

STANISŁAW TRZECKI
Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin SGGW — Warszawa

PROBLEM OPTYMALNEJ I ZRÓŻNICOWANEJ WILGOTNOŚCI W DOŚWIADCZENIACH WAZONOWYCH

Różnorodne doświadczenia z roślinami uprawnymi prowadzone w wazonach, choć mniej lub bardziej odbiegają od warunków polowych, były od dawna i będą nadal jedną z dobrych metod badawczych. Doświadczenia wazonowe dzięki wielu zaletom, jakie posiadają, i powszechnym od szeregu już lat ich stosowaniu w badaniach mają określoną tradycję. Metodykę doświadczeń wazonowych opracowano również stosunkowo dawno i niektórzy ze współczesnych badaczy stosują ją dotychczas prawie bez żadnych zmian.

Dynamiczny rozwój i postęp różnych gałęzi wiedzy często dzięki ulepszonej bądź zastosowaniu nowej metodyki spowodował, iż szereg zjawisk biologicznych poznano dokładniej oraz wyjaśniono słusność lub bezpodstawność wielu dawniej przyjmowanych hipotez. Dotyczy to między innymi zagadnienia optymalnej wilgotności gleby bądź piasku w doświadczeniach wazonowych oraz tzw. „różnych poziomów wilgotności” (różnej wilgotności w materiale wypełniającym wazon), jakie stosuje się w doświadczeniach wazonowych. Obie te sprawy wymagają oddzielnego omówienia.

Dotychczas jeszcze zarówno w wielu podręcznikach, jak i przy prowadzeniu doświadczeń wazonowych za optymalną wilgotność uważa się stan wilgotności gleby bliski 60% kapilarnej (zwanej niekiedy pełną bądź maksymalną) pojemności wodnej gleby (2, 7, 12). S.M. Bogdanow (11) proponuje nawet utrzymywanie w doświadczeniach wazonowych wilgotności na poziomie 60% wody użytecznej dla roślin (nie wliczając w to wody niedostępnej) w stosunku do pełnej wodnej pojemności. Wilgotność tę proponuję wyliczać następująco:

$$0,6 \cdot (\text{pełna pojemność wodna} + \text{maksymalna higroskopowość})$$

Inni twierdzą, że najlepsze warunki rozwoju rośliny znajdują przy 60—70% pełnej wodnej pojemności, co w przybliżeniu stanowi jakoby ok. 80% wodnej pojemności polowej (3, 9). Choć spotykane nazwy wyżej przytoczonych pojemności wyjściowych są różne (pojemność wodna kapilarna, pojemność pełna, pojemność maksymalna), sposób jej oznaczenia na ogół jest jednakowy. Z reguły oznacza się ją w cylinderkach o średnicy

5—6 cm i wysokości 15—18 cm posiadających z jednej strony otworu wmontowaną siatkę. Cylinderki te wypełnione do $\frac{2}{3}$ wysokości glebą stawia się w naczyniu z wodą tak, aby dolna płaszczyzna gleby miała kontakt z powierzchnią wody, a całość gleby poprzez podsiąk kapilarny mogła wchłonąć określoną ilość wody, która w przybliżeniu odpowiada kapilarnej pojemności wodnej.

Zachodzi pytanie, czy rzeczywiście to co przytoczono powyżej na podstawie literatury na ten temat należy uznać za optymalne warunki wilgotnościowe w doświadczeniach wazonowych. Z nowszych bowiem badań wynika (6, 10, 13), że optymalna wilgotność gleby dla rozwoju roślin leży w granicach między wodną pojemnością polową a tzw. wilgotnością początku hamowania wzrostu. Jest to więc wilgotność, przy której korzenie roślin znajdują w glebie łatwo dostępną wodę oraz dostateczną ilość powietrza. Dlatego też dla utrzymania optymalnej wilgotności w wazonie należałoby podlewać je wtedy, kiedy zawartość w nich wody obniży się do tzw. wilgotności początku hamowania wzrostu roślin (tj. przy sile ssącej gleby 0,8—1,0 atm.) dawką wody, która by doprowadziła do stanu wilgotności równego wodnej pojemności polowej (tj. do siły ssącej ok. 0,25 atm.).

