

TENSJOMETRYCZNA METODA SYGNALIZOWANIA POTRZEB
NAWADNIANIA ROŚLIN NA DWÓCH GLEBACH

Edward Ślusarczyk, Joanna Tomaszewska

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
w Puławach

WSTĘP

W technice nawodnień stosowanej w doświadczeniach polowych oraz w produkcji roślinnej nabiera znaczenia problem najwłaściwszego sposobu sygnalizowania potrzeb wodnych rośliny. Dotyczy to zarówno prawidłowego sposobu obliczania wielkości dawki polewowej, jak też dokładnego ustalenia terminu nawadniania.

Spośród dostępnych metod sygnalizowania najbardziej przydatna wydaje się metoda tensjometryczna. Wykorzystuje ona proste zjawisko siły ssącej gleby w wyznaczaniu wilgotności krytycznej. W praktyce stosowania tej metody powstaje pytanie: na jakiej głębokości należałoby instalować tensjometry, aby sygnalizowanie nawadniania było adekwatne do potrzeb roślin uprawnych.

Celem pracy była próba odpowiedzi na pytanie: w jaki sposób tensjometry odzwierciedlają wilgotność gleby w jej powierzchniowych warstwach na tle rozmieszczenia systemu korzeniowego i na jakiej głębokości należy umieszczać sączi tensjometrów, aby sygnalizacja potrzeb wodnych rośliny była najbardziej precyzyjna?

METODYKA BADAŃ

Aparaturę użytą w doświadczeniu stanowiły tensjometry polskie typu „Biebrza” oraz angielskie (tzw. zegarowe) typu „Gallenkamp”.

Badania nad metodą tensjometryczną sygnalizowania potrzeb nawodnienia prowadzone były w latach 1978-1979. W 1978 r. doświad-

czenie to zostało założone w dwóch miejscowościach: w Sadłowicach na glebie brunatnej właściwej wytworzonej z piasku słabo gliniastego oraz w Osinach na glebie zbielicowanej wytworzonej z gliny lekkiej.

W obydwu miejscowościach objęto badaniem dwa rodzaje obiektów doświadczalnych: na jednym była trawa w uprawie polowej (kupkówka), na drugim czarny ugór. Na każdym z tych obiektów zainstalowano po 10 tensjometrów typu „Biebrza” na głębokości od 5 do 15 cm w odstępach co 40 cm. Ponadto w Sadłowicach na czarnym ugorze założono też 10 tensjometrów angielskich na tej samej głębokości.

W roku 1979 zakres doświadczenia w Sadłowicach został rozszerzony. Badaniem objęto dalsze rośliny: ziemniaki, jęczmień, kupkówkę. W uprawach tych roślin zainstalowano tensjometry angielskie na głębokości 5-15 cm, oraz owies i kukurydzę, dla których użyto tensjometry biebrzańskie, umieszczone w glebie na głębokościach: 5-10, 10-15 i 15-20 cm.

Odczyty wskazań tensjometrów były dokonywane zawsze o tej samej porze dnia, tzn. o godz. 8, od początku maja do końca września co 2-3 dni, w zależności od przebiegu pogody.

Równoległe z prowadzonymi odczytami w tych samych terminach oznaczano wilgotność wagową gleby metodą suszarkową, również w 10 powtórzeniach.

Próbki glebowe dla tego celu pobierano do cylinderków o pojemności 30 cm³ z 3 głębokości: 0-5 cm, 5-10 cm i 10-15 cm przy tensjometrach umieszczonych w warstwie 10-15 cm oraz z 4 głębokości: 0-5, 5-10, 10-15 i 15-20 cm przy tensjometrach ustawionych na 3 głębokościach, w owsie i kukurydzy.

Uzyskane dane z pomiarów wilgotności gleby i wskazań tensjometrów stanowiły podstawę do obliczenia współczynników korelacji i równań regresji, według których wykreślono krzywe kalibracji tensjometrów.

W 1978 r. w Sadłowicach pobrano również losowo z pola kupkówki z 3 miejsc próbki o objętości 2000 cm³ gleby z warstw 0,5, 5-10, 10-15 i 15-20 cm dla oznaczenia korzeni. W próbkach tych po dokładnym wypłukaniu cząstek gleby, a następnie wysuszeniu, oznaczono zawartość powietrznie suchej masy korzeni kupkówki w poszczególnych warstwach gleby.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Badanie systemu korzeniowego przeprowadzono przykładowo dla kupkówki. Wyniki tych badań przedstawiono w tabeli 1, gdzie ukazane jest procentowe rozmieszczenie masy korzeni tej trawy na poszczególnych głębokościach co 5 cm w warstwie gleby 0-20 cm.

