

NIE KONTROLOWANE MIKROOBIEGI WODY W UKŁADZIE  
GLEBA - ROŚLINA - ATMOSFERA

Tomasz Jan Nowak

Instytut Rolniczych Podstaw Melioracji  
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

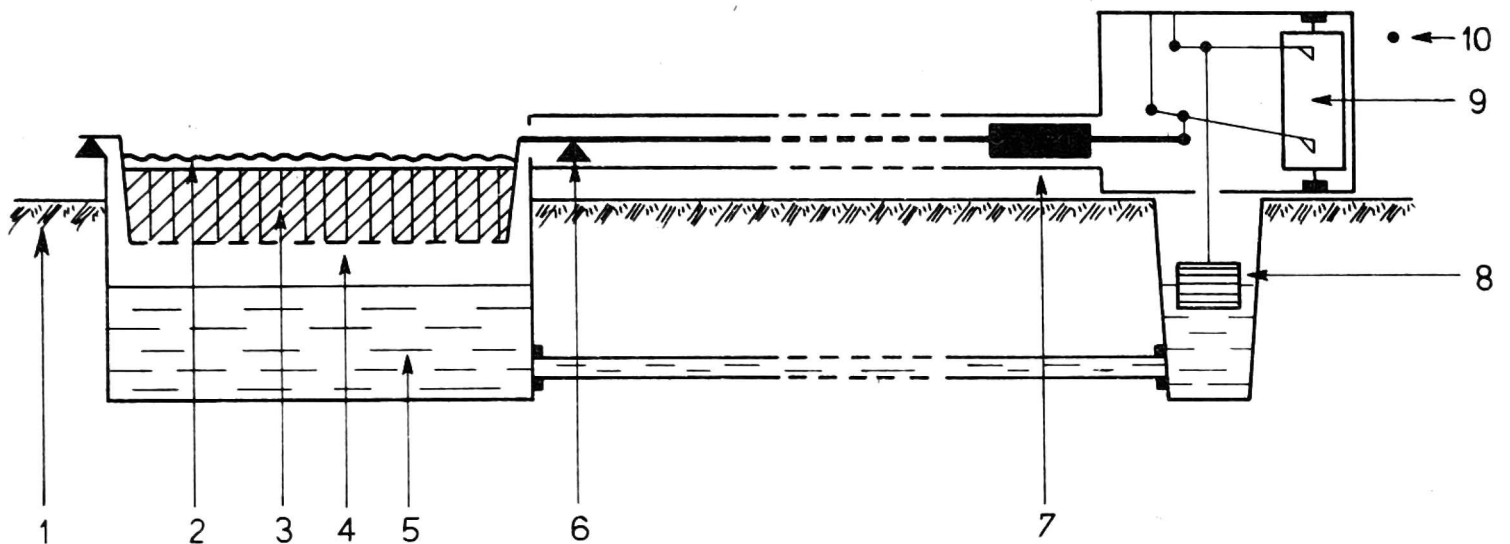
WSTĘP

W obszernym piśmiennictwie dotyczącym obiegu wody w układzie gleba - roślina - atmosfera można znaleźć niewiele prac, omawiających ilościową stronę oraz znaczenie w gospodarce wodnej roślin pozakorzeniowego pobierania wody z deszczu, rosy i mgły. Na zainteresowanie zasługuje rola absorpcji liściowej i wykraplania w bilansie wodnym roślin.

BADANIA WŁASNE

Badano pobieranie wody przez korzenie i zmiany świeżej masy kapusty odmiany Kamienna Głowa uprawianej w hydroponikach [6]. Stosowano przyrząd pomiarowy „HPW-J1” (rys. 1), opracowany w Zakładzie Agro- i Hydrometeorologii Akademii Rolniczej we Wrocławiu i skonstruowany przez M. Jangasa. Przyrząd ten składał się z hydroponometru [10] połączonego z układem rejestrującym masę ściółki hydroponicznej z rosnącą w niej rośliną. Pomiarów prowadzono w latach 1978 i 1979 w okresie od wypikowania rozsady do sprzętu. Równocześnie obserwowano występowanie rosy i wykraplanie wody (gutaację) przez rośliny oraz wykonywano pomiary czynników meteorologicznych.