Dla sprawdzenia, w jakim stopniu przyjmowana dotychczas za optymalną wilgotność (60% pojemności kapilarnej) odpowiada wodnej pojemności polowej, przeprowadziliśmy w Katedrze Ogólnej Uprawy Roli i Roślin SGGW szereg oznaczeń i wyliczeń dla różnych gleb. Wyliczenie przeprowadzono oddzielnie dla warstw ornych (z 20 pomiarów) i warstw podornych (z 43 pomiarów) reprezentujących różne grupy mechaniczne gleb. W każdej próbie wyznaczono procent, jaki stanowi wodna pojemność polowa (WPP) w stosunku do wodnej pojemności kapilarnej (WPK) w następujący sposób:

$$\frac{W P P}{W P K} \cdot 100$$

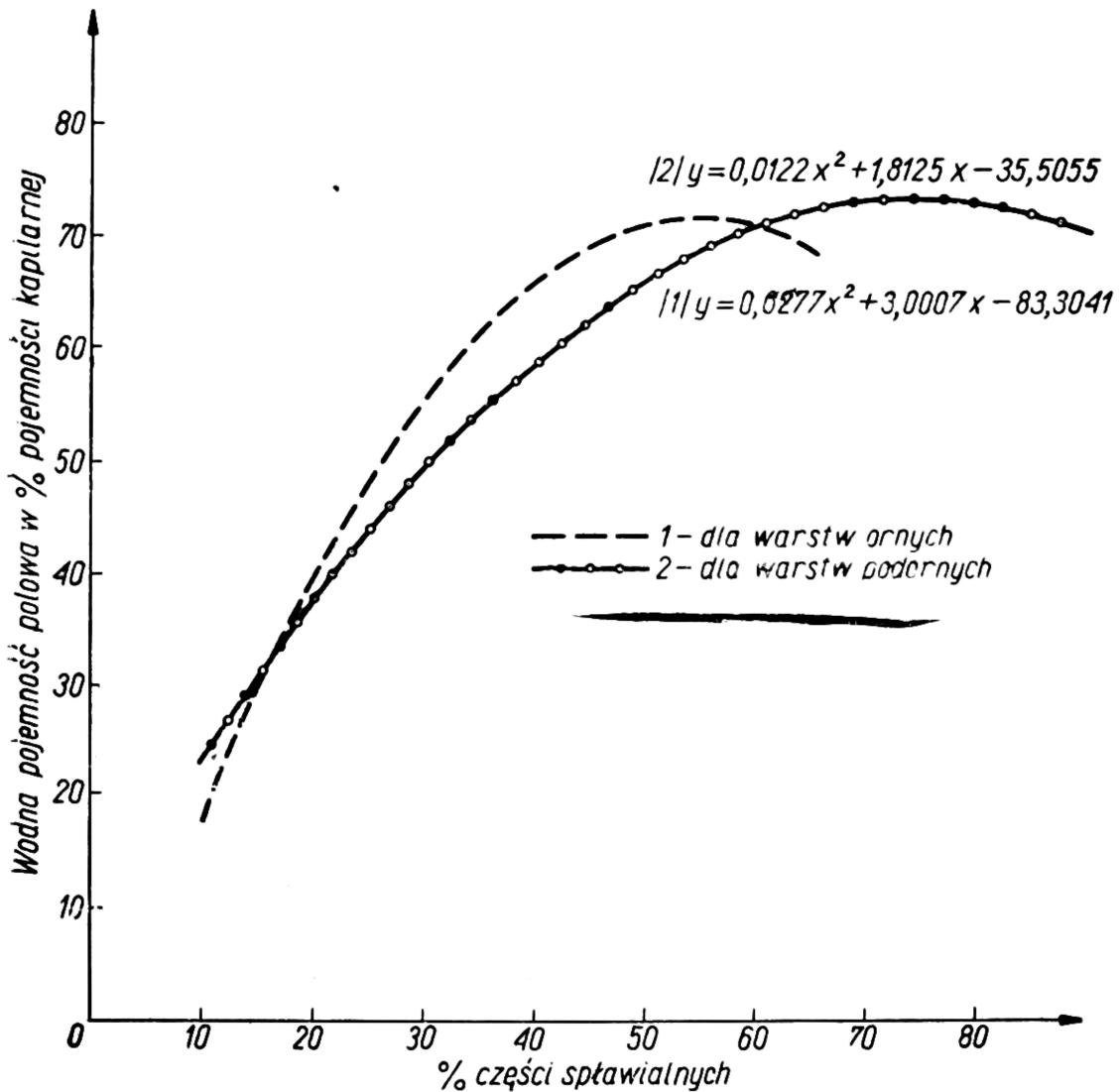
Uzyskane tą drogą wyniki opracowano statystycznie dla zależności między procentowym udziałem części splewialnych ($< 0,02 \text{ mm } \phi$) w gle-