T a b e l a 1

Rozmieszczenie systemu korzeniowego kupkówki na różnych głębokościach gleby (Sadłowice)

Głębokość (m)	Masa korzeni w objętości 0,002 m ³ gleby (g)	Ilość korzeni w warstwie gleby (%)
0-0,05	47,43	92,35
0,05-0,10	2,80	5,45
0,10-0,15	0,73	1,42
0,15-0,20	0,40	0,78
Razem	51,36	100,00

Wiemy jednakże, iż różnice głębokości występowania korzeni roślin uprawnych są duże i sięgają od kilkunastu cm do kilku m w głąb gleby. Różne jest też rozmieszczenie głównej masy korzeni roślin w zależności od głębokości.

W naszym doświadczeniu na etapie dotychczasowych badań tensjometry instalowano tylko w ornej warstwie gleby (nie głębiej niż 15-20 cm), zakładając, że na glebach uprawianych rolniczo główna masa korzeni mieści się w tej właśnie warstwie. W przyszłości jednak problem ten należałoby zbadać dokładniej, przeprowadzając szczegółowe oznaczenia zawartości korzeni w glebie na większych głębokościach dla różnych gatunków roślin. Wówczas można będzie dokładniej określić dla każdej rośliny optymalną zalecaną głębokość instalowania tensjometrów, w celu prawidłowej sygnalizacji potrzeb wodnych rośliny.

Tensjometry powinny być instalowane w tej warstwie gleby w której znajduje się główna część masy korzeniowej i w której ma miejsce największy pobór wody z gleby. Zatem w przypadku niektórych roślin (zboże, trawy) należałoby umieścić sączi tensjometrów w warstwie 0-5 cm. Na tak małej głębokości tensjometry pracują jednak nieprawidłowo, gdyż ulegają bardzo częstemu „zapowietrzaniu”.

Dlatego pożądane jest zakładanie tensjometrów raczej na większej głębokości od powierzchni gruntów.

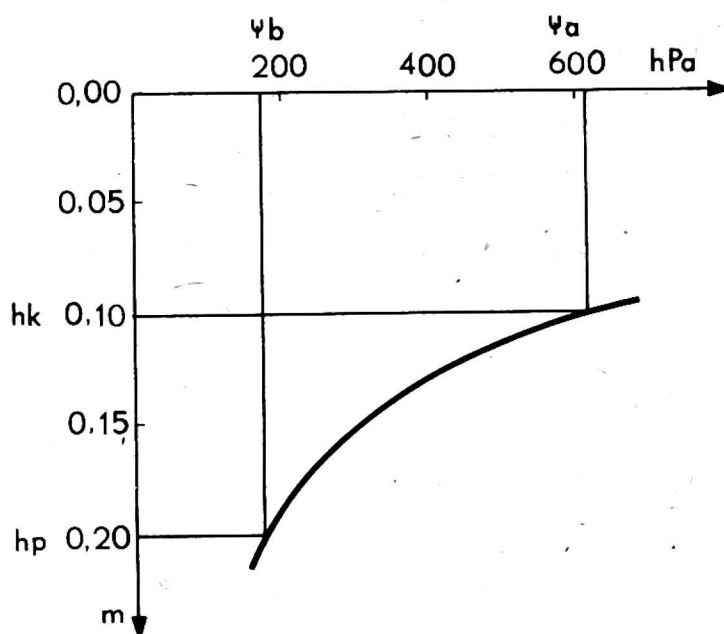
Wydaje się celowe zastosować współczynnik przeliczeniowy k , który na podstawie odczytu ciśnienia macierzystego uzyskanego na większej głębokości, pozwoliłby pośrednio określić wilgotność krytyczną gleby w warstwie płytszej. Współczynnik k obliczamy następująco:

$$k = \frac{\psi_a}{\psi_b}$$

gdzie:

ψ_a - krytyczny potencjał macierzysty w aktywnej warstwie korzeniowej (h_k),

ψ_b - pomierzony potencjał macierzysty na bezpiecznej głębokości (h_p).



