem naturalne, bo ilość wyparowywanej wody jest zależna w dużej mierze od powierzchni liści, a ta w lasach jest bardzo wielka. W lasach bukowych może ona być nawet 14 razy większa od powierzchni gruntu, w lasach sosnowych jest nieco mniejsza i wynosi najwyżej 10 razy tyle, co powierzchnia gruntu. Nawiasem mówiąc, liczby te obejmują całkowitą powierzchnię liści — górną i dolną.

Byłoby ciekawe określić, ile wody wyparowują lasy. Niestety, ilość wody wyparowywanej z jakiegoś terenu można określić tylko dla całego dorzecza jakiejś rzeki. Trzeba w tym celu od ilości wo-



dy spadającej z atmosfery w ciągu roku na teren dorzecza odjąć wodę, która zeń odpływa. Takie obliczenia mają zresztą wartość tylko wtedy, gdy weźmie się za podstawę dłuższy okres obserwacyjny. W niektórych bowiem latach część wody opadowej wsiąka w teren i nie wyparowuje ani nie-odpływa. W innych znowu woda gruntowa wypływa i zasila zarówno parowanie, jak i odpływ. Jako przykład takich przeliczeń przytoczę zlewisko Wisły. Roczna ilość opadów na nim wynosi średnio 620 mm, z czego odpływa 158 mm. Parowanie wynosi zatem 462 mm rocznie. Jest naturalnie mniejsze aniżeli parowanie z powierzchni wody dla Krakowa, dla którego przytoczyłem w rozdziale VII liczbę 573 mm.

Oczywiście wysokość opadów nie wystarcza do określenia zapotrzebowania roślinności w wodę. Trzeba jeszcze wziąć pod uwagę siłę wysuszającą powietrza, bo ta sama ilość opadów, która może wystarczyć przy słabej sile wysuszającej, będzie za mała przy sile większej. Trzeba wobec tego, według propozycji amerykańskiego badacza *T r a n s e a u*, oprzeć się na stosunku opadów do siły wysuszającej powietrza, na *ilorazie wilgotnościowym*. *T r a n s e a u* zużytkował do swoich badań systematycznie prowadzone w Stanach Zjednoczonych pomiary ewaporometryczne i wykazał, że na terenach leśnych wspomniany iloraz nie spada poniżej pewnej wartości. W braku pomiarów ewaporometrycznych trzeba uciec się do wskaźnika parowania, a to w sposób następujący: dodajmy średnie miesięczne maksima wskaźnika parowania. Dla Warszawy, według danych tabeli VII rozdziału VII, suma ta wynosi 63 mm słupa rtęci. Można tę sumę uważać za średnią roczną wartość siły wysuszającej powietrza. Dzieliąc przez nią roczne opady — dla Warszawy 564 mm — otrzymamy iloraz wilgotnościowy w wysokości 8,9.

W podobny sposób otrzymamy dla innych miejscowości wartości:

Śnieżka Sudecka	1128/22 = 51,3
Cayenne w Gujanie	3011/163 = 18,5
Batawia na Jawie	1784/156 = 11,4
Abisko w Laponii	284/30 = 9,5
Wrocław	579/78 = 7,4



San Francisco	487/67 = 7,3
Nerczinski Zawod (wschodnia Syberia)	382/70 = 5,5
Perpignan (Francja południowa)	548/126 = 4,3
Ługańsk (stepy ukraińskie)	458/116 = 3,9
Bismarck (prerie amerykańskie)	403/107 = 3,8
Madryt	416/194 = 2,2
Aleksandria	202/156 = 1,3
Phoenix (Arizona)	172/385 = 0,4
El Goléa (Sahara)	48/457 = 0,1