bie a procentowym stosunkiem $\frac{W P P}{W P K}$. Rezultat wyliczeń jako zależność paraboliczną przedstawia wykres.

Jak z niego wynika, wraz ze wzrostem ilości części splewialnych w glebie wzrasta procentowy stosunek $\frac{W P P}{W P K}$ do pewnego maksimum, a następnie maleje. Wykres ten odpowiada nam również na pytanie, czy 60% pojemności kapilarnej jest rzeczywiście optymalną wilgotnością dla wzrostu roślin. Odpowiedź, z wyjątkiem nielicznych gleb, jest negatywna.

I tak na przykład optymalną wilgotnością dla materiałów glebowych pochodzących z warstw ornych zawierających:

ok. 10% cz. spław.	ok. 20% WPK
„ 20% „ „ „ „	ok. 40% „
„ 35% „ „ „ „	ok. 60% „
„ 50% „ „ „ „	ok. 70% „



Wykres. Zależność między ilością cząstek o średnicy < 0,02 mm a wodną pojemnością połową wyrażoną w procentach pojemności kapilarnej

Dodać należy, że choć wyżej przytoczone liczby są wartościami przybliżonymi, tym niemniej dają nam obraz pewnej prawidłowości. Dlatego też przy napełnianiu wazonów określonym (co do składu mechanicznego, zawartości związków organicznych, stopnia zagęszczenia itp.) materiałem glebowym powinniśmy zawsze oznaczyć wodną pojemność połową i tzw. wilgotność początku hamowania wzrostu roślin i w tych granicach utrzymywać w okresie wegetacji roślin wilgotność gleby.

Drugim problemem istotnym w doświadczeniach wazonowych jest utrzymywanie w ciągu całego lub tylko określonego okresu wegetacji roślin tzw. różnych poziomów wilgotności (różnej wilgotności w wazonach).

Najczęściej jako optymalną stosuje się wilgotność odpowiadającą 60% pojemności kapilarnej porównując ją z niższymi, tj. 40% i 20% (2, 4, 5, 7, 8, 12).

W pracach nawet obecnie publikowanych spotyka się tego rodzaju twierdzenie, że „w doświadczeniach wazonowych można bez trudności badać działanie jednego czynnika, jak np. wpływu nawilgotnienia gleby, co — przynajmniej na razie — w warunkach polowych byłoby trudne do osiągnięcia” (7). Pogląd ten aczkolwiek niezupełnie słuszny jest stosunkowo powszechny.

Istnieją jednak choć nieliczne publikacje, które negują możliwość utrzymywania w warunkach wazonowych różnych wilgotności, tj. wysokich, średnich i niskich (1, 10, 11, 13) w sensie dotychczas stosowanych sposobów. Dowody na to można przytoczyć zarówno z praktyki rolniczej, jak i z badań ścisłych prowadzonych na ten temat.