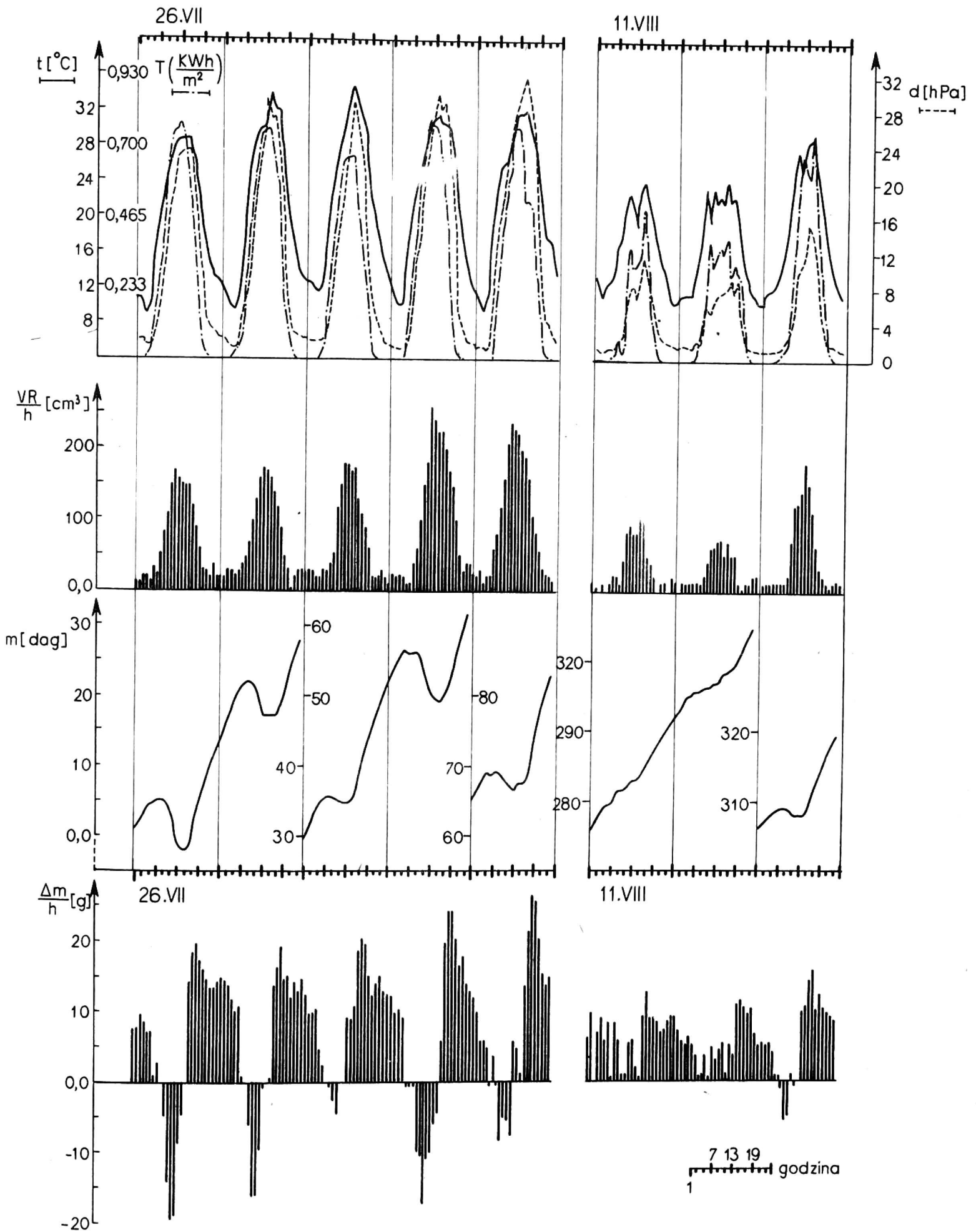
Wybrane wyniki dotyczące okresów bez rosy i wykraplania przedstawiono na rysunku 2. Uzyskane wielkości wskazują, że świeża masa kapusty zmniejsza się w godzinach południowych, jeżeli czynniki meteorologiczne (temperatura powietrza, promieniowanie całkowite i niedosyt wilgotności w powietrzu) sprzyjają wysokiemu po-



