

METODY OKREŚLANIA GLEBOWYCH ZAPASÓW WODY  
ŁATWO DOSTĘPNEJ DLA ROŚLIN UPRAWNYCH

Mieczysław Trybała

Instytut Rolniczych Podstaw Melioracji, AR we Wrocławiu

W licznych naukach, w tym również w naukach rolniczych i melioracyjnych, obserwuje się postępującą specjalizację kierunków i dyscyplin badawczych. Jedną z nowszych dyscyplin jest fizyka gleby, w której głównym problemem są właściwości wodne gleb. Dotyczą one procesu wiązania wody przez glebę (statyka) i ruchu wody w glebie (dynamika). Fazy ciekła i gazowa wypełniają w różnych stosunkach wolne przestwory fazy stałej gleby. Chcąc prawidłowo opisać właściwości wody w glebie, należy uwzględnić wszystkie czynniki wpływające na jej stan energetyczny, a więc siły adsorpcyjne, kapilarne, grawitacji, temperaturę oraz ilości i jakości rozpuszczonych w niej soli mineralnych. W literaturze istnieją zasadniczo dwie teorie wody glebowej. Briggsa (1897) - oparta na prawach naczyń włoskowatych i późniejsza - ogólnie uznawana teoria Buckingham (1907) - bazująca na zasadach energetycznych wody glebowej. Briggs wyróżnił na podstawie względnego stopnia retencji 3 rodzaje wody glebowej: 1) wodę higroskopową - zaadsorbowaną z atmosfery siłami powierzchniowymi cząstek glebowych, 2) wodę kapilarną - występującą w postaci ciągłej błonki wodnej naokoło cząstek glebowych i w porach kapilarnych, utrzymywaną siłami powierzchniowymi, 3) wodę grawitacyjną, nie utrzymywaną przez glebę - spływającą w głąb profilu pod wpływem przyciągania ziemskiego.

Zapotrzebowanie roślin na wodę rolnicy znali dobrze już w najbardziej zamierzchłych czasach. Jednak dopiero w 1859 r. Sachs po raz pierwszy wykazał naukowo, że nie wszystka woda zawarta w glebie może być wykorzystana przez rośliny. Giną one z braku wody, mimo że w glebie znajdują się jeszcze jej spore ilości. W 1912 r. opublikowana została praca wspólna Briggsa i Shantza, w której po

raz pierwszy autorzy ci ustalili pojęcie współczynnika wędnięcia. Za wodę nieprzyswajalną przez rośliny uznali tę, która utrzymuje się w glebie w równowadze z powietrzem. Jednocześnie wprowadzili oni pojęcie wody niezbędnej do wzrostu roślin, czyli wody przekraczającej wartość współczynnika wędnięcia. Uważali, że wielkość tego współczynnika nie zależy od gatunku i wieku roślin, co w późniejszych badaniach nie zostało w pełni potwierdzone.

Alway (1913) w swojej pracy próbuje znaleźć zależność między współczynnikiem wędnięcia a higroskopowymi właściwościami gleby.

W 1926 r. ukazała się praca Łobanowa, w której autor wykazał, że glebę trzeba charakteryzować pod względem jej zdolności zaspokajania potrzeb wodnych roślin nie jedną wielkością - współczynnikiem wędnięcia - lecz dwoma, tj. krytyczną dla roślin wilgotnością glebową, która odpowiada początkowi wędnięcia, czyli współczynnikiem wędnięcia, i martwym zapasem, który odpowiada tej wilgotności gleby, przy której system korzeniowy przestaje pobierać wodę z gleby i roślina zamiera.