W praktyce rolniczej często obserwujemy zjawisko, gdy na przesuszoną warstwę orną gleby spadnie niewielki (kilka lub kilkanaście mm) opad atmosferyczny. Następuje wtedy nawilżenie jej warstwy powierzchniowej grubości kilku do kilkunastu cm (zależnie od ilości opadu) i stan ten w warunkach nie sprzyjających intensywnemu wyparowaniu powierzchniowemu może się utrzymywać przez dłuższy okres czasu.

Przystępując nawet po kilkunastu dniach do orki, często okazuje się, że dolny poziom warstwy ornej jest tak samo suchy, jak był przed deszczem. Ta obserwacja praktyczna została potwierdzona ścisłymi badaniami laboratoryjnymi nad przemieszczaniem się wody w głąb gleby o niskiej wilgotności przy zastosowaniu niewielkich dawek wody na jej powierzchni (1).

Okazuje się, że gleba o małej wilgotności, na powierzchnię której dostaje się woda z opadu atmosferycznego nasyca się stopniowo wodą od powierzchni w głąb. Początkowo warstwa powierzchniowa może uzyskać nawet wilgotność wyższą niż jej wodna pojemność polowa, ale nie jest w stanie jej zatrzymać w całości. Nadmiar pod wpływem sił grawitacyjnych spłynie głębiej nasycając do pojemności polowej niżej położone warstewki. Tak więc opad atmosferyczny nawilży wierzchnią warstwę gleby do wilgotności równej wodnej pojemności polowej do tej głębokości, na jaką wystarczy wody z opadu.

Ten stan wilgotności z minimalnym i bardzo powolnym dalszym przemieszczaniem wody w głąb utrzymywałby się bardzo długo, gdyby nie było wyparowania do atmosfery i ewentualnego pobierania przez korzenie roślin uprawnych. Analogiczne zjawisko zachodzi przy powierzchniowym podlewaniu wazonów.

Na dowód tego można przytoczyć wyniki badań, jakie uzyskaliśmy w Katedrze Ogólnej Uprawy Roli i Roślin SGGW nad przemieszczaniem

się wody w wazonach dodawanej na powierzchnię gleby (1). Do napełnienia wazonów wzięto z warstw ornych dwa różniące się utwory glebowe (gleba bielkowa piaszczysta i czarna ziemia), których wilgotność wyjściowa była bliska trwałemu punktowi wędnięcia roślin. Po wyznaczeniu dla każdej z wyżej wymienionych gleb ilości wody potrzebnej do osiągnięcia wilgotności równej wodnej pojemności połowej i po napełnieniu nią wazonów, wodę dodawano porcjami 3 razy po $1/2$ wyznaczonej dawki. W wazonach przy ich napełnianiu w warstwach co 3 cm umieszczono elektrody węglowe do pomiaru zmian wilgotności metodą elektrometryczną. Glebę w wazonach zabezpieczono przed parowaniem, przykrywając szczelnie folią polietylenową. Wazony zaś dla wyeliminowania przemieszczania się wody w postaci pary wodnej trzymano w stałej temperaturze (około $+20^{\circ}\text{C}$).

Pomiary zmian wilgotności w glebie po dodaniu $1/2$ porcji wody w stosunku do pojemności połowej przeprowadzano początkowo co parę minut, potem co kilka godzin, a wreszcie co kilka dni. Samo zjawisko przemieszczania się wody w głąb w tych warunkach w obu glebach przebiegało prawie analogicznie.

