

LANGE, O. L., KAPPEN, L., SCHULZE, E.-D. (Red.) 1976 — Water and plant life. Problems and modern approaches — Ecological studies 19, Springer — Verlag, Berlin — Heidelberg — New York, ss. 536.

Monografia „Water and plant life” („Woda i życie roślin”) ukazała się w serii „Studia ekologiczne” (19 tom). Inspiratorzy, redaktorzy, a równocześnie współautorzy tej książki — O. L. Lange, L. Kappen i E.-D. Schulze — podjęli niecodzienny wysiłek podsumowania aktualnego stanu badań, przeglądu nowoczesnych metod, kierunków i perspektyw badawczych dotyczących ważkiego i niezwykle obszernego problemu: woda—roślina. Zadanie tym trudniejsze, że problematyka, której poświęcona jest monografia, ma charakter wybitnie międzydyscyplinarny, stanowi od wielu już lat przedmiot dociekań zarówno biofizyków i biochemików, jak też fizjologów, ekologów i geobotaników. Nic też dziwnego, że nad książką pracowało 49 specjalistów z różnych dziedzin biologii i nauk pokrewnych.

Inicjatywa napisania książki — kompendium współczesnej wiedzy o znaczeniu wody w życiu roślin — zrodziła się w wyniku obrad i dyskusji uczonych z wielu krajów podczas dwóch konferencji naukowych w Würzburgu w 1974 r. Pierwszą było sympozjum na temat: „Produktywność roślin a stosunki wodne” zorganizowane przez Międzynarodowe Stowarzyszenie Fizjologów Roślin, drugą — sesja kongresu Niemieckiego Towarzystwa Botanicznego na temat: „Roślina i woda”. Uczestnicy obu konferencji — reprezentujący 35 ośrodków naukowych z 12 krajów — zostali zaproszeni przez Langego, Kappena i Schulzego do współpracy przy wydaniu książki.

Problematyka recenzowanej książki nie jest nowa. W ostatnim pięćdziesięcioleciu ukazało się kilka dzieł — syntez dorobku badań nad różnymi aspektami zależności między światem roślin a wodą. Novum tej monografii jest niezwykle szerokie potraktowanie zagadnienia, co stanowi w pewnym sensie precedens w literaturze naukowej.

Rozważania na temat stosunków wodnych u roślin znalazły się już we wcześniejszych tomach serii „Ecological studies”: czwartym, piątym, dziewiątym i piętnastym. Niektóre omówione tam wyniki i metody badań zostały streszczone i włączone do monografii.

„Woda jest niezbędna do życia i bez wody życie nie istnieje”. To lapidarne i oczywiste stwierdzenie, którym redaktorzy otwierają wstęp tłumaczy aktualne i, co więcej, stale narastające zainteresowanie naukowców problemami relacji woda—roślina. Każdego dnia ukazują się w literaturze naukowej na świecie co najmniej trzy publikacje z tego zakresu, co w konsekwencji powoduje dalszy dynamiczny rozwój badań nad różnorodnymi zależnościami między wodą a zjawiskami życia na różnych poziomach organizacji świata roślinnego. W poważnym stopniu badania te są stymulowane koniecznością szybkiego rozwiązania praktycznych problemów dotyczących intensyfikacji produkcji żywności na świecie, która — jak wia-

domo — w dużym stopniu ograniczona jest przez kurczące się zasoby wody. Prowadzą je specjaliści z różnych dziedzin biologii — teoretycznej i stosowanej, biofizyki i biochemii. Trudne zadanie syntezy ich osiągnięć oraz integracji i właściwego ukie-  
runkowania dalszych badań — zdaniem redaktorów książki — należeć powinno do ekologów jako reprezentantów międzydyscyplinarnej gałęzi biologii, której celem jest „wytlumaczenie życia rośliny w całej jego złożoności”.

Tematyka książki obejmuje zagadnienia dotyczące znaczenia wody dla życia roślin na różnych poziomach egzystencji rośliny: od molekularnego, cytoplazmy, komórki i tkanki do całego organizmu roślinnego, ekosystemu i formacji roślinnej. Zawiera więc zarówno informacje o przebiegu prostej reakcji enzymatycznej, jak też o gospodarce wodnej w formacjach roślinnych.

W części pierwszej autorzy omawiają specyficzne, fizyczno-chemiczne właściwości wody oraz ich znaczenie dla żywych organizmów. Biologiczne funkcje komórek, tkanek i całych roślin są ściśle uzależnione od wody, a właściwości życia są często bezpośrednio związane z właściwościami wody; to dlatego ich poznanie jest niezbędne dla zrozumienia procesów życiowych rośliny.