Z powyższej listy widzimy, że najlepsze zaopatrywanie w wodę jest w wysokich górach. Jeżeli nie ma tam lasów i w ogóle drzew, przyczyną tego — jak już było wyjaśnione — są silne, mroźne wiatry. Dalej aż do Perpignan są tereny leśne. Widoczne jest, że lasy potrzebują zaopatrzenia w wodę odpowiadającego ilorazowi wilgotnościowemu wyższemu od 4. Ponieważ we Francji śródziemnomorskiej lasy — jeśli się w ogóle zachowały — są słabo zwarte, trzeba dla zbiorowisk leśnych przyjąć minimalne zaopatrzenie w wodę o wartości 5. Zgadza się to z rozmieszczeniem lasów w Związku Radzieckim i w Ameryce Północnej. Z braku miejsca nie podaję odpowiednich danych szczegółowych.

A teraz — jaka jest roślinność, jeżeli iloraz wilgotnościowy spadnie poniżej 5? Otóż w Ługańsku, w Bismarck i okolicach Madrytu roślinność jest stepowa, w okolicach Aleksandrii — półpustynna, a w Phoenix i El Goléa — wręcz pustynna. Co do Madrytu, trzeba zresztą zrobić zastrzeżenie. Na tym terenie, z dawną zamieszkałym przez człowieka, roślinność naturalna uległa tak daleko idącym zmianom, że charakter jej nie da się obecnie ustalić. Jest wielce prawdopodobne, że rosły tam drzewa z rzadka rozsiane w terenie. Jeżeli bowiem opadów jest za mało dla zwartej masy drzew, którą jest las, może ich jednak wystarczyć do zaopatrzenia w wodę *s a w a n n y*, w której drzewa rosną w znacznej odległości od siebie. Potwierdzeniem tego jest fakt, że drze-



wa posadzone przez człowieka w okolicach Madrytu rosną dobrze, na prawdziwych zaś stepach giną pod działaniem mroźnych wiatrów. Hiszpańscy botanicy zapatrują się w ogóle sceptycznie na istnienie stepów na Półwyspie Pirenejskim. Podobnie przedstawia się zagadnienie stepów węgierskich, tzw. puszyty. Węgierscy botanicy, w szczególności prof. S o o, twierdzą stanowczo, że był to teren leśny, na którym drzewostany zostały wyniszczone podczas wędrówek ludów.

Wspomniane powyżej sawanny stanowią formę zespołów roślinnych, których nie mamy w naszym kraju. Natomiast w krajach ciepłych o słabych opadach, np. w środkowej Afryce i na pewnych terenach Brazylii, są one szeroko rozpowszechnione. Pod z rzadka rosnącymi drzewami rosną tam liczne krzewy i bujne zioła, nie zacięte zbyt przez korony drzew. Inaczej jest w krajach chłodnych, gdzie drzewa albo rosną gromadnie, albo nie rosną wcale, ustępując miejsca stepom. Ta forma roślinności występuje tylko na terenach równych, gdzie wiatry hulają swobodnie, a gdzie zarazem mało jest opadów, gdyż powietrze, nie pobudzone przez nierówności powierzchni, stosunkowo rzadko wznosi się ku górze. Ciekawą rzeczą jest ostra granica między lasami a stepami, podczas gdy sawanny stopniowo przechodzą z jednej strony w lasy, z drugiej zaś w pustynie.

Pustynie, wbrew swojej nazwie, bynajmniej nie zawsze są puste. W Saharze tylko Pustynia Libijska jest pozbawiona roślinności, oprócz oaz naturalnie. Natomiast w innych swoich częściach Sahara w czasie wiosennych deszczów wygląda jak kwiecista łąka. Trwa to kilka tygodni. Jest to bowiem roślinność złożona z roślin jednorocznych, które prędko rosną, kwitną i wydają nasiona, po czym przechodzą w stan spoczynku letniego aż do następnej wiosny.