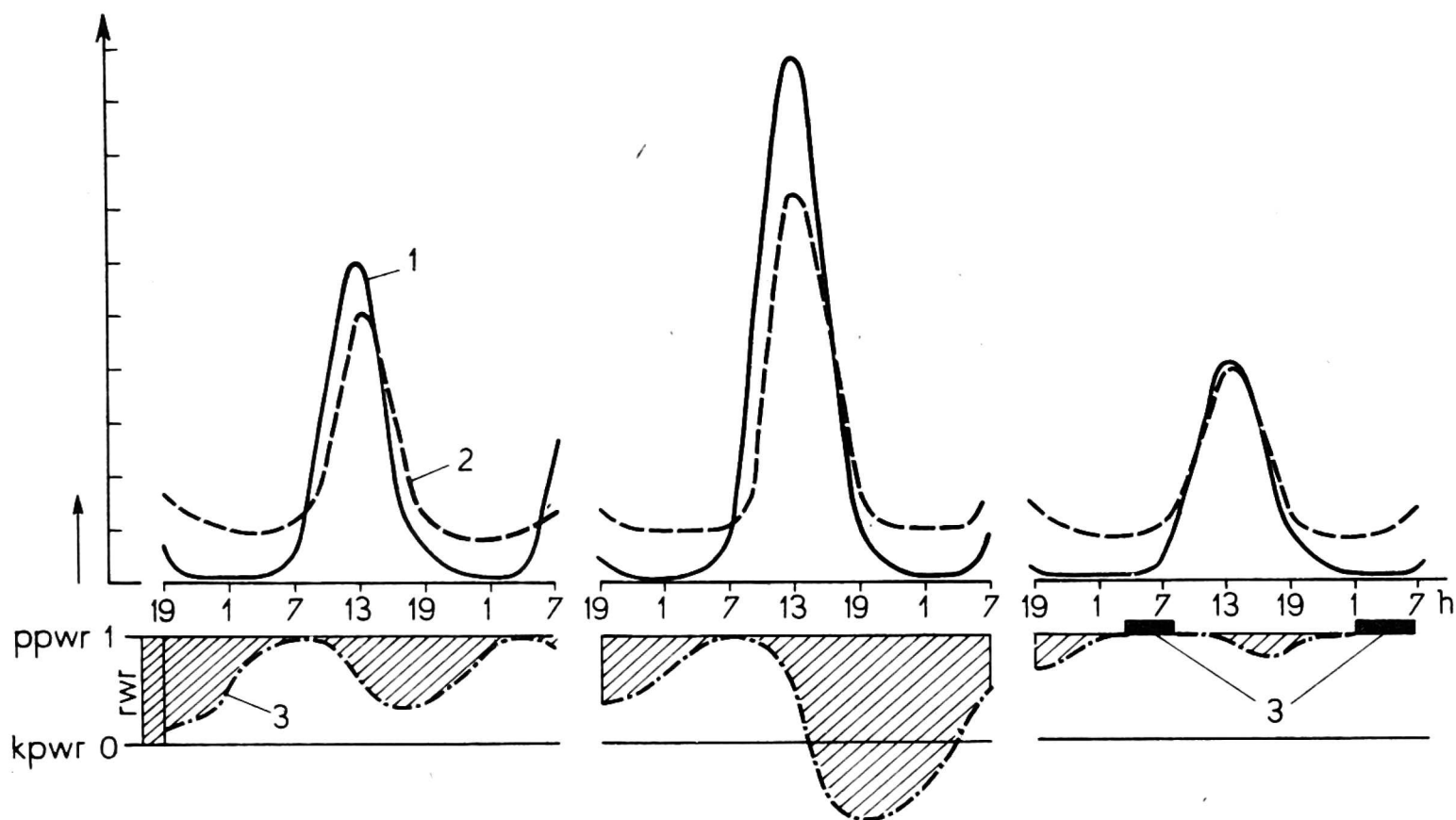
Rys. 1. Schematyczny przekrój przez przyrząd pomiarowy „HPW-J1”: 1 - gleba, 2 - warstwa niskoamoniakalnego mlecza kauczukowego zabezpieczającego powierzchnię przed parowaniem, 3 - ściółka hydroponiczna (mieszanka węgla brunatnego z torfem), 4 - warstwa powietrza, 5 - wodny roztwór soli mineralnych, 6 - pryzmat, 7 - przeciwwaga, 8 - pływak, 9 - bęben rejestrujący, 10 - łożysko szpilkowe