Stwierdzono, że $1/2$ dawki wody w stosunku do pojemności połowej nasyciła stosunkowo szybko górną część w przybliżeniu połowę gleby w wazonie i stan ten prawie bez zmian utrzymywał się stosunkowo długo. Wyraźnie występował on jeszcze po jednym miesiącu, choć minimalne ilości wody przemieściły się niżej osiągając dno wazonu. Mimo to nawet po 5 miesiącach nie nastąpiło wyrównanie wilgotności między górną i dolną częścią gleby w wazonie. Dodanie zaś drugiej porcji wody wystarczającej na nasycenie gleby w wazonie do pojemności połowej spowodowało stosunkowo szybkie (po paru dniach) prawie całkowite wyrównanie się wilgotności w wazonie, z tym że część dodanej wody doszła do dna wazonu w ciągu niecałej doby (1).

Dodatkowym potwierdzeniem na to, iż woda przy wilgotności gleby równej wodnej pojemności połowej staje się mało ruchliwa i dalsze jej przemieszczanie zachodzi bardzo wolno, jest jedną z metod oznaczania wodnej pojemności połowej gleb. Polega ona na tym, że glebę w naczynku o objętości 100 cm^3 nawilżoną do pojemności kapilarnej stawiamy na tej samej glebie, ale o większej objętości i znacznie niższej wilgotności. Nadmiar wody wskutek różnicy sił ssących przemieszcza się do gleby suchszej i po 1—3 dniach, zależnie od gleby, ustala się stan względnej równowagi, przy którym wilgotność gleby w naczynku przyjmujemy jako wodną pojemność połową. Po osiągnięciu stanu względnej równowagi dalsze przemieszczanie się wody z gleby w naczynku do gleby suchszej jest minimalne i zachodzi bardzo wolno.

Na podstawie przytoczonych danych należy stwierdzić, że utrzymanie

różnych wilgotności w doświadczeniach wazonowych w okresie wegetacji roślin tą metodą, tj. poprzez różne ilości dodawanej wody przy podlewaniu w stosunku do pojemności kapilarnej, a nawet w stosunku do pojemności polowej, jest niemożliwe. Tylko dodatek wody zapewniający uzyskanie wilgotności w wazonie równej pojemności polowej pozwala na stosunkowo równomierne nawilżenie całej gleby. Dawka polewowa mniejsza (zależnie od jej wielkości) doprowadza tylko górną część gleby w wazonie do wilgotności równej wodnej pojemności polowej nie zwilżając części dolnej.

Jako przykład niech posłuży doświadczenie, w którym starano się utrzymać 3 różne wilgotności w wazonach, tj. 20, 40 i 60% w stosunku do pojemności kapilarnej. Załóżmy również, że przyjęte 60% wilgotności w stosunku do pojemności kapilarnej stanowiło rzeczywiście wodną pojemność polową gleby w wazonach. Polewając od góry wazon do określonej wagi z uwzględnieniem przybywającej w nich masy roślinnej uzyskiwano w przybliżeniu następujący stan nawilgotnienia w wazonach:

w pierwszej serii (20%) 1/3 całości doprowadzono do wilgotności równej wodnej pojemności polowej,
w drugiej serii (40%) 2/3 całości doprowadzono do wilgotności równej wodnej pojemności polowej,
w trzeciej serii (60%) całość gleby doprowadzono do wilgotności równej wodnej pojemności polowej.

Należy dodać, że przy tych rozkładach wilgotności w wazonach istnieje na ogół małe prawdopodobieństwo jakichkolwiek dalszych zmian wskutek przemieszczania się wody w głąb. Po każdorazowym podlaniu bowiem zachodzi zarówno wyparowywanie wody z gleby, jak i pobieranie jej przez korzenie roślin. W związku z tym stosując tę metodę nie uzyskujemy różnych wilgotności gleby w poszczególnych kombinacjach doświadczeń wazonowych, lecz tę samą tylko w różnych objętościach gleby.