Badania w dziedzinie teorii przemieszczania się wody glebowej, wynikającej z działania sił sorpcyjnych, kapilarnych i grawitacyjnych prowadzili, między innymi, Lebediew (1919), Bouyoucos (1921), Richards (1928), Zunker (1930), Ałpatiew, Schofield, Dołgow (1946), Kaczyński (1947), Rode (1956), a w Polsce Bac, Dobrzański, Baranowski, Giedrojc, Grabarczyk, Kowaliński, Królikowski, Marcilonek, Prusinkiewicz, Roguski, Trybała, Trzecki, Zawistowski i inni. W 1934 r. ukazała się praca Taylora i in. zawierająca wieloletnie rezultaty badań z rejonu południowej Kalifornii. Autorzy ci wilgotność gleby odpowiadającą momentowi śmierci roślin nazywają granicznym punktem wędnięcia, zaś wilgotność gleby między współczynnikiem wędnięcia a granicznym wędnięciem - przedziałem wędnięcia.

Pogląd o przedziale wędnięcia podtrzymują Furr i Reeve (1945). Twierdzą oni mianowicie, że górnej granicy tego przedziału odpowiada siła utrzymywania wody przez glebę równa około  $8,918 \times 10^3$  hPa - 9,1 at ( $pF = 3,97$ ), a dolnej - około  $21,75 \times 10^3$  hPa - 22,2 at ( $pF = 4,36$ ). W tym przedziale obserwuje się znaczne zwiększenie wartości osmotycznej soku komórkowego roślin.

Kaczyński i in. (1950) ustalili trzy stadia wędnięcia roślin: 1) początek wędnięcia, kiedy opuszczają się tylko górne liście roślin, 2) głębokie zwiędnięcie, kiedy opuszczają się, żółkną także dolne liście i roślina po podlaniu odżywa dopiero po kilku go-

dzinach, 3) śmierć rośliny, kiedy nie odżywa ona w ogóle po podlaniu.

Pomimo licznych badań i równie licznych publikacji z zakresu wody glebowej wykonanych głównie w Stanach Zjednoczonych, Anglii, Holandii, Związku Radzieckim i innych krajach, w tym także w Polsce, zwłaszcza w latach ostatnich bieżącego stulecia, nie posiadamy dokładnych sposobów umożliwiających miarodajne, zarówno dla potrzeb badawczych jak i dla praktyki, określenie ilości wody łatwo dostępnej dla roślin w różnych glebach. Jedynie, znając połowę pojemność wodną gleby i punkt trwałego więdnięcia roślin, możemy w przybliżeniu określić ilość wody dostępnej dla roślin, czyli tzw. zapas użyteczny wody (tab. 1). Zaś rozdzielenie wody dostępnej dla roślin na łatwo i trudno dostępną jest w dużej mierze hipotetyczne. Jedni autorzy uważają, że woda łatwo dostępna dla roślin stanowi od 40 do 50% wody dostępnej, a inni, że może dochodzić do 70%, zależnie od zwięzłości gleby.

T a b e l a 1

Efektywna retencja użyteczna (ERU) mineralnych gleb ornich w warstwie 1 m przy głęboko zalegającym zwierciadle wód gruntowych

