

*JÓZEF MOSIEJ*  
*SGGW Warszawa*

## METODYKA OKREŚLANIA DOPUSZCZALNYCH STANÓW UWILGOTNIENIA GLEBY W ZALEŻNOŚCI OD ZAŁOŻONEGO POZIOMU PLONÓW

### *Wstęp*

Określenie optymalnych stanów uwilgotnienia gleby jest bardzo ważnym zagadnieniem zarówno z punktu widzenia optymalnego wykorzystania ograniczonych zasobów wodnych, jak i z punktu widzenia ochrony środowiska. Podtrzymanie wilgotności na wysokim poziomie w okresie wegetacji może spowodować pojawienie się przesiąkowego reżimu w profilu glebowym, który może spowodować przemieszczanie się związków mineralnych, a przede wszystkim szkodliwych dla środowiska mineralnych form azotu poza warstwę korzeniową gleby. Jednocześnie dokładne określenie dolnej granicy optymalnego uwilgotnienia może pozwolić racjonalniej zaprojektować i eksploatować system melioracyjny.

Dotychczas przy rozwiązywaniu praktycznych zadań melioracyjnych spotykamy często tendencję do przypisywania stałych parametrów niektórym właściwościom glebowym, pomimo że ze swej natury są one zmienne. Przykładem takiego podejścia jest według Żakowicza [14,15] opis i interpretacja bardzo istotnego parametru, jakim jest wilgotność gleby przy punkcie hamowania wzrostu roślin.

Badania Rode A. A. wykazały, że dolny przedział optymalnego uwilgotnienia odpowiada wilgotności rozerwania kapilar [7]. Grammatikati i Dvornikova [4] różnią statyczną i dynamiczną wilgotność dostępną dla roślin. Dynamicznie dostępna wilgotność (do wilgotności rozerwania kapilar) przemieszcza się do korzeni roślin w postaci prądów kapilarnych. Natomiast wilgotność w przedziale rozerwania kapilar do wilgotności początku hamowania wzrostu roślin uważana jest za statycznie dostępną. Rośliny mogą ją wykorzystać tylko z tych miejsc, gdzie korzenie bezpośrednio przylegają do gleby, ponieważ nie ma w tym przypadku prądów kapilarnych i przemieszczanie się wilgoci odbywa się w formie pary lub wody błonkowej. Górny przedział optymalnej wilgotności ograniczony jest wymaganym poziomem wymiany gazowej pomiędzy glebą a atmosferą. Przy niedostatecznej wymianie gazowej systemy korzeniowe roślin funkcjonują nieprawidłowo z powodu niedostatku tlenu i gromadzenia w glebie związków rozkładu beztlenowego, co prowadzi do spadku plonów. Zwykle za górną granicę optymalnego uwilgotnienia przyjmuje się połowę pojemność wodną (PPW), a dla roślin wodolubnych granica ta może być podwyższona. Według danych Danilčenko [6] zwiększenie górnej grani-

cy optymalnego uwilgotnienia powyżej PPW celowe jest tylko w tym przypadku, jeśli w czasie przemieszczania się wilgoci po nawodnieniu (1–2 dni) nadmiar wody ponad PPW wykorzystany zostanie na ewapotranspirację roślin, a warstwa gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu nie będzie nadmiernie uwilgotniona.

Według danych Verigo i Razumovoj [13] optymalny poziom uwilgotnienia bliski PPW, a według Garjugina [2] 94% PPW. Konstantinov, Astahova i Levenko [5] za optymalny przedział uwilgotnienia przyjmują przedział od 70% do 90% PPW, to jest taką wilgotność, która może zabezpieczyć fitocenozy na maksymalne zapotrzebowanie na wodę, gdy zarówno niedobór jak i nadmiar nie ograniczają transpiracji roślin.

Na podstawie badań przeprowadzonych w Polsce m.in. przez Ślusarczyka [11]. Roguskiego [1, 8] i Szuniewiczza [10] można stwierdzić, że woda łatwo dostępna odpowiada przedziałowi: połowa pojemność wodna (PPW) minus punkt hamowania wzrostu roślin (PHWR). W praktyce wilgotność PHWR przyjmowana jest w przedziale od 0,75 do 0,60 połowej pojemności wodnej [1, 14, 15, 16]. Dolny przedział optymalnej wilgotności gleby może być również określony za pomocą analizy ekonomicznej dla konkretnych warunków klimatycznych i gospodarczych z uwzględnieniem poziomu agrotechniki, specyfiki roślin uprawnych, ich faz rozwoju oraz rodzaju stosowanej techniki nawodnień. Na podstawie badań przeprowadzonych przez Garjugina [2] można stwierdzić, że maksymalne przyrosty plonów dla wszystkich roślin uprawnych obserwuje się przy podniesieniu (w wyniku nawodnienia) średniej wilgotności gleby od 60 do 70% PPW. Natomiast przy podwyższeniu wilgotności z 70 do 80%, a szczególnie z 80 do 90% PPW przyrosty plonów są znacznie niższe. Tylko w szczególnych przypadkach przy wysokim poziomie agrotechniki, optymalnym nawożeniu, uprawie wysoko intensywnych, dobrze reagujących na nawodnienie odmian, przyrosty plonów wraz z podwyższeniem dolnego progu optymalnej wilgotności mogą osiągać znaczne wielkości i rekompensować dodatkowe nakłady na nawodnienia.