Oryginalną formą zbiorowisk roślinnych są torfowiska. Wyróżniają się one od wszystkich innych charakterem swojej gleby, która w przeważnej części składa się z resztek roślinnych; zawartość składników mineralnych spada w krańcowych przypadkach do 5%. Jest to tzw. t o r f. Tak silne nagromadzenie substancji organicznych ułatwione jest przez niską temperaturę, która ha-



muje działalność niszczących je mikroorganizmów. Toteż torfowiska znajdujemy głównie w zimnych krajach. Finlandia jest w 1/3 pokryta torfowiskami, a jej część północna nawet w 2/3. Dawniej myślano, że takie gromadzenie się substancji organicznych jest niemożliwe w krajach ciepłych, znaleziono jednak torfowiska także w krajach malajskich. Niestety, nie zostały one bliżej zbadane i dlatego ograniczamy się do omówienia torfowisk chłodnych.

Są dwa typy torfowisk: nizinne i wyżynne. Torfowiska nizinne powstają w miejscu zbiorników wodnych przez wypełnienie ich resztkami roślin wodnych i błotnych. Tworzą się one tylko wtedy, gdy zbiornik ma wodę przepływową. Roślinność mają łąkową, szybko zarastającą drzewami znoszącymi glebę silnie zwilgoconą — brzozą, olchą, naturalnie jeśli człowiek przez koszenie nie stanie temu na przeszkodzie.

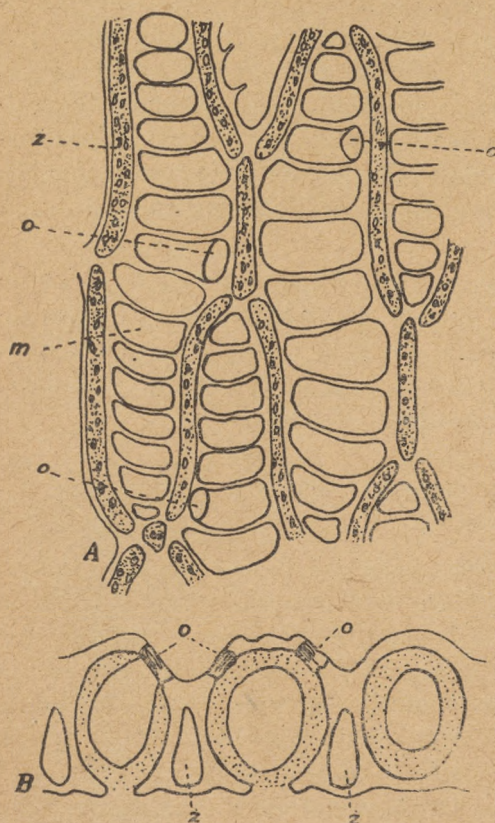
Zgola inne są torfowiska wyżynne. Tworzą się one w zbiorowiskach izolowanych, przez które woda nie przepływa. W takich basenach prędko wyczerpują się zasoby soli pokarmowych, których nie przynoszą wody bieżące, jak to się dzieje na torfowiskach nizinnych. Skutkiem tego po przejściowym wytworzeniu torfowiska nizinnego teren zostaje opatowany przez *torfowce* (*Sphagnum*), bardzo ciekawe mchy, odznaczające się małymi potrzebami co do soli pokarmowych (ryc. 44). Mają one jeszcze tę właściwość, że chciwie chłoną wodę, a to dzięki swoim liściom, które składają się głównie z martwych komórek mających błony opatrzone otworami (ryc. 45).

Pędy ich rosną ku górze, gdy tymczasem dolne części butwieją i przemieniają się w torf. W ten sposób torfowiska wyżynne mogą wzniesić się ponad otaczający teren, przewyższając go czasem nawet o 20 m w swojej środkowej części. Woda, którą są nasiąknięte torfowiska wyżynne, jest bardzo kwaśna, co mogą znieść



Ryc. 44. Pęd mchu torfowca (*Sphagnum*). — Według Schimper a.