Rys. 1. Graficzne przedstawienie wielkości użytych do obliczania współczynnika k

Zastosowanie współczynnika empirycznego k do sygnalizacji potrzeby nawodnienia odbywa się według wzoru:

$$\psi_a = \psi_b \cdot k.$$

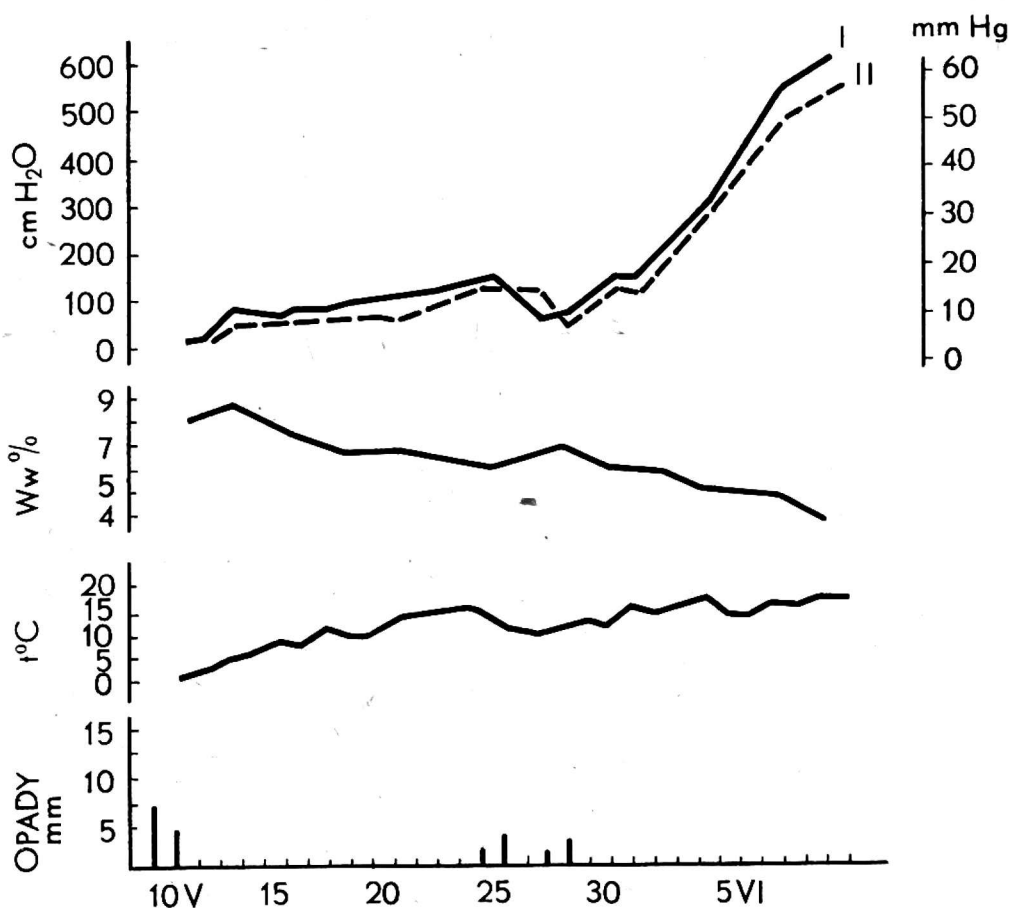
Rysunek 1 obrazuje empiryczne wielkości wykorzystane w wyżej przedstawionych wzorach. Sposób obliczania współczynnika k na wybranym przykładzie przedstawiono w tabeli 2. Wartości ψ w drugiej kolumnie tabeli uzyskano za pomocą tensjometrów mieszczonych na trzech głębokościach gleby.

T a b e l a 2

Wielkość współczynnika k dla trzech głębokości (Sadłowice 1979 r., tensjometry typu „Biebrza”)

Głębokość	(hPa)	k
I	612	3,5
II	286	1,6
III	176	1,0

Dla bardziej obrazowego ukazania działania tensjometrów polskich i angielskich, na rysunku 2 przedstawiono wykres pracy tych tensjometrów oraz wykres przebiegu wilgotności gleby na tle zmian warunków meteorologicznych. Jest to fragment wyników badań przeprowadzanych w 1978 r. w Sadłowicach w okresie od maja do czerwca na czarnym ugorze. Wykres wilgotności wykonano na podstawie średniej wilgotności gleby z 3 warstw: 0-5, 5-10, 10-15 cm. Widać tu ścisłą zależność pomiędzy odczytami tensjometrów a zmianą wilgotności gleby pod wpływem zmiennych warunków meteorologicznych. Za-



Rys. 2. Wskazania tensjometrów typu „Biebrza” (I) i typu „Gellenkamp” (II) na tle przebiegu wilgotności gleby oraz zmian warunków meteorologicznych