Do niedawna sądzono, że woda jako ciecz jest ośrodkiem mniej lub bardziej jednolitym. Najnowsze eksperymenty pozwoliły jednak wykazać i poznać swoistą strukturę wody, wywołaną specyficznym uporządkowaniem jej cząsteczek przez wiązania wodorowe. Strukturze wody w komórce roślinnej poświęcony jest pierwszy rozdział części pierwszej książki (G. Peschel).

Treścią następnych rozdziałów (J. J. Oertli i H. Richter) są rozważania teoretyczne i najnowsze dane eksperymentalne dotyczące stanu wody w roślinie i tych jej właściwości, dzięki którym odbywa się ruch wody zarówno w komórce, tkance i całej roślinie, jak też w układzie gleba—roślina—atmosfera (SPAC).

Ostatecznym wyznacznikiem dyfuzyjnego ruchu wody, a równocześnie najbardziej wartościowym parametrem, który można mierzyć w układzie SPAC, jest potencjał wody. Autorzy szczegółowo omawiają jego komponenty składowe (potencjał ciśnienia i potencjał osmotyczny), sposoby i jednostki ich wyrażania, metody pomiaru, a także podają wartości minimalne potencjału wody u roślin pochodzących z siedlisk różnych pod względem zasobności w wodę.

Druga część monografii poświęcona jest procesom pobierania wody przez roślinę. Autorzy przedstawiają w niej aktualne poglądy i najnowsze wyniki badań z tego zakresu. Zwracają szczególną uwagę na ruch wody w układzie SPAC, będący wypadkową sił, na które składają się z jednej strony gradient potencjału wody na różnych etapach jej przepływu, z drugiej zaś opór na „szlaku wodnym” z gleby do atmosfery. Ruch wody jest niezwykle skomplikowanym procesem. W świetle najnowszych badań okazało się bowiem, że zależy on od szeregu czynników, będących atrybutami gleby (np. zdolności przewodzenia wody), rośliny (struktury, zasięgu systemu korzeniowego i zdolności do jego powiększania, anatomicznych cech korzeni związanych z absorpcją wody itp.) lub choćby chwilowo działających czynników klimatycznych, które determinują zapotrzebowanie roślin na wodę i wpływają tym samym na kształtowanie się gradientu potencjału wody w układzie gleba—roślina—atmosfera. Wiele interesujących danych na ten temat zawierają rozdziały A (M. M. Caldwell) i B (E. L. Greacen, P. Ponsana i K. P. Barley) omawianej części monografii. Problem pobierania wody i jej przepływu z punktu widzenia całego ekosystemu omówił na przykładzie zbiorowisk leśnych P. Benecke w ostatnim rozdziale.

Trzecia część książki dotyczy najważniejszych procesów i zależności w przebiegu i regulacji transpiracji. Zgodnie z najnowszymi poglądami transpiracja jest złem koniecznym dla większości roślin. Chroni wprawdzie liść przed nadmiernym przegrzaniem, jednak zbyt wielki ubytek wody prowadzić może do uszkodzenia, a nawet śmierci rośliny. Ponieważ wydalanie pary wodnej z roślin odbywa się „przy okazji”

i tą samą drogą, którą pobierają one  $\text{CO}_2$  z atmosfery, musi zachodzić transpiracja, aby mogła zachodzić fotosynteza.

W świetle najnowszych danych transpiracja jest bardzo złożonym procesem, zależnym od właściwości samej rośliny i warunków jej otoczenia. Biofizyczne aspekty tego procesu opisuje w rozdz. A D. M. Gates. Autor formułuje równanie bilansu cieplnego liścia i omawia parametry determinujące równowagę energetyczną: promieniowanie, konwekcję, itp. Przytacza interesujące przykłady kształtowania się temperatury liścia pod wpływem transpiracji w różnych układach warunków środowiskowych i u różnych pod względem biologii roślin.

W rozdziale B J. Schönherr omawia ważną rolę w bilansie wodnym rośliny transpiracji kutykularnej, mimo jej stosunkowo niskiej intensywności, właściwości błon kutykularnych (szczególnie ich przepuszczalności dla wody) oraz mechanizmy kutykularnego transportu wody. Przedstawia zarówno starsze koncepcje dotyczące transpiracji kutykularnej, jak też nowe poglądy na występowanie dróg spolaryzowanych w kutykuli i ich konsekwencje w wymianie wodnej rośliny z atmosferą.