Ryc. 45. *A* — część liścia torfowca: *z* — żywe komórki, *m* — komórki martwe, *o* — otwory w błonie martwych komórek; *B* — przekrój poprzeczny liścia (oznaczenia te same). — Według Schimper a i Russowa.

tylko nieliczne rośliny, m. in. niskie krzewy: bagno (*Ledum palustre*) i żurawina (*Vaccinium Oxycoccus*).

W naszym kraju są liczne torfowiska, ale typowo wyżynnych nie ma. Są one właściwe krajom położonym bardziej na północ, jak Estonia i Finlandia. Bardzo dziwnie wygląda takie torfowisko. Nie znać na nim prawie wcale zieleni, bo młode pędy torfowców mają błony komórkowe zabarwione na żółto albo czerwono. Ogólny ton terenu jest rdzawy. Gdzieś tam, zwłaszcza na brzeżnej części, widzi się rzadko rozsiane, suchotnicze sosny. Szczegółowe dane o torfowiskach znajdzie czytelnik w dziele prof. Kulczyńskiego o pt. *Torfowiska Polesia*.

W tym ogólnym przeglądzie zespołów roślinnych brak jeszcze zespołów wysokogórskich i

tundrowych. Jedne i drugie mają dużo wspólnego z torfowiskami nizinnymi i posiadają nawet sporo wspólnych gatunków, jak bażyna, borówka i inne. Są one jednak zupełnie pozbawione drzew.



Szczegółowe badanie zespołów roślinnych stanowi przedmiot osobnego działu ekologii, tzw. fitosocjologii. Rozwinęła się ona silnie dzięki pracom Szwajcara Brauna — Blanqueta oraz Amerykanina Clementsa. W Polsce szczególne znaczenie w tej dziedzinie ma prof. Szafერი i jego współpracownicy, Kulczyński i Pawłowski. W szczególności zostały dokładnie opracowane zespoły Tatr i Pienin.

Szczegółowe omawianie zagadnień fitosocjologii nie może być prowadzone na tym miejscu. Ograniczę się tylko do kilku tematów.

Przede wszystkim są przypadki, kiedy charakter zespołów nie odpowiada obecnym warunkom klimatycznym. Tak np. u nas gdzieśgdzie, m. in. na Wyżynie Małopolskiej, występują płaty roślinności stepowej. Są to pozostałości po dawniejszym okresie geologicznym, kiedy klimat na ziemiach polskich był stepowy. Zarastają one stopniowo lasem i utrzymują się na terenach skalnych, gipsowych, mało przydatnych dla drzew.

Następnie warto jest powiedzieć kilka słów o lasach tropikalnych. Są one sławne przez swoją gęstość. Podróżnicy opowiadają, że trzeba w nich sobie torować drogę siekierą. Roślinność w nich jest istotnie bujna. Oprócz zwykłych składników lasu występują tam obficie epifity, którymi są pokryte pnie i gałęzie drzew. Nadto pnącza wszelkiego rodzaju, tzw. liany, oplatają drzewa i łączą je w gęstwinę trudną do przebycia. Są to jednak raczej pozory. Jeżeli się weźmie pod uwagę same tylko drzewa, to nie są one ani bardzo wysokie, ani bardzo grube i wydajność drewna lasów tropikalnych jest mniejsza aniżeli w krajach umiarkowanych. Przyczyną tego jest prawdopodobnie wysoka temperatura, która wywołuje duże zużycie substancji organicznych w procesach oddychania. Pod tym względem na pierwszym miejscu stoją lasy pacyficznej Ameryki Północnej — w Brytyjskiej Kolumbii w stanie Washington. Tam drzewa o metrowej średnicy stoją w odległości 2 — 4 m od siebie. Daje to na hektar gruntu powierzchnię przekroju pni ponad 500 m<sup>2</sup>, gdy tymczasem lasy jodłowe, najgęstsze, jakie mamy, mają powierzchnię zaledwie 60 — 70 m<sup>2</sup>. Taka fantastyczna ilość drewna mogła powstać oczywiście dzięki wyjątkowym warunkom klimatycznym. Klimat



na tych terenach jest bardzo wilgotny (iloraz oddechowy dochodzi do 65 w Port Simpson) i zarazem dość chłodny, ale z krótką zimą.