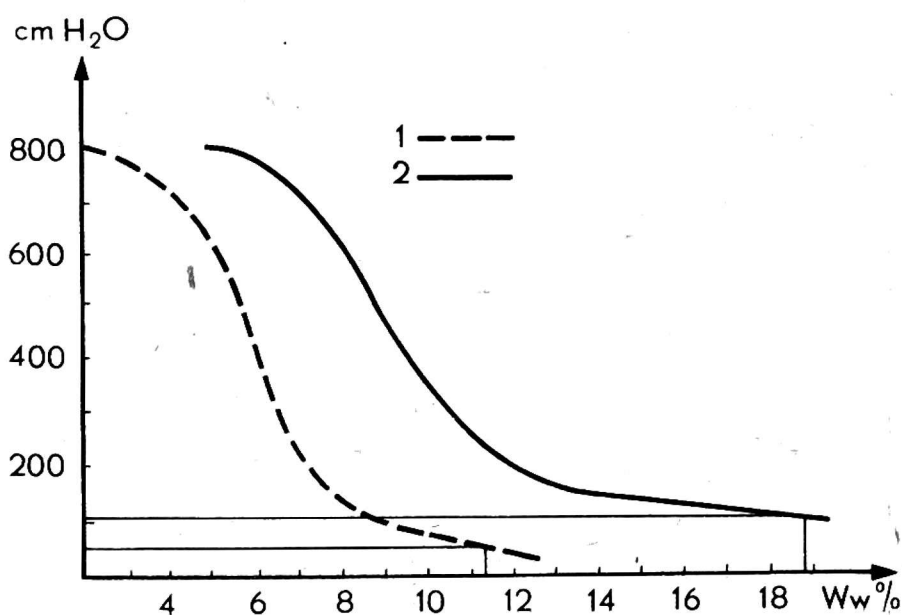
równy tensjometry polskie typu „Biebrza”, jak i angielskie prawie jednakowo reagują na zmiany wilgotności gleby z tym, że tensjometry polskie z manometrem rtęciowym są bardziej precyzyjne.

Tensjometry angielskie - wakuometryczne - reagowały na zmiany uwilgotnienia gleby z pewnym opóźnieniem (około 1 dnia).

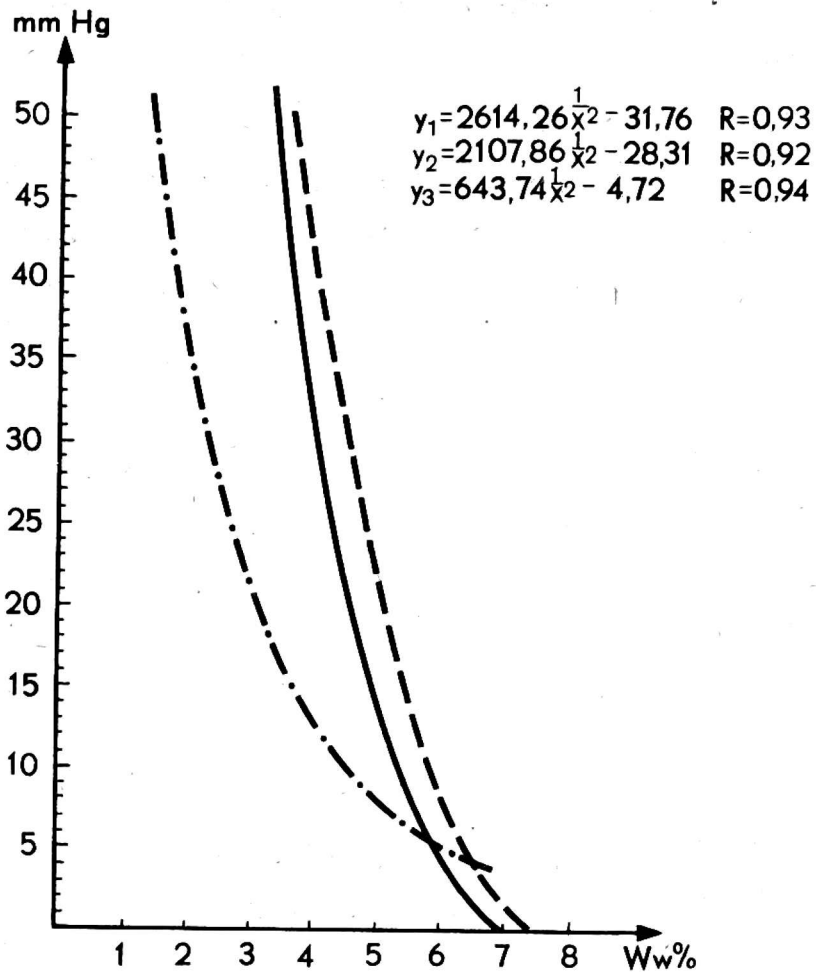
Wykresy krzywych kalibracji tensjometrów wykonane na podstawie badań przeprowadzonych w latach 1978-1979 przedstawiono na rysunkach 3-7 (wybrane przykłady).