bieraniu wody przez korzenie. Podczas godzin popołudniowych i nocnych roślina ponownie zwiększa swoją świeżą masę. Przyczyną tego zjawiska może być zmiana stopnia uwodnienia tkanek roślinnych. Przy pewnych układach czynników meteorologicznych pobieranie wody przez korzenie, będące wypadkową aktywnego pobierania wody (parcia korzeniowego) i siły ssącej prądu transpiracyjnego, jest mniejsze od transpiracji. Różnica między ilością wody wytranspirowanej a pobranej przez korzenie jest uzupełniana przez odwodnienie samej rośliny, co prowadzi do zmniejszenia jej świeżej masy i powstania ujemnego bilansu wodnego. Podczas godzin popołudniowych i nocnych, gdy transpiracja jest mniejsza niż pobieranie wody, tkanki roślinne są ponownie uwadniane, gdyż, mimo zmniejszenia siły ssącej prądu transpiracyjnego, woda jest tłoczona aktywnie w dalszym ciągu do rośliny. W ten sposób zostaje wyrównany ujemny bilans wodny rośliny.

Można założyć, że roślina (lub łan roślin) jest układem o określonej pełnej pojemności wodnej (ppwr), mogącym oddawać wodę aż do osiągnięcia stanu odwodnienia, hamującego procesy wzrostowe. Wyniki badań Portianki (za Wieczer i Gonczarik [15]) wskazują, że pewne nieduże niedobory wodne nie wpływają na plonowanie ziemniaków, gdyż przy intensywnej transpiracji część wody pochodzi z odwodnienia bulw, które ponownie się uwadniają, gdy transpiracja maleje.



Rys. 2. Przebieg pobierania wody przez kapustę i zmiany w jej świeżej masie na tle wybranych czynników meteorologicznych:  $t$  - temperatura powietrza,  $T$  - promieniowanie całkowite,  $d$  - niedosyt wilgotności w powietrzu,  $VR$  - ilość pobranej wody przez system korzeniowy,  $m$  - świeża masa rośliny,  $h$  - godzina



Rys. 3. Hipotetyczne zmiany intensywności transpiracji, pobierania wody przez korzenie i rezerwy wodnej roślin: 1 - transpiracja, 2 - pobieranie wody, 3 - wykraplanie wody, ppwr - pełna pojemność wodna roślin, kpwr - krytyczna pojemność wodna roślin, rwr - rezerwa wodna roślin

Strebejko [13] wykazał, iż odwodnienie w pewnym zakresie liści owsa nie wpływa na plon ziarna. Wydaje się, że odwodnienie roślin do pewnej krytycznej pojemności (kpwr) jest zjawiskiem normalnym i nie hamuje procesów metabolicznych roślin. Dopiero odwodnienie roślin poniżej krytycznej pojemności wodnej powoduje zahamowanie ich procesów wzrostowych.