Na ostatku należy podkreślić, że w zagadnieniu zespołów roślinnych trzeba zwracać baczną uwagę na równowagę biologiczną, i to z należytym uwzględnieniem składnika zwierzęcego. Każdy przerost jednego składnika zespołu pociąga za sobą daleko sięgające zmiany, które mogą być katastrofalne. Ciekawy jest pod tym względem Park Narodowy w Białowieży. Każdemu zwiedzającemu rzuca się w oczy dziwny wygląd tej puszczy: stare olbrzymie częściowo obumierające i młode drzewa — nie ma pośrednich. Otóż był to przed pierwszą wojną światową teren myśliwski, w którym nagromadzono olbrzymią ilość zwierzyny: żubrów, jeleni i sarn. Zwierzyna ta pomimo podkarmiania zjadała młody podrost. Z wybuchem wojny kłusownicy wyteplili większą jej część, ale stracone lata nie dadzą się odzyskać, i trzeba będzie czekać kilkadziesiąt lat, zanim puszcza uzupełni braki i stanie się zupełnie naturalnym lasem.

Niemniej ciekawym faktem jest zagrożenie amerykańskich lasów przez europejską rdzę *Cronartium ribicolum*. Ta rdza, jak wiele innych, potrzebuje dwóch żywicieli. Jednym z nich jest porzeczką, z której przenosi się ona na limbę (*Pinus Cembra*) i z powrotem. Limba, będąca sosną o szpilkach zebranych w pęki po pięć, rośnie w Europie tylko w górach. Natomiast na Syberii i na Uralu występuje masowo na niżu w formie osobliwego ekotypu. Otóż od dłuższego czasu posadzono w Europie piękną amerykańską pięcioszpiłkową sosnę wejmutkę (*Pinus Strobus*). Rdza *Cronartium*, która ma szczególne upodobanie do sosen pięcioszpiłkowych, napadła na nią powodując ciężkie schorzenia. W jakiś sposób w ostatnich czasach rdza ta została przeniesiona do Ameryki. Nie wiadomo, jak to się stało — może przez sadzenie w Ameryce europejskich porzeczek, a może przez przeniesienie z Europy zarazonych okazów wejmutki — dość, że w Ameryce wybuchła epidemia w lasach wejmutki i innych pięcioszpiłkowych sosen, grożąca ich zanikiem. Zarządzono tępienie porzeczek, ale nie wiadomo, czy to pomoże.