Przebieg tych krzywych jest podobny, lecz różnią się one między sobą pewnym przesunięciem w zależności od rodzaju gleby, gatunku rośliny oraz od głębokości warstwy gleby. Największe przesunięcie krzywej obserwujemy w zależności od rodzaju gleby. Nieco mniejsze różnice, ale też istotne, obserwujemy w zależności od gatunku rośliny. Najmniejszy wpływ na różnice w przebiegu krzywych kalibracyjnych ma głębokość umieszczenia, tensjometru w glebie lekkiej (w badanym przedziale głębokości). Na glebie gliniastej natomiast zróżnicowanie w sposobie pracy tensjometrów w zależności od głębokości jest większe. Współczynniki korelacji dla badanej zależności pomiędzy wilgotnością gleby a wskazaniem tensjometru przedstawiono na rysunkach obok krzywych kalibracyjnych. Wartości tych współczynników są bardzo wysokie.

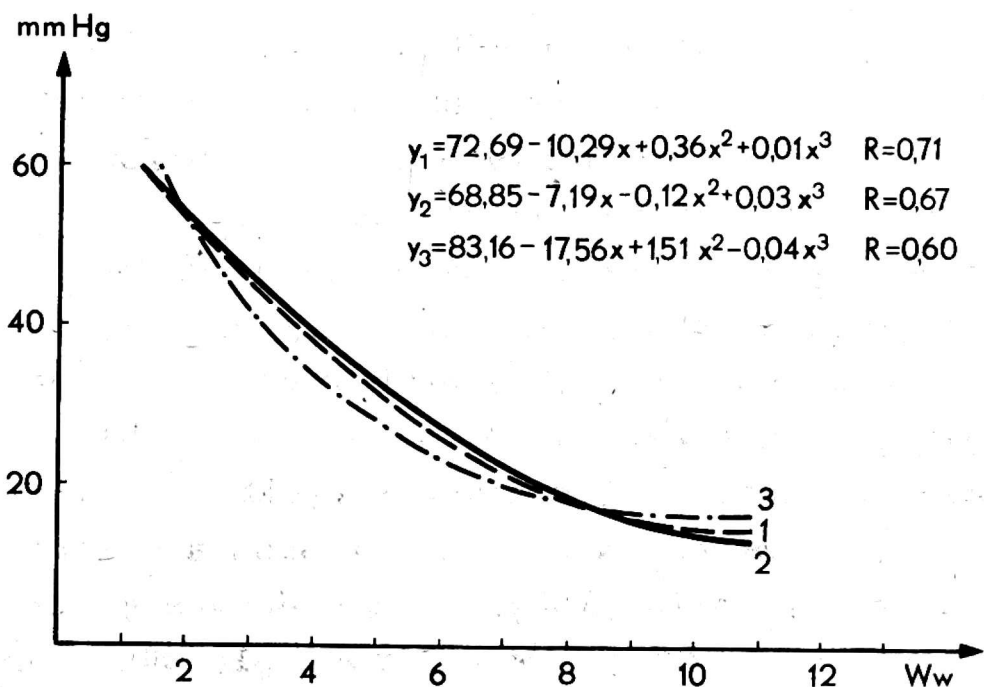
Różnice w przebiegu wilgotności gleby piaskowej i gliniastej oraz wartości ppm dla obu badanych rodzajów gleb przedstawiono na



Rys. 3. Różnica przebiegu wilgotności gleby piaskowej i gliniastej oraz ich wartości ppm
1 - glina, 2 - piasek



Rys. 4. Krzywe kalibracji tensjometrów typu „Gallenkamp” z 3 głębokości: 1 - 0-5 cm, 2 - 5-10 cm, 3 - 10-15 cm (gleba piaskowa - czarny ugór)



Rys. 5. Krzywe kalibracji tensjometrów typu „Gallenkamp” z 3 głębokości - jak na rys. 4 (głina piaskowa - jęczmień)