W niniejszej pracy podjęto próbę określenia granicznych wielkości optymalnego uwilgotnienia w warstwie korzeniowej w zależności od zadanego stopnia optymalizacji warunków wilgotnościowych dla użytków zielonych przy trzypokosowym ich użytkowaniu.

### *Metodyka badań*

Badania prowadzono w latach 1985–1990 na obszarze nawadnianych łąk w dolinie rzeki Ner. Do badań wykorzystano 10 ważonych lizymetrów o powierzchni przekroju poprzecznego 500 cm<sup>2</sup> i wysokości 30 cm. Lizymetry corocznie wczesną wiosną napełniane były do głębokości 20 cm glebą z łąki, na której były zlokalizowane, z zachowaniem poziomów genetycznych i niektórych właściwości fizycznych.

Następnie z sąsiadującej łąki wycinano darń i zakładano do lizymetrów. Skład runi łąkowej w 80% porostu stanowiły: wyczyniec łąkowy, kupkówka pospolita i raj-

gras wyniosły, a więc trawy charakterystyczne dla łąk nawadnianych. W trakcie napełniania lizymetrów pobrano próbki gleby dla określenia właściwości fizycznych gleby oraz określono bardzo dokładnie wilgotność gleby w warstwach co 5 cm, a następnie obliczono średnią wilgotność w lizymetrze. Jednocześnie określono ciężar pustego lizymetru oraz ciężar napełnionego lizymetru przy obliczonej średniej wilgotności gleby w lizymetrze. Lizymetry w okresie wegetacji były systematycznie ważone w odstępach dekadowych. Na podstawie ciężaru lizymetrów obliczano średnią wilgotność 0–30 cm monolitu glebowego. Na podstawie wilgotności gleby obliczano ilości wody potrzebne do nawodnienia każdego z lizymetrów. W okresie wegetacji starano się podtrzymywać wilgotność w przedziale 0,6–1,00 PPW. Wielkość PPW określono na podstawie ciężaru monolitu nasyconego wcześniej wodą po odcieknięciu wody grawitacyjnej. Oprócz ważenia lizymetrów w czasie prowadzenia badań określano ilości wody odciekającej z lizymetrów oraz mierzono wielkość biomasy ściętej trawy w każdym z 3 pokosów. Zastosowane nawożenie mineralne gwarantowało maksymalne plony 12–15 ton suchej masy z 1 ha rocznie. Jednocześnie dla porównania warunków panujących w lizymetrach i otaczającym je terenie zainstalowano w dwóch lizymetrach tensjometry na głębokości w warstwie 12,5–17,5 cm. Ciśnienie ssące wahało się w granicach 10–70 kPa.

Na podstawie przeprowadzonych badań dysponowano w odstępach dekadowych następującymi wielkościami:

- wilgotnością gleby w końcu każdej dekady okresu wegetacji wyrażoną w % w stosunku do objętości próbki, w mm słupa wody lub też w stosunku do charakterystycznych stanów uwilgotnienia (PPW, porowatości itp.),
- odciekem z warstwy 0–30 cm w mm,
- ilością wody zużytej do nawodnienia lizymetrów w mm,
- ilością wody zużytej na ewapotranspirację ETr w mm.

Jednocześnie w poszczególnych pokosach oraz w okresach wegetacji dysponowano następującymi danymi:

- wielkością biomasy w g/lizymetr,
- średnią wilgotnością w okresie odrostu pokosu lub okresu wegetacji
- ilością wody zużytej na ewapotranspirację w okresie odrostu pokosu lub okresu wegetacji.

Oprócz szczegółowych pomiarów lizymetrycznych prowadzone były standardowe obserwacje meteorologiczne takie jak: temperatura powietrza, wilgotność względna powietrza i opady atmosferyczne.