## SPIS TREŚCI

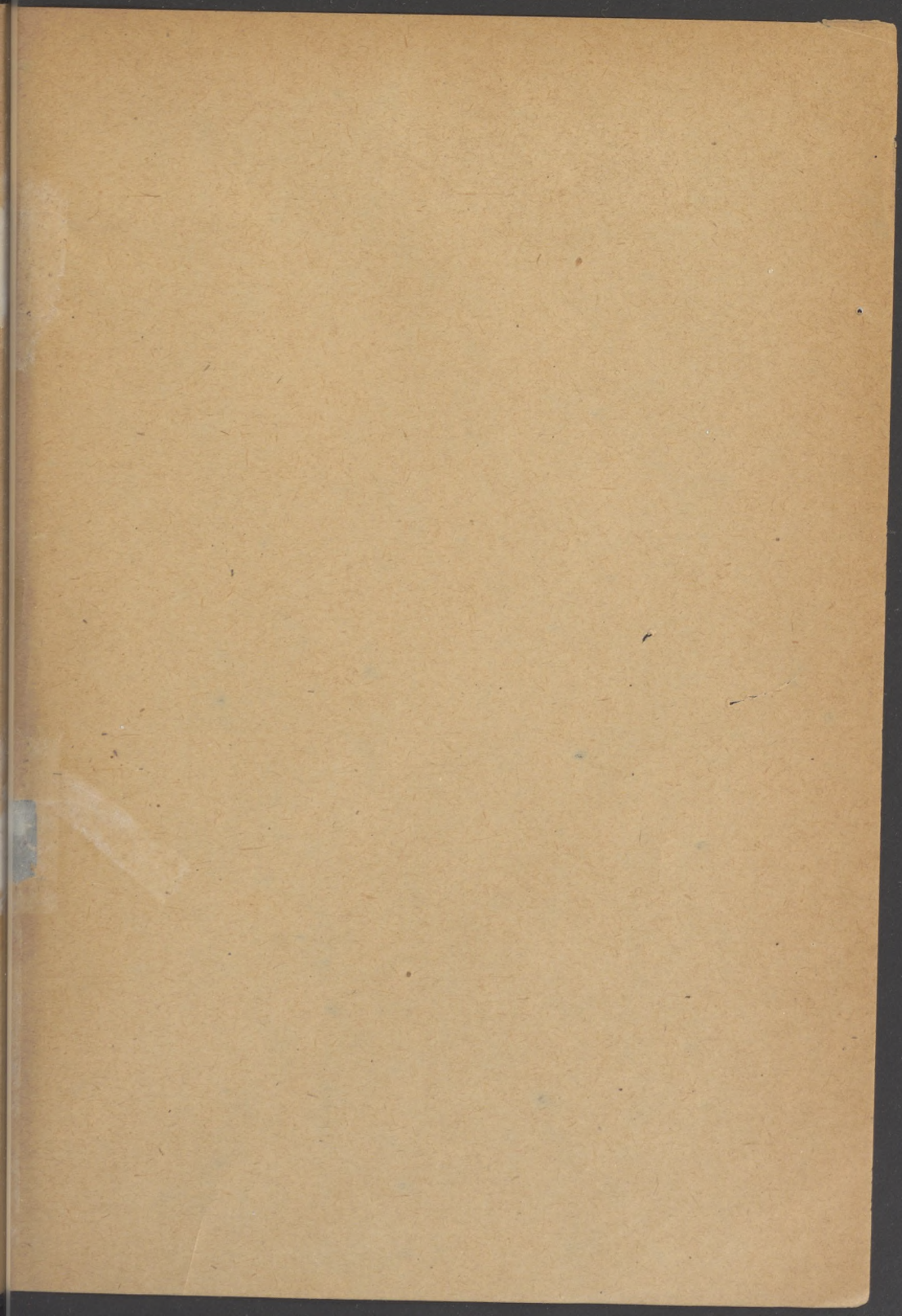
	Str.
Wstęp . . . . .	7
Rozdział I	
Gospodarka wodna . . . . .	10
Rozdział II	
Gospodarka żywnościowa . . . . .	29
Rozdział III	
Gospodarka energetyczna . . . . .	50
Rozdział IV	
Okresowość życia roślin . . . . .	54
Rozdział V	
Rozmnażanie i rozsiewanie roślin . . . . .	57
Rozdział VI	
Wrażliwość roślin na nadmiernie silne dzia- łania zewnętrzne . . . . .	65
Rozdział VII	
Typy ekologiczne roślin . . . . .	72



Rozdział VIII	
Spólnoty roślinne . . . . .	110
Rozdział IX	
Zespoły roślinne . . . . .	116