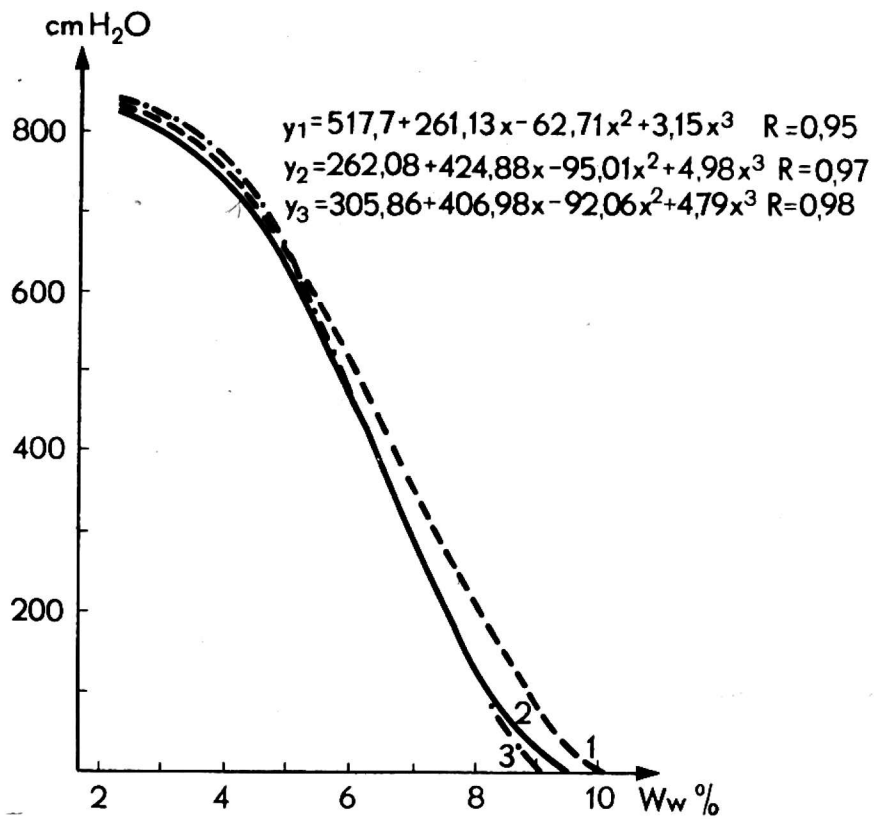
rysunku 3. Zaobserwowano następującą różnicę pomiędzy wykresami krzywych kalibracyjnych dla tych gleb. Na glebie gliniastej krzywa ta jest znacznie przesunięta w prawo w stosunku do krzywej dla gleby piaskowej; jest to uwarunkowane rodzajem gleby. Na glebie zwięźlejszej tym samym wartościom wilgotności wagowej odpowiadają wyższe wskazania tensjometrów. Dzieje się tak dlatego, że wraz ze wzrostem zawartości frakcji spławialnych w glebie rośnie wielkość sił wiążących wodę, odpowiadającą ilościowo połowej pojemności wodnej. Dlatego w sygnalizacji nawodnień ważną sprawą jest, przy dokonywaniu kalibracji tensjometrów dla danego obiektu nawadnianego, uwzględnienie zmienności glebowej. Cechowanie należałoby przeprowadzić oddzielnie dla każdego rodzaju gleby występującego na polu nawadnianym. Wówczas sygnalizacja terminów nawodnień będzie najdokładniejsza.

Szczegółowe badania przeprowadzone w roku 1979 w Sadłowicach wykazały dość istotne różnice w sposobie pracy tensjometrów zainstalowanych na czarnym ugorze oraz w glebie pod różnymi gatunkami roślin uprawnych.