W ostatnich latach wiele badań poświęcono fizjologii funkcjonowania aparatu szparkowego — jedynej drogi niskiego oporu dyfuzyjnego w liściach i łodygach, w dalszym ciągu jednak brakuje danych do wyjaśnienia biochemicznego tła reakcji szparek. Fizjologiczne podstawy ruchów szparek omawia w rozdz. C J. Levitt. Najnowsze wyniki badań nad wpływem szeroko pojętych czynników środowiskowych na ich funkcjonowanie składają się na treść rozdz. D (A. E. Hall, E.-D. Schulze, O. L. Lange). Autorzy na przykładzie różnych gatunków roślin wyjaśniają, jak dalece transpiracja i fotosynteza w warunkach naturalnych są określone typem reakcji aparatu szparkowego. Rozważania te w odniesieniu do stosunków wodnych w całej roślinie (na przykładzie szpilkowych) kontynuują R. H. Waring i S. W. Running w rozdz. E.

Niezwykle interesujące z teoretycznego i praktycznego punktu widzenia zagadnienie stresu wody — to temat czwartej części monografii. Reakcje roślin na stres stanowiły w ostatnich latach przedmiot wielu eksperymentów biochemicznych, fizjologicznych i ekologicznych, w których szczególny nacisk położono na zbadanie pierwszych symptomów deficytu w roślinie. W dalszym ciągu kontrowersyjna jest kwestia natury owych symptomów, tj. ustalenie, czy mają one charakter mechaniczny (spadek turgoru) czy też chemiczny (wzrost stężenia jonów).

J. Viejra da Silva w rozdz. A omawia wpływ stresu wody na ultrastrukturę komórki. W warunkach silnego stresu następuje zniszczenie pewnych składników komórki i aktywacja enzymów destrukcyjnych, szczególnie niebezpiecznych dla rośliny podczas ponownej hydratacji tkanek. Zmiany te zachodzą w minimalnym stopniu przy łagodnym stresie i nie występują niemal zupełnie u roślin odpornych na suszę, np. sukulentów, dzięki ich zdolnościom do gromadzenia zapasów wody w mięsistych tkankach.

W rozdziale B C. Itai i A. Benzioni rozpatrują zmiany w równowadze hormonalnej, które są początkowym efektem działania stresu wody, przedstawiają możliwości zakłóceń i ich konsekwencje w przepuszczalności błon komórkowych spowodowanych przez hormony.

Biochemiczny aspekt stresu wody porusza w rozdz. C M. Kluge, ograniczając jednakże swoje rozważania do kwestii metabolizmu węgla i azotu w warunkach deficytu wody. Jak się okazało w badaniach, większość białek, systemów enzymatycznych i kwasów nukleinowych nie podlega działaniu stresu. Aktywność metaboliczna węgla i azotu u wielu roślin (homoihydrycznych), niezależnie od ich odporności na suszę, może być utrzymana w szerokich granicach hydratury, zaś jej zakłócenia mają na ogół charakter odwracalny.

Stres wody jako wynik zamarzania roślin oraz właściwości roślin, dzięki którym są one odporne na niskie temperatury, omawiają w rozdz. D U. Heber i K. A.

Santarius. Ostatnie badania wykazały, że pewne substancje wielkocząsteczkowe (cukry, białka, kwasy organiczne) zawarte w komórkach skutecznie chronią warstwy graniczne błon od uszkodzeń spowodowanych wysychaniem lub wymarzaniem. Reagują one albo wprost z substancjami uszkadzającymi błony, albo w specyficzny sposób z błonami, a nawet mogą modyfikować strukturę samych błon.

Zwiększona tolerancja na wysuszenie może być związana z ograniczeniem przepuszczalności wody lub zwiększeniem przepuszczalności elektrolitów lipofilnych w komórce. Zasady przepuszczalności, metody ilościowego jej określania oraz zmiany i mechanizmy zmian przepuszczalności pod wpływem stresu wody omawiają w rozdz. E O. Y. Lee-Stadelmann i E. J. Stadelmann.

W ostatnim rozdziale (F) czwartej części książki T. C. Hsiao, E. Fereres, E. Acevedo i D. W. Henderson poruszają ważne, bo mające także konsekwencje praktyczne, zagadnienia dynamiki wzrostu i rozwoju roślin uprawnych w warunkach stresu wody.

Stosunki wodne u roślin a typy dróg węgla — to temat piątej części monografii. Obok fizjologicznej tolerancji na stres wody znanej u kserofitów, u wielu innych roślin suchych obszarów wykształciły się specjalne przystosowania w ich budowie i fizjologii (jako efekt specyficznego metabolizmu), dzięki którym rośliny mogą uniknąć nadmiernych strat wody. Szczególnie bogate w takie morfo-fizjologiczne adaptacje są sukulenty, mające zdolność ograniczania asymilacji CO<sub>2</sub> z atmosfery w miarę wzrostu ujemnego potencjału wody w ich tkankach, aż do korzystania z CO<sub>2</sub> powstałego wskutek oddychania przy zamkniętych szparkach. Rośliny te reprezentują typ CAM metabolizmu węgla (crassulacean acid metabolism), omówiony w rozdz. A (M. Kluge).