Ilość wody będąca różnicą między pełną pojemnością wodną a krytyczną pojemnością wodną roślin stanowi rezerwę wodną roślin (rwr) uruchamianą, gdy transpiracja jest większa od pobierania. Rezerwa wodna roślin - rwr (rys. 3) powinna być uzupełniona do 1 tak, aby w godzinach rannych roślina była uwodniona na poziomie pełnej pojemności wodnej, gdyż w ciągu dnia może wystąpić taki układ czynników meteorologicznych, że rezerwa wodna roślin jest ponownie uruchamiana. Jeżeli rwr w godzinach rannych nie jest równe 1, to może dojść w czasie dnia do przekroczenia krytycznej pojemności wodnej roślin i do zahamowania ich wzrostu.

Zakładamy, że: 1) plon świeżej masy, np. mieszanki jarej, wynosi w danej chwili 50 t/ha, 2) pełna pojemność wodna roślin = 90% i krytyczna pojemność wodna = 75%, a rezerwa wodna roślin =

= 0,75 mm. Przyjmujemy, iż dobowa ewapotranspiracja waha się od 2 do 4 mm, z tego około 80% przypada na transpirację; wtedy rezerwa wodna roślin (0,75 mm) stanowi 23-47% wody wytranspirowanej przez mieszkankę i nie pobranej w danej chwili przez system korzeniowy roślin z gleby.

Rezerwa wodna roślin stanowi znikome ilości w obiegu wody w przyrodzie, jednakże jej rola fizjologiczna jest bardzo istotna. Można postawić hipotezę, że w warunkach silnego promieniowania całkowitego, wysokiej temperatury i niedosytu wilgotności powietrza oraz pewnych niedoborów wody w podłożu, roślina nie ogranicza intensywności transpiracji przez zmniejszenie stopnia rozwarcia aparatów szparkowych, lecz uruchamia rezerwę wodną, co nie ogranicza wymiany gazowej. Zamykanie się aparatów szparkowych, będące mechanizmem reakcji roślin na niedobory wodne, wydaje się być „ostatnią linią obrony rośliny”, gdyż doprowadza to do gwałtownego podwyższenia temperatury liści.

#### MIKROOBIEGI WODY W PRZYRODZIE

Transpirację wody pochodzącej z odwodnienia tkanek roślinnych można uważać za mikroobieg biologiczny typu: roślina - atmosfera. Wyodrębnienie takiego mikroobiegu jest celowe, gdyż - w odróżnieniu od obiegu podłoże-roślina-atmosfera - źródłem wody biorącej w nim udział jest niekoniecznie woda pobrana przez system korzeniowy.

Gdy  $rwr < 1$ , wtedy może być uzupełniona do poziomu pełnej pojemności wodnej: 1) wodą absorbowaną przez liście z deszczu, rosy i mgły, 2) wodą przemieszczoną wewnątrz rośliny z części obumierających do aktywnych biologicznie i 3) wodą z pary wodnej znajdującej się w powietrzu.

#### Absorpcja liściowa

O możliwości występowania absorpcji kutikularnej przez liście niektórych roślin donosili Breazeale i in. [1], Heines [6] oraz Went i Duvderani [14]. Meidner [8], badając pobieranie wody z rosy przez liście *Chaetacme aristata*, wykazał, że absorpcja liściowa jest proporcjonalna do ilości wyspecjalizowanych komórek epidermalnych. Franke [3-5] stwierdził, iż ektodesmy są pośrednio związane z absorpcją i wydalaniem wody przez liście. Orgell (za

Franke [4] wykazał), że w kutikuli mogą istnieć hydrofilne pektynowe płytki, przez które możliwa jest penetracja intercelularna dla roztworów wodnych. Drogi wnikania wodnych roztworów przez liście nie są dokładnie poznane i stanowią przedmiot dalszych badań.