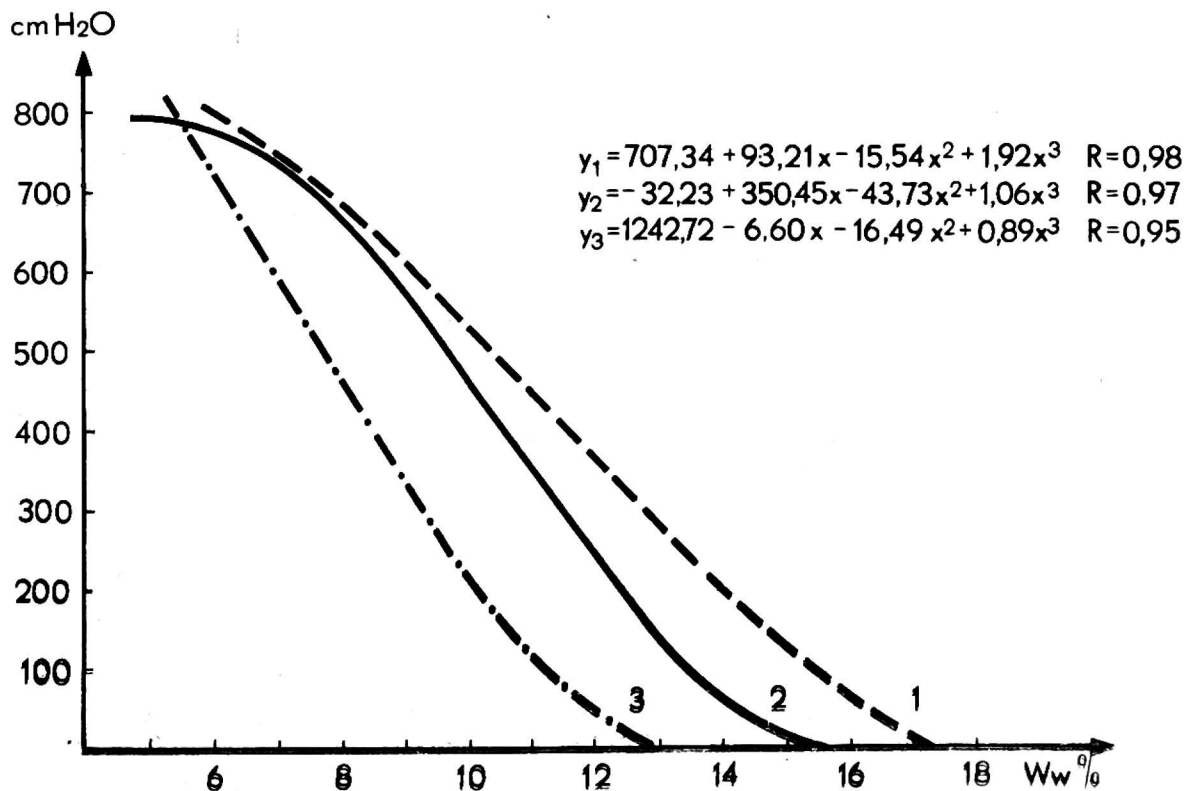
Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono różnicę w przebiegu krzywych kalibracyjnych dla tensjometrów typu „Gallenkamp” założonych w łąnie jęczmienia i na czarnym ugorze. Dla ugoru obserwujemy szybsze tempo przesychania w stosunku do gleby pokrytej roślinnością oraz większe zróżnicowanie w szybkości przesychania poszczególnych warstw gleby.

W przyszłości należałoby przeprowadzić oddzielną kalibrację tensjometrów dla poszczególnych grup roślin uprawnych. Wówczas sygnalizowanie terminów nawadniania w praktyce byłoby najbardziej dokładne i adekwatne do potrzeb danej rośliny.

Charakterystykę pracy tensjometrów typu „Biebrza” na różnych głębokościach gleby piaskowej i gliniastej dla tej samej rośliny (kupkówka) w tym samym okresie czasu przedstawiono na rysunkach 6 i 7. Obserwujemy tu następujące różnice w sposobie przesychania obu tych rodzajów gleby na 3 różnych głębokościach: w glebie piaskowej szybszy jest wzrost w czasie ciśnienia macierzystego oraz szybkie tempo przesychania gleby dla 3 badanych warstw. Zróżnicowanie wilgotności pomiędzy poszczególnymi głębokościami (w przedziale badanym) jest bardzo małe. Gleba gliniasta natomiast charakteryzuje się wyraźnym zróżnicowaniem w szybkości przesychania poszczególnych warstw, lecz nieco wolniejsze jest tu tempo tego procesu.



Rys. 6. Krzywe kalibracji tensjometrów typu „Biebrza” z 3 głębokości - jak na rys. 4 (gleba piaskowa - trawy)



Rys. 7. Krzywe kalibracji tensjometrów typu Biebrza z 3 głębokości - jak na rys. 4 (gleba gliniasta - trawy)

WNIOSKI

Uzyskane wyniki z przeprowadzonych dotychczas badań prowadzą do następujących wniosków:

1. W przypadku dużej zmienności glebowej obiektu nawadnianego kalibrację tensjometrów należy przeprowadzić dla każdego rodzaju gleb występujących na danym terenie, gdyż w zależności od składu granulometrycznego zakres pomiarowy tensjometrów obejmuje inny przedział wilgotności.

2. Wpływ systemu korzeniowego roślin na wysokość wskazań tensjometrów jest duży, co stwierdzono na podstawie porównania krzywych kalibracji tensjometrów dla różnych roślin uprawnych i dla czarnego ugoru. W związku z tym, dla właściwej sygnalizacji terminów nawadniania ważne jest, aby tensjometry były umieszczone na tej głębokości w glebie, gdzie znajduje się największa masa korzeni danej rośliny.