Wyniki z doświadczeń w przybliżeniu uzyskujemy takie, jakie uzyskalibyśmy przez zastosowanie dla poszczególnych kombinacji różnej wysokości wazonów (a tym samym różnej objętości gleby), a mianowicie dla wyżej przytoczonego przykładu np. 10, 20 i 30 cm. Dawka zaś polewowa większa od wodnej pojemności polowej gleby powoduje w wazonach z zamkniętym dnem całkowite wypełnienie por w dolnej części gleby (zatopienie).

Stosowanie wazonów z ażurowym dnem i podstawką również nie rozwiązuje całkowicie problemu optymalnej wilgotności gleby w wazonie. Wprawdzie odcieka z nich nadmiar dodanej wody, ale w dolnych warstwach gleby w wazonie pozostaje wilgotność bliska wodnej pojemności kapilarnej, a nie polowej. Jest więc to mimo wszystko, przynajmniej w pewnym okresie po podlaniu, nadmierna wilgotność dla roślin i bardzo rzadko spotykana w warunkach polowych.

Ostatnia wreszcie sprawa to sposób podlewania wazonów. Spotyka się polewanie powierzchniowe oraz dodawanie wody od dołu za pomocą metalowej lub szklanej rurki. Oczywiście przy założeniu doprowadzania wilgotności gleby w wazonie do wilgotności równej wodnej pojemności polowej słusniejsze wydaje się polewanie z góry (na powierzchnię gleby w wazonie). Pozwala to na znacznie szybsze i stosunkowo dokładne wyrównanie wilgotności w całym wazonie niż przy podlewaniu z dołu i kapilarnym podnoszeniu się wody. Przy tym ostatnim sposobie dolne partie w wazonie będą wilgotniejsze niż górne. Może się okazać nawet, że przez podsiąk na niektórych glebach nie będzie w ogóle dochodzić woda do warstw powierzchniowych wazonu.

Na zakończenie warto wspomnieć, że w ostatnich latach podejmowano próby znalezienia sposobów pozwalających na utrzymanie w całym lub w części okresu wegetacji roślin różnej, ale równomiernej w całym wazonie wilgotności gleby. Dotychczasowe badania na ten temat nie dały jednak jeszcze zadowalających rezultatów.

* *
*
* *

Do opracowania wykorzystano wyniki badań finansowych przez Komitet Gleboznawstwa i Chemii Rolnej PAN.

L I T E R A T U R A

1. Birecki M., Trzecki St. — Zesz. Prób. P.N.R. z. 79, 1968, s. 57—71.
2. Cummins D.G., Burns R.E., Smart W.W.G. — Agron. Journ. 1967, t. 59, nr 6, s. 497-499.
3. Czujkow A.G., Skazkin F.D. — Dokł. Akad. Nauk. SSSR, ser. Bioł. 1968, t. 178, nr 4, 5, 6, s. 1208—1211.
4. Dembiński F., Jaruszevska H., Krzywińska F. — Pamiętn. Puławski, 1967, nr 25, s. 241-250.
5. Dworak J. — Dt. Akad. Landw. Wiss. Berlin, Tag.-Ber. 1968, nr 93.
6. Frei E. — Mitteilungen für Schweizerische Landwirtschaft nr 10, 1953.
7. Goralski J. — Żywienie roślin i nawożenie. PWRiL, Warszawa, 1968, str. 342.
8. Lahola J. — Len a konopi, 1967, nr 6, s. 11—22.
9. Moll A. — Ernähr. Bodenk. 1967, t. 118, nr 1, B5, s. 35—43.
10. Opracowanie zbiorowe — Control of the plant environment. London, 1957.
11. Opracowanie zbiorowe — Agrochimiczeskije metody isledowania poczw. Ak. Nauk. SSSR, Moskwa, 1960, s. 556.
12. Szczygielski T. — Wpływ różnych warunków wilgotności gleby oraz światła na dynamikę wzrostu i rytm rozwojowy koniczyny czerwonej. Warszawa, 1964, s. 117.
13. Trzecki St. — Badania zdolności zatrzymywania wody w glebie. Warszawa, SGGW, 1967, s. 108.