Na temat ilości wody absorbowanej przez liście z rosy, mgły lub deszczu napotkano niewiele prac. Waisel (za Rutterem [11]), mierząc pobieranie wody z rosy przez liczne krzewy śródziemnomorskie i niektóre rośliny pustynne w Izraelu, wykazał, że przychód wody z rosy nocnej waha się od ilości minimalnych do 12% świeżej masy liści. Według Meidnera [8], *Chaetacme aristata* pobiera wodę z rosy w ilości od 0 do 9% suchej masy liści w ciągu 10 minut, jednak te duże ilości wody pobierane w tak krótkim czasie nie można interpolować na okresy dłuższe. Vaadia i Waisel (za Rutterem [11]) wykazali, że szybkość pobierania wody przez liście słonecznika i *Pinus halepensis* spada po około 3 godzinach. Na plantacjach *Pinus radiata*, na których zawartość wody w glebie była bliska suszy fizjologicznej, lub chronionych przed deszczem, Johnston (za Rutterem [11]) stwierdził, że woda zatrzymywana przez rośliny w czasie całonocnego deszczu zmniejszyła deficyt wodny liści o 6%, tj.  $\pm 3\%$  świeżej masy.

Oprócz rosy i wody z deszczu, źródłem wody absorbowanej przez liście może być także mgła. Leyton i Armitage (za Rutterem [11]) sugerują, że jedynym źródłem wody w pewnych okresach dla *Pinus radiata* jest nadbrzeżna mgła.

Slayter [12] wykazał, iż woda w postaci pary może być absorbowana przez liście roślin, zwłaszcza wtedy, gdy prężność pary wodnej w liściu jest nieznacznie wyższa od prężności pary wodnej w powietrzu.

Jeżeli założymy, że ilość wody absorbowanej przez liście wynosi około 10% ich świeżej masy, to okaże się, iż są to ilości wody wystarczające w wielu przypadkach do szybkiego uzupełniania rezerwy wodnej roślin.

Absorpcję przez liście pary wodnej oraz wody z rosy, deszczu i mgły można traktować jako mikroobieg wody typu: atmosfera - absorpcja liściowa - atmosfera. Ilościowa strona tego mikroobiegu jest w układzie hydrologicznym minimalna. Natomiast istotne znaczenie ma częstotliwość występowania deszczu, rosy i mgły, które, przy niedoborze wody w podłożu, warunkują szybkie uzupełnianie rezerwy wodnej i zapobiegają odwodnieniu roślin poniżej krytycznej pojemności wodnej.

Przy uzupełnianiu rezerwy wodnej roślin pewną rolę może odgrywać woda przemieszczona w roślinie z części obumierających (zasychających) do części aktywnych biologicznie. W literaturze nie znaleziono jednak danych na ten temat.

### Wykraplanie wody (gutacja)

W dobowym przebiegu transpiracji, pobierania wody i uwodnienia roślin może zaistnieć taki układ, że rezerwa wodna roślin = 1, natomiast transpiracja jest mniejsza niż pobieranie wody. Przy ograniczonej transpiracji woda jest w dalszym ciągu tłoczona aktywnie (z nakładem energii z oddychania korzeniowego) do rośliny. Reakcją organizmu roślinnego na ciśnienie dodatnie wzrastające w naczyniach jest wydalenie wody na zewnątrz w formie roztworu wodnego. Wykraplanie wody przez rośliny jest procesem aktywnym [2], gdyż zahamowanie oddychania korzeniowego hamuje także wykrapalnię. Eksudacja soku roślinnego może zachodzić przez wyspecjalizowane pory, zwane hydatorami, przez otwarty koniec naczyń lub, jak sugeruje Meidner [9], przez aparaty szparkowe. Wydaje się jednak, że absorpcja wody przez liście może także przebiegać w miejscach eksudacji soku roślinnego. Ilościowa strona tego zjawiska nie została do tej pory zbadana.