Interesujący przykład zmian najpowszechniejszej w świecie roślin drogi węgla C<sub>3</sub> na typ CAM w warunkach stresu wody przytaczają w rozdz. B K. Winter i U. Lüttge. Autorzy wysuwają hipotezę, że możliwość przejścia halofitów na typ CAM stanowi ich podstawową adaptację do życia w warunkach wysokiego stężenia soli w glebie.

Najnowsze badania wykazały, że na typ metabolizmu węgla wpływa wiele czynników środowiska: stężenie CO<sub>2</sub> w powietrzu, temperatura, intensywność promieniowania, długość dnia, zasolenie i zawartość składników pokarmowych w glebie. Zaznaczają się one szczególnie jaskrawo u roślin o pośrednim typie metabolizmu: między C<sub>3</sub> i C<sub>4</sub> oraz między C<sub>3</sub> i CAM.

Szczegółowe omówienie metabolizmu C<sub>4</sub>, anatomiczne i ekofizjologiczne właściwości roślin typu C<sub>4</sub> oraz przejście typu C<sub>3</sub> na C<sub>4</sub> w zależności od stosunków wodnych środowiska znajdują się w rozdz. C (W. Huber i N. Sankhla).

Jakkolwiek właściwości roślin CAM (większość sukulentów) i C<sub>4</sub> (większość sklerofitów) mogą wskazywać na ich specjalne przystosowania do życia w suchych regionach świata, wciąż jeszcze brakuje jednoznacznych dowodów na ścisłe relacje między geograficznym rozmieszczeniem roślin o różnym typie metabolizmu węgla a klimatem i stosunkami wodnymi na obszarach ich występowania. Rozważania nad tym zagadnieniem zawiera rozdz. D (M. M. Ludlow).

Wiele miejsca w części piątej poświęcono także kwestii wydajności zużycia wody pobieranej przez rośliny o różnym typie metabolizmu węgla oraz wpływu na tę wydajność intensywności asymilacji.

W szóstej części książki poruszono wiele zagadnień związanych z produkcją roślinnej masy organicznej, zwłaszcza w suchych regionach świata, gdzie jest ona w poważnym stopniu ograniczana brakiem dostatecznej ilości wody dostępnej dla roślin.

W rozdziale A H. Lieth prezentuje model prognozowania produkcji pierwotnej na podstawie opadów i ewaporacji. Badania autora wykazały, że jakkolwiek produkcja pierwotna jest funkcją wielu czynników, to w przypadku dużych jednostek

geograficznych może być określona za pomocą technik korelacji, na podstawie np. wyłącznie ewapotranspiracji.

Strukturę, zasady i możliwości stosowania innego modelu — ARID CROP — ilustrującego procesy produkcji roślinnej w strefach suchych podają w rozdz. B H. van Keulen, C. T. de Witt i H. Lof.

Problem nawadniania gleb i wydajność zużycia wody w procesie fotosyntezy omawia w rozdz. C J. F. Bierhuizen. Na uwagę zasługuje teza autora, według której działania człowieka zmierzające do zmaksymalizowania plonów są błędne, a powinny się koncentrować na wprowadzaniu takich udoskonaleń technicznych, które pozwoliłyby na wydajniejsze zużycie pobranej przez rośliny wody. Wiąże się z tym konieczność wypracowania metod dla określenia stresu wody na poziomie regionu lub innych dużych jednostek geograficzno-roślinnych. Kilka informacji na ten temat znajduje się w rozdz. D, w którym B. G. Drake przedstawia interesującą metodę oceny stosunków wodnych i biomasy w zbiorowisku roślinnym na podstawie pomiarów globalnego promieniowania odbitego przez to zbiorowisko.

Ocena biomasy jest szczególnie skomplikowana na obszarach suchych (rozdz. E: M. Evenari, E.-D. Schulze, O. L. Lange, L. Kappen, U. Buschbom) ze względu na akumulację przeważającej jej części w podziemnych partiach rośliny oraz na duże fluktuacje w różnych latach, spowodowane ścisłą zależnością między stanem biomasy a stosunkami wodnymi siedlisk suchych. Autorzy postulują intensywniejsze badania produktywności systemów korzeniowych, zwłaszcza na obszarach z małą ilością opadów.