3. Aby zapobiec zjawisku częstego zapowietrzania się tensjometrów w wierzchniej warstwie gleby, zaleca się instalowanie ich głębiej i jednocześnie zastosowanie odpowiednich współczynników przeliczeniowych dla określenia wilgotności w warstwie wyżej położonej, w której znajduje się główna masa korzeni danej rośliny.

4. Metoda tensjometryczna sygnalizowania potrzeb nawadniania jest metodą najbardziej przydatną w praktyce, przy czym stosowane tensjometry polskie jak i angielskie równie dobrze spełniają swoje zadanie i mogą być z powodzeniem stosowane w technice nawodnień pod warunkiem, że będą założone na odpowiedniej głębokości, i zostanie dokonana bardzo dokładna ich kalibracja w zależności od rodzaju gleby i gatunku rośliny. Tensjometry angielskie - wakuometryczne - w porównaniu do polskich - rtęciowych - działają nieco mniej precyzyjnie, gdyż reagują na zmiany uwilgotnienia gleby z 1-dniowym opóźnieniem (rys. 1).

LITERATURA

1. Baranowski R.: Polowe metody oznaczania wilgotności gleby. Rocz. Gleb. 1: 175-194, 1971.
2. Kutchera L.: "Wurzelatlas mittel europäische Ackerunkräuter und Kulturpflanzen". DLG-Verlags-GMBH - Frankfurt am Main 1960.
3. Pabin J.: Pam. Puł. 51: 145-161, 1972.
4. Pabin J.: Rocz. Gleb. 29, 2: 3-10, 1978.
5. Szuniewicz J.: Problemy Agrofizyki, 10: 79-86, 1973.
6. Trybała M.: Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 110: 87-94, 1970.
7. Święcicki Cz.: Zesz. Nauk. SGGW Rol. 10: 97-109, 1967.

Э. Сьлюсарчик, Ё. Томашевска

ТЕНЗИОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ПО СИГНАЛИЗАЦИИ ПОТРЕБНОСТЕЙ
ОРОШЕНИЯ РАСТЕНИЙ НА ДВУХ ПОЧВАХ

Р е з ю м е

Целью работы была попытка ответа на вопрос: как тензиометры отражают влажность почвы в ее поверхностных слоях на фоне размещения корневой системы и на какой глубине следует помещать керамические сосуды тензиометров, чтобы сигнализация водных потребностей растения была более всего точная.

Опыт велся на 2 родах почв - песчаной и глинистой, при помощи 2 типов тензиометров: польских - тип „Wiebrza", а также английских типа „Gallenkamp". Эту аппаратуру заложено на 3 глубинах в пахотном слое почвы под разными видами культур, а также в черном паре.

На основании полученных результатов обнаружено, что тензиометры должны работать в таком слое почвы, в котором находится главная масса корней данного растения. Так как поверхностный слой почвы быстро и часто просыхает и вследствие этого тензиометры перестают работать, предложено применение пересчетного коэффициента k для определения влажности почвы в слоях вышенаходящихся, чем почва, в которой помещено керамический сосуд тензиометра:

$$\psi_a = \psi_b \cdot k$$

где:

ψ_a = критический материнский потенциал в активном корневом слое,

ψ_b = измеримый материнский потенциал на безопасной глубине.

Определено также, что в технике орошений необходимо соблюдать правило по проведению калибрации тензиометров отдельно для каждого рода почвы, так как в зависимости от гранулометрического состава, измерительный предел тензиометров охватывает другой предел влажности.

E. Ślusarczyk, J. Tomaszewska

THE TENSIO METER METHOD FOR SYGNALIZATION OF THE IRRIGATION
NEED OF PLANTS GROWN ON TWO KINDS OF SOIL

S u m m a r y

The purpose of the work was to examine to which extent the tensiometer method reflects the soil moisture in the upper layer along

with the root system distribution. The proper depth of installation of the porous pot for obtaining the most precise signalization of water need of plants was also studied.

The field experiment was conducted on two kinds of soil (sand and loam) with two types of tensiometers: "Biebrza" (the Polish firm) and "Gallenkamp" (the British firm). The instruments were installed in the arable layer at three different depths in the plots with various crops and with fallow.

It was found that the best place for the function tensiometers was the soil layer with the main part of roots of particular crops.

For the calculation of soil moisture in the thin surface layer the use of coefficient "k" was proposed because of the air clogging tensiometers:

$$\psi_a = \psi_b \cdot k$$

where:

ψ_a - the critical matric potential in the active root layer,
 ψ_b - the measured matric potential in the secure depth.

It was found also that the calibration of tensiometers is very important for the technology of irrigation. It should be done for each kind of soil because the soil texture influences strongly the different moisture partition.