Obserwacje wykrapalania prowadzone na wielu roślinach, uprawianych w hydroponikach i glebie w różnych warunkach mikroklimatycznych, nie potwierdzają danych, że wykraplanie wody można zauważyć u niektórych roślin w godzinach nocnych przy wysokiej wilgotności w powietrzu i w glebie [11]. Zjawisko to w naszych warunkach klimatycznych obserwowano u większości roślin uprawnych i dziko rosnących, z wyjątkiem drzew i krzewów. Pojawienie się kropeł wodnego roztworu na brzegach liści obserwowano w godzinach wieczornych, najczęściej po dwóch, trzech godzinach po deszczu, w godzinach nocnych, rannych, a czasem i przedpołudniowych. Eksudacja soku roślinnego zachodziła zarówno przy wysokiej zawartości pary wodnej w powietrzu, jak i przy wilgotności względnej powietrza wynoszącej około 70%. Przy niskiej wilgotności gleby wykraplanie pojawiało się wtedy, gdy rośliny były pokryte wcześniej wodą z rosy. Obserwacje transpiracji (prowadzone za pomocą krążków bibuły nasyconej chlorkiem kobaltu) i wykrapalania wskazują, że ograniczenie parowania wody z liści nie jest czynnikiem niezbędnym do wystąpienia wykrapalania. Biorąc pod uwagę wyniki tych obserwacji,

można powiedzieć, iż wykraplanie zachodzi po przekroczeniu pewnej równowagi między transpiracją, pobieraniem wody a uwodnieniem tkanek roślinnych, i wskazuje, że rezerwa wodna roślin = 1. Zjawisko wykrapalnia można by więc traktować jako biologiczny wskaźnik zaspokojenia potrzeb wodnych roślin.

Wydalanie wody przez rośliny może występować zarówno w warunkach klimatycznych sprzyjających pojawianiu się rosy, jak i wtedy, gdy rosa nie może powstać. Na istnienie różnic między wodą z rosy a wodą z wykroplenia wskazał już w 1926 r. Wilson [16]. Biorąc pod uwagę miejsce pojawiania się wody wykroplonej i rosy na liściu oraz wielkość kropeł, zjawiska te są dość łatwe do odróżnienia. Duże krople wody wydalonej przez rośliny pojawiają się najczęściej na brzegach liści przy zakończeniach nerwów liściowych. Krople rosy są wyraźnie mniejsze, rozrzucone nieregularnie na powierzchni liści, a u roślin z włoskami pojawiają się najszybciej na ich końcach.

Roztwór wodny wykroplony z liści może ulec reabsorpcji, bezpośrednio wyparowaniu do atmosfery lub nawodnić powierzchnię podłoża i dopiero wyparować. Wykraplanie wody przez rośliny można więc traktować jako mikroobieg typu: roślina - wykraplanie - atmosfera - reabsorpcja

#### PODSUMOWANIE

Omówione w niniejszej pracy mikroobiegi dotyczą znikomych ilości wody w ujęciu hydrologicznym. Jednak ich rola fizjologiczno-ekologiczna jest istotna. Możliwość odwadniania się roślin oraz ponownego uwadniania wodą pochodzącą nie tylko z podłoża stanowi mechanizm chroniący rośliny przed okresowymi niedoborami wody w glebie. Rola absorpcji liściowej i wykrapalania nie ogranicza się tylko do regulacji stosunków wodnych w roślinie. Częste zwilżanie powierzchni liści wodą z rosy czy z wykrapalania i przemieszczanie się tej wody po liściu może oczyszczać jego powierzchnię z pyłów atmosferycznych lub umożliwiać pobieranie pozakorzeniowe znajdujących się tam składników pokarmowych. Parowanie wody wykroplonej przez rośliny może być czynnikiem regulującym warunki mikroklimatyczne wewnątrz łąnu roślin i ograniczającym intensywność transpiracji. Celowe więc wydaje się prowadzenie badań nad ilościową stroną tych zjawisk oraz opracowanie technik pomiarowych umożli-



wiających sprawdzenie niektórych hipotetycznych rozważań przedstawionych w pracy.