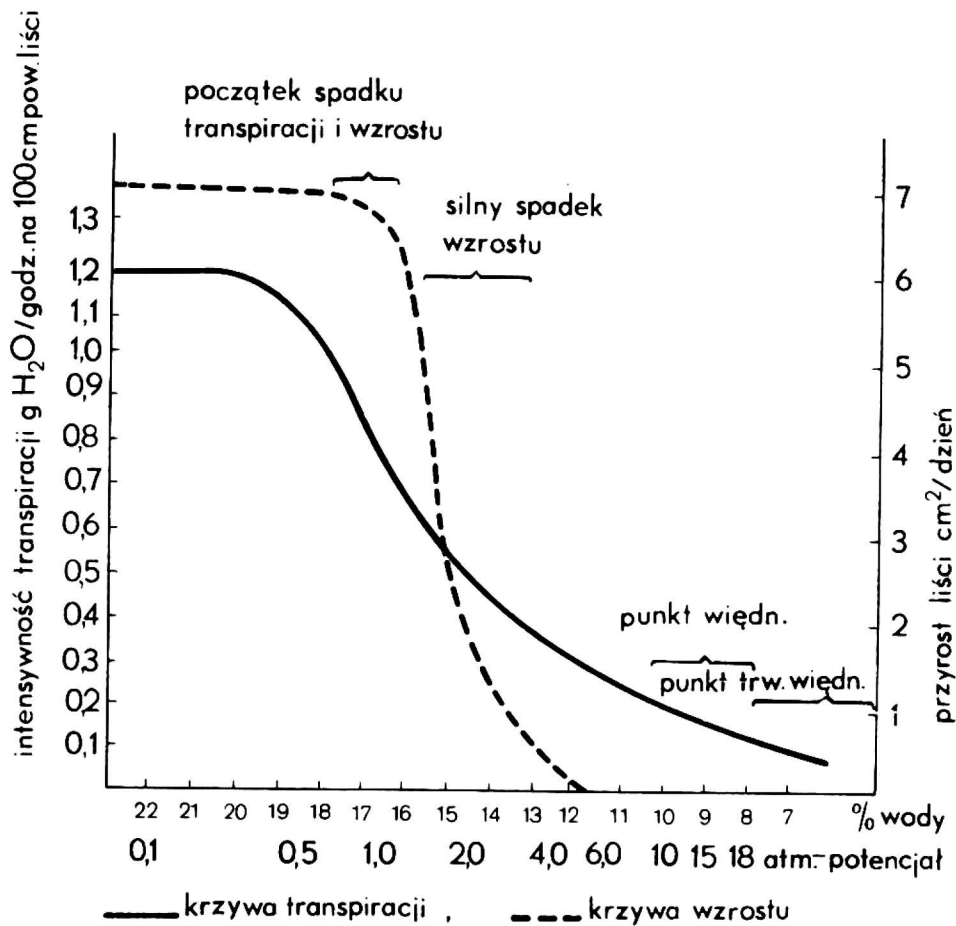
Gleby	Zawartość części spławialnych (w %)	Zawartość próchnicy (w %)	ERU (w mm)	
			od - do	Średnia
Piaski luźne	0-5	1,2	30-46	40
Piaski słabo gliniaste	5-10	1,1	46-66	55
Piaski gliniaste lekkie	10-15	0,9	66-78	70
Piaski gliniaste mocne	15-20	1,4	74-85	80
Gлина lekka	20-35	1,6	85-115	100
Gлина średnia	35-50	1,8	118-128	125
Gлина ciężka	50	2,8	105-125	115
Ił	50	-	89-121	105
Pyły wodnego pochodzenia	45	1,3	97-113	105
Lessy	60	2,5	104-116	110

Zarówno połową pojemność wodną, jak i punkt trwałego wędnięcia roślin wyznacza się w praktyce metodami bezpośrednimi i pośrednimi. Połowa pojemność wodna gleby odpowiada ilości wody zatrzymanej w profilu w porach o średnicy od 0,2 do 8,5  $\mu\text{m}$ , co odpowiada wg Richardsa potencjałowi wodnemu  $0,338 \times 10^3$  hPa - 0,345 at (pF 2,5). Nadmiar wody w stosunku do tej ilości, którą gleba może zatrzymać, odcieka w głąb profilu, jako woda wolna, czyli grawitacyjna. Połowa pojemność wodna jest cechą charakterystyczną poszczególnych rodzajów i gatunków gleb oraz zależy głównie od ich składu mechanicznego, czyli od stopnia zwięzłości. Gleby zwięzłe, mające dużą powierzchnię zbiorową cząstek glebowych i mniejsze wymiary przestworów, zatrzymują więcej wody niż gleby piaszczyste. Oprócz składu mechanicznego gleby, połowa pojemność wodna zależy też od zawartości substancji organicznych i temperatury gleby. Wraz ze spadkiem temperatury gleby - ilość jej wzrasta. Przy płycej niż 1 m zalegającym zwierciadle wody gruntowej występuje tzw. podparcie kapilarne. Wówczas woda utrzymywana jest także w większych kapilarach niż tzw. woda kapilarna zawieszona, występująca przy głęboko zalegającej wodzie gruntowej. Stopień wysycenia wodą w stosunku do porowatości ogólnej w glebie, przy pojemności połowej wynosi od 40 do 100%.