Rośliny okresowo lub stale suchych siedlisk są „suchoaktywne” lub „suchopasywne”. Pierwsze zachowują aktywność metaboliczną nawet podczas suszy — dzięki specjalnym przystosowaniom ograniczającym efekt stresu wody. Drugie — ograniczają aktywność metaboliczną jedynie do okresów wilgotnych (rośliny poikilohydryczne). Klasycznym ich przykładem są porosty, doskonale znoszące kolejną aktywację i inaktywację metaboliczną. Stosunki wodne i produktywność porostów omówił w rozdz. F G. P. Harris.

W ostatniej, siódmej części książki poruszono kwestię zonacji roślinności i wody jako głównego czynnika wpływającego na strefowy układ i rozmieszczenie roślin na świecie. W monografii pominięto rozważania nad ekologią i rozmieszczeniem roślin w regionach obfitujących w wodę, ograniczając się jedynie do specyficznych zagadnień ich egzystencji w warunkach skrajnych, na obszarach, gdzie skutek stałego lub okresowego braku wody wykształciły się specjalnie do nich przystosowane typy roślinności.

Klasycznym przykładem ostro zaznaczonej strefy roślinnej jest górna granica lasu (rozdz. A: W. Tranquillini). Wiele szczegółowych eksperymentów pozwoliło wykazać, że czynnikiem determinującym egzystencję roślin w wysokich partiach gór i stanowiącym naturalną barierę rozprzestrzeniania się lasu powyżej granicy jest brak wody, nie zaś niska temperatura, jak to sugerowano wcześniej. Tranquillini przytacza w tym rozdziale wiele danych o warunkach życia i ekofizjologicznych właściwościach drzew górnego regla w Alpach.

W rozdziale B E. L. Dunn, F. M. Shropshire, L. C. Song i H. A. Mooney szczegółowo analizują przebieg fotosyntezy, zawartości wody w liściach i produkcji masy organicznej w czasie suchego i gorącego lata w klimacie śródziemnomorskim oraz rozważają szerszy, ewolucyjny aspekt adaptacji roślin do życia w specyficznych warunkach tego klimatu. Konwergencja form życiowych gatunków roślin i fizjonomicznych typów roślinnych na obszarach o takim klimacie (basen Morza Śródziemnego, Kalifornia, zachodnie Chile) zaznacza się szczególnie jaskrawo.

Rozdział C ostatniej części książki (O. Stocker) poświęcony jest przede wszystkim zagadnieniu geograficznego rozmieszczenia roślinności Sahary w ścisłym powiązaniu

ze strefowym układem opadów tej największej pustyni świata. Znajdują się w nim także interesujące przykłady wielu różnorodnych adaptacji morfologicznych, anatomicznych i ekofizjologicznych, dzięki którym rośliny mogą egzystować na skrajnie suchych i jałowych siedliskach pustyni.

Monografia zawiera wiele nowych, cennych informacji o biochemii, fizjologii i ekologii roślin. Daje szeroki przegląd najnowszych osiągnięć w badaniach nad skomplikowanymi zależnościami między rośliną a wodą, z wykorzystaniem bogatego piśmiennictwa ostatnich lat (1514 pozycji).

Ze względu na ogromną liczbę i różnorodność poruszanych zagadnień cennym walorem książki jest niezwykle przejrzysta i zwarta konstrukcja, co znakomicie ułatwia jej lekturę. Redaktorzy książki zadbali o zachowanie wewnętrznej spójności w obrębie każdej części. Poszczególne rozdziały łączą się w logiczną całość dzięki wprowadzeniom, otwierającym kolejne części książki. Znajdują się w nich informacje o zakresie i wzajemnych relacjach problematyki poruszonej w rozdziałach, uzupełnione zwięzłymi objaśnieniami terminów i pojęć stosowanych w tekście. Każdy rozdział części monografii tworzy pewną zamkniętą całość: opatrzone jest własnym wstępem, który stanowi kolejne przybliżenie czytelnika do tematyki rozdziału, i wykazem literatury w nim cytowanej.

Niewątpliwą zasługą redaktorów jest ujednoczenie techniki oraz staranny dobór rycin, wyjaśniających i ułatwiających zrozumienie praw i prawidłowości, wyrażonych w tekście najczęściej w postaci uogólnionych wzorów matematycznych.

Mam pewne wątpliwości, czy książka może być w całości adresowana do szerokiego kręgu ekologów. Wiele zagadnień w niej poruszanych wymaga specjalistycznego przygotowania odbiorców. Niemniej każdy ekolog znajdzie w niej coś interesującego.

*Ewa Symonides*