## LITERATURA

1. Breazeale F. L., Mc George W. T., Breazeale J. F.: Moisture absorption by plants from an atmosphere of high humidity. *Plant Physiol.*, 25, 1950: 413.
2. Buczek J.: On the metabolic aspects of the transpiration of leaves. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 32, 3, 1963: 511-530.
3. Franke W.: Role of guard cells in foliar absorption. *Nature*, 202, 1964: 1236.
4. Franke W.: Mechanism of foliar penetration of solutions. *A. Rev. Plant Physiol.* 18, 1967.
5. Franek W.: Ectodesmata and the cuticular penetration of leaves. *Pestic. Sc.*, 1 (July, August), 1970.
6. Gumińska Z., Gumiński Z.: Próchnicowa uprawa hydroponiczna roślin. *Pr. WTN, ser. B*, 192, 1976.
7. Heines F. M.: The absorption of water by leaves in an atmosphere of high humidity. *J. Exp. Bot.*, 3, 7, 1952: 95.
8. Meidner H.: Measurements of water intake from the atmosphere by leaves. *New Phytol.*, 53, 1954: 423-426.
9. Meidner H.: Sap exudation via the epidermis of leaves. *J. Exp. Bot.* 28, 107, 1977: 1408-1416.
10. Nówak T. J., Krystecka M.: Dynamika pobierania wody w uprawie hydroponicznej przez rośliny czterech odmian ziemniaków. *Rocz. Nauk rol. ser. A*, 194, 3, 1980: 7-17.
11. Rutter A. J.: In: *Vegetation and the atmosphere*. Pod red. Monteith J. L., Acad. Press Inc. London LTD, 1975.
12. Slayter R. O.: *Plant-water relationships*. Acad. Press N. Y. 1967.
13. Strebeyko P.: The influence of water on the growth of oats. In: *Studies in Plant Physiology*, Praga 1958: 229-239.
14. Went F. W., Duvderani S.: Dew absorption by leaves and conduction for storage of absorbed moisture into the soil via stem and root. *UNESCO Press Release*, 927, 1953.
15. Wieczer A., Gonczarik M.: *Fizjologia i biochemia ziemniaka*. (z ros. przeł. Samotus B.). PWRiL, Warszawa 1977.
16. Wilson J. K.: When is "dew" not dew? *The Cornell Rural School Leaflet*, 20, 1926.

Томаш Ян Новак

НЕКОНТРОЛИРОВАННЫЕ МИКРОБОРОТЫ ВОДЫ В РАМКАХ СИСТЕМЫ  
ПОЧВА-РАСТЕНИЕ-АТМОСФЕРА

Р е з ю м е

Рассматриваются результаты измерений усваивания воды и изменений свежей массы капусты на протяжении суток. Описывается из-

мерительный прибор HPW- J1. Установлено, что свежая масса капусты сокращается в течение суток. Выдвигается гипотеза, что растения располагают водным резервом равным разнице между полной влагоемкостью растений и критической влагоемкостью. Обезвоживание растений в данном пределе не приводит к снижению урожая. Водный резерв ниже максимальной величины, тогда происходит его пополнение водой усваиваемой активно корнями и водой абсорбируемой листьями из дождя, росы, тумана и содержащегося в воздухе водяного пара. Рассматриваются результаты наблюдений гуттации и росы. Обсуждаются микрообороты воды в природе в рамках систем 1) растение-атмосфера, 2) атмосфера-листьевая абсорбция-атмосфера и 3) растение-гуттация-атмосфера-реабсорбция.

Tomasz Jan Nowak

NONCONTROLLED WATER MICROCIRCULATIONS IN THE  
SOIL-WATER-ATMOSPHERE SYSTEM

S u m m a r y

The results of measurements on water sorption and changes of the cabbage fresh matter within 24 hours are discussed. The measuring implement of HPW-J1 is described. It has been found that the cabbage fresh matter is decreasing during the day. A hypothesis that plants would use the water reserve equal to the difference between the full water capacity of plants and the critical water capacity has been put. Dewatering of plants within that range would not reduce their yielding. The water reserve of plants begins to be used when the transpiration would exceed the water uptake by roots. If the water reserve were lower than the maximum value, its supplementation with water taken up actively by roots and with that absorbed by leaves from rain, dew, mist and water vapour contained in air would take place. The results of observations on guttation and dew are presented. Water microcirculations in the nature within the systems of 1) plant-atmosphere, 2) atmosphere-leaf absorption-atmosphere and 3) plant-guttation reabsorption atmosphere are discussed.