Połową pojemność wodną określa się bezpośrednio metodą polowo-laboratoryjną lub pośrednio na podstawie składu mechanicznego gleb, posługując się odpowiednimi tabelami lub wykresami dostępnymi w literaturze (rys. 1).

Drugim istotnym elementem pozwalającym określić ilość wody dostępnej dla roślin, jest współczynnik wędnięcia. Najczęściej stosowanymi metodami bezpośrednimi oznaczania współczynnika wędnięcia w glebie są metody: biologiczna i wypierania wody ciśnieniem  $14,7 \times 10^3$  hPa (15 at). Metoda biologiczna polega na oznaczaniu wilgoci gleby, w której roślina zwiędła trwale, tzn. nie odzyskała turgoru po umieszczeniu jej w atmosferze nasyconej parą wodną. Badania powinno się prowadzić w kontrolowanych warunkach przy stałej wilgotności i temperaturze powietrza. Wypieranie wody pod ciśnieniem stosuje się w aparatach ciśnieniowych wykonanych na wzór aparatury Richardsa (USA - 1928 r.) z próbek gleby o nienaruszonej strukturze.

Do najczęściej stosowanych metod pośrednich należą odczytywanie wartości pF 4,2 z krzywych sorbcji wody, sporządzonych na podstawie oznaczonych punktów dla innych ciśnień wyznaczonych za po-



Rys. 1. Krzywe zmienności transpiracji i przyrostu liści słonecznika przy zmniejszającej się zawartości wody w glebie gliniastej wg (Freia)

mocą wspomnianej aparatury ciśnieniowej oraz metoda chemiczna, polegająca na oznaczaniu maksymalnej higroskopowości nad nasyconym  $K_2SO_4$ , a następnie przemnażaniu tej wartości przez współczynnik przeliczeniowy 1,7 (1,3-2,0). Metodą pośrednią, dającą przybliżone wyniki, jest również obliczanie współczynnika wędnięcia na podstawie maksymalnej higroskopowości wyliczonej z równania regresji. Istnieje także metoda Solnara, w której wilgotność trwałego wędnięcia oblicza się za pomocą wzoru:

$$WTW = \frac{S}{2,4} \% \text{ obj.}$$

gdzie: S - zawartość części spławialnych w %.

Należy podkreślić, że ilość wody całkowicie niedostępnej dla roślin zależy nie tylko od mechanicznego składu gleb i zawartości w nich substancji organicznych, lecz także i to w znacznym stopniu, od gęstości gleb i ich struktury oraz wprowadzania do gleb np. z wodami ściekowymi koloidów hydrofilnych. Granice przyswajalności wody dla roślin leżą między połową pojemnością wodną i punktem trwałego wędnięcia roślin, jest to więc woda produktywna, od której w znacznym stopniu zależy wysokość plonów roślin



uprawnych. Według Veihmeyer'a i innych można dokładnie określić w glebie ilość dostępnej dla roślin wody, tzn. wody, którą gleba utrzymuje w granicach między ppw a punktem trwałego więdnięcia i według nich cała ta woda jest dla roślin jednakowo dostępna. Natomiast Rode na podstawie swoich badań udowodnił istnienie punktu powyżej współczynnika więdnięcia roślin, przy którym wzrost roślin zostaje wyraźnie zahamowany. Punkt ten nazwał wilgotnością zahamowanego wzrostu i stwierdził, że przyswajalność wody dostępnej dla roślin zależy od siły jej wiązania, woda związana siłami od 98 do 980 hPa (0,1-1,0 at) jest łatwiej przyswajalna dla roślin niż woda związana siłami od 980 do  $14,7 \times 10^3$  hPa (1-15 at).