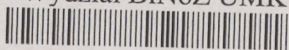






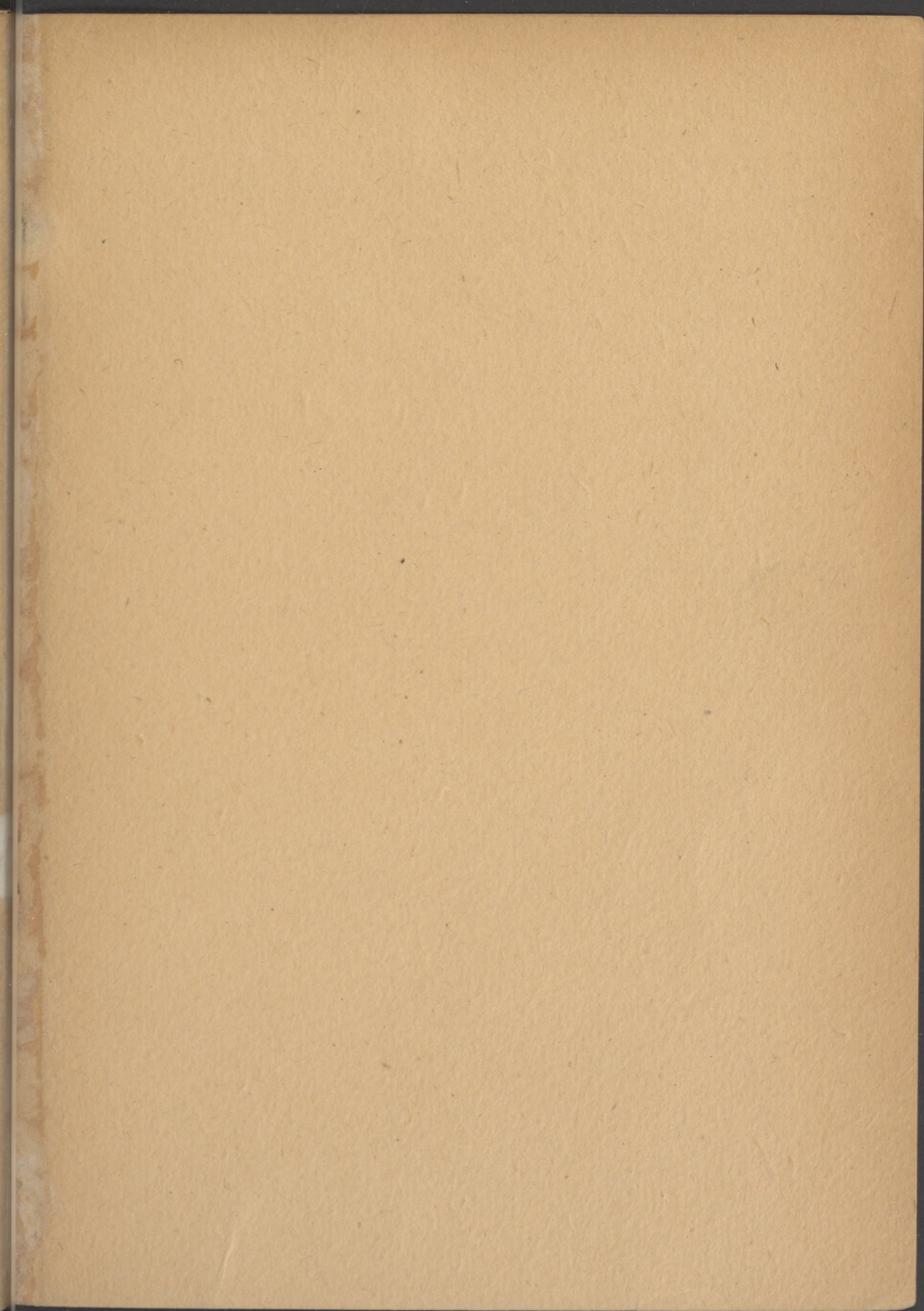
815 216

Wydział BiNoZ UMK



**309000274242**







Cena zł 240.- 7.20

Cena niższa zł.

Biblioteka Główna UMK Toruń

1705



309000274242

BIOTORU