Według badań Frei'a i innych (rys. 1) występuje zależność pomiędzy wodą związaną siłami do  $4,9 \times 10^3$  hPa (5 at) - efektywna retencja użyteczna i przyrostem roślin oraz ich transpiracją. Woda związana z siłą powyżej  $4,9 \times 10^3$  hPa jest pobierana również przez rośliny, które transpirują lecz nie wykazują przyrostu masy.

Gdyby przyjąć istnienie idealnego, z punktu widzenia gospodarki powietrzno-wodnej, profilu glebowego, to faza stała (części mineralne i organiczne) oraz porowatość ogólna zajmowałyby w nim po 50%, zaś w części porowatej pojemność wodna połowa i powietrze glebowe także po 50%. W praktyce optymalne stosunki powietrzno-wodne w glebie są wówczas, gdy w profilu znajduje się woda łatwo dostępna dla roślin i dostateczna ilość powietrza w przestworach (ok. 20%), gwarantująca właściwą wymianę gazową.

Jest rzeczą zrozumiałą, że takich gleb i siedlisk w praktyce jest niewiele. Tym niemniej powinno się zmierzać, zwłaszcza w badaniach, do osiągnięcia takich proporcji pomiędzy poszczególnymi fazami gleby. Wobec czego ważnym elementem jest miarodajny pomiar uwilgotnienia gleby. Przy czym uwilgotnienie to należałoby rozpatrywać w dwóch aspektach. Z jednej strony jest to zasobność gleby w wodę, z drugiej zaś jest to potencjał wody określający aktualny stan energetyczny wody glebowej. W związku z czym, również sposoby pomiaru wody w glebie można podzielić na dwie podstawowe grupy: do pierwszej z nich należą metody pozwalające oznaczać aktualną ilość wody w profilu, zaś do drugiej - metody umożliwiające pomiar siły z jaką cząstki wody są przez glebę przyciągane. Celem niniejszego opracowania nie jest szczegółowe ich omawianie, tym bardziej, że są to metody powszechnie znane i w badaniach na ogół stosowane. Ich cechą powinna być przede wszystkim dostateczna dokładność i dostępność, co nie zawsze w praktyce ma miejsce.

## WNIOSKI

1. Istnieje potrzeba dokonania syntezy dotychczasowego dorobku badawczego z zakresu określania glebowych zapasów wody łatwo dostępnej dla roślin, celem wyboru przydatnych metod dla praktyki nawodnieniowej i prac badawczych.

2. Z uwagi na interdyscyplinarność tych zagadnień, powinny one być rozwiązywane w zespołach różnych specjalistów i przyczynić się do unowocześnienia metodyki badań nad gospodarką wodną w produkcji roślinnej.

М. Трыбала

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ ВОДЫ ЛЕГКО  
ДОСТУПНОЙ ДЛЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Р е з ю м е

Существует потребность проведения синтеза всех совершенных до сих пор исследовательских трудов в области определения почвенных ресурсов воды, легко доступной для растений, с целью выбора методов пригодных для оросительной практики и исследовательских работ. Принимая во внимание интердисциплинарность этих проблем, они должны решаться в группах разных специалистов и способствовать усовершенствованию методики исследований водного хозяйства в растительном производстве.

М. Trybała

THE METHODS OF DETERMINING THE SOIL WATER STORES  
READILY AVAILABLE TO CROPS

S u m m a r y

In order to select useful methods for irrigation practice and research works, there has arisen the necessity of synthesizing the present research achievements in the range of determining the soil water stores readily available to plants. Because of interdisciplinary aspect of these questions, they should be solved by teams of different specialists, so that to contribute to modernization of the research methods used for investigating the water economy in plant production.