Wydaje się, że szczegółowa analiza uzyskanych wyników badań lizymetrycznych może pozwolić określić w miarę dokładnie dolną i górną granicę optymalnego uwilgotnienia nawadnianych użytków zielonych w warunkach braku podsiąku wilgoci z głębszych warstw.

W niniejszej pracy wykorzystano jedynie dane dotyczące związków pomiędzy wilgotnością gleby w lizymetrach a wielkością biomasy. Pozostałe wyniki badań wykorzystane zostaną w innych opracowaniach.

### Wyniki badań

Dla określenia optymalnej dla roślin wilgotności gleby w warstwie 0–30 cm wykorzystano metodę zaproponowaną przez Šabanova [3,9]. Podstawą tej metody jest założenie, że zmiana produktywności roślin (a dokładniej spadek produktywności) jest funkcją odchyień czynników siedliskowych od optimum fizjologicznego (Šabanov [9], Tooming [12]). Wymagania roślin w stosunku do warunków siedliskowych, a zwłaszcza do wilgotności gleby można wyrazić następującym wyrażeniem:

$$S_w = \left[ \frac{W}{W_{opt}} \right]^{\gamma W_{opt}} \left[ \frac{1-W}{1-W_{opt}} \right]^{\gamma (1-W_{opt})} \quad (1)$$

gdzie:

- $S_w$  — stopień optymalności warunków siedliskowych w zależności od wilgotności gleby lub produktywność względna roślin uprawnych obliczona według zależności  $S_w = \bar{Q} = Q_i/Q_{max}$ ,
- $Q_i$  — plon roślin uprawnych w rzeczywistych i realnych warunkach siedliskowych (wilgotnościowych),
- $Q_{max}$  — maksymalny plon w optymalnych warunkach wilgotnościowych,
- $\gamma$  — wielkość bezwymiarowa charakteryzująca stopień samoregulacji rośliny w zależności od fazy rozwojowej,
- $W_{opt}$  — optymalna dla roślin wilgotność gleby w warstwie kontrolowanego uwilgotnienia,
- $W$  — rzeczywista wilgotność gleby w warstwie kontrolowanego uwilgotnienia.

We wzorze (1) rzeczywista wilgotność gleby wyrażana jest w następującej formie:

$$W = \frac{(W_o - W_z)}{(W_p - W_z)} \quad (2)$$

gdzie:

- $W_o$  — rzeczywista wilgotność gleby w warstwie kontrolowanego uwilgotnienia wyrażona w % lub w mm słupa wody,
- $W_z$  — wilgotność całkowitego zahamowania przyrostu roślin w % lub mm słupa wody przyjęta przy pF = 3,7,
- $W_p$  — pełna pojemność wodna równa porowatości w % lub mm słupa wody.

W celu zastosowania wzoru (1) były uformowane szeregi statystyczne znormalizowanego plonu wyrażonego wskaźnikiem plonu względnego ( $\bar{Q} = Q_i/Q_{max}$ ) w zależności od średniej wilgotności gleby w warstwie o kontrolowanym uwilgotnieniu dla okresów odrostu pokosów i dla całego okresu wegetacji. Dla przykładu w tabeli 1 przedstawiono dane wyjściowe uzyskane na podstawie doświadczeń lizymetrycznych w 1985 roku. Plon uzyskany w oddzielnym wariantcie  $Q_i$  przy odpowiadającym mu poziomie wilgotności gleby  $W_i$  odniesiono do maksymalnego plonu w danym pokosie lub okresie wegetacji  $Q_{max}$ . Otrzymany w ten sposób wskaźnik plonu względnego  $\bar{Q}$  daje się opisać w wielu przypadkach formułami matematycznymi oraz pozwala wyeliminować wpływ zmiennych w pokosach i okresach wegetacji takich czynników jak temperatura powietrza, wielkość bilansu radiacji i innych wielkości przy założeniu, że wielkości te są jednakowe dla wszystkich wariantów doświadczenia w porównywalnym okresie. Wilgotność gleby przedstawiona w tabeli

1 określona została na podstawie ciężaru lizymetrów i wyrażona jest w % w stosunku do objętości i w wartościach względnych obliczonych według wzoru 2. Dla wybranych warunków (sumaryczne plony roczne) na rys. 1 przedstawiono zależność  $\bar{Q} = f(W)$ . Na podstawie rozkładu punktów eksperymentalnych na wykresie, można określić znaczenia wielkości  $W_{opt}$  oraz istnieje również możliwość określenia bezwymiarowej wielkości  $\gamma$ , która charakteryzuje stopień samoregulacji roślin. Wielkość  $\gamma$  może być wyznaczona według zależności:

$$\gamma = \frac{1}{\varphi} \quad (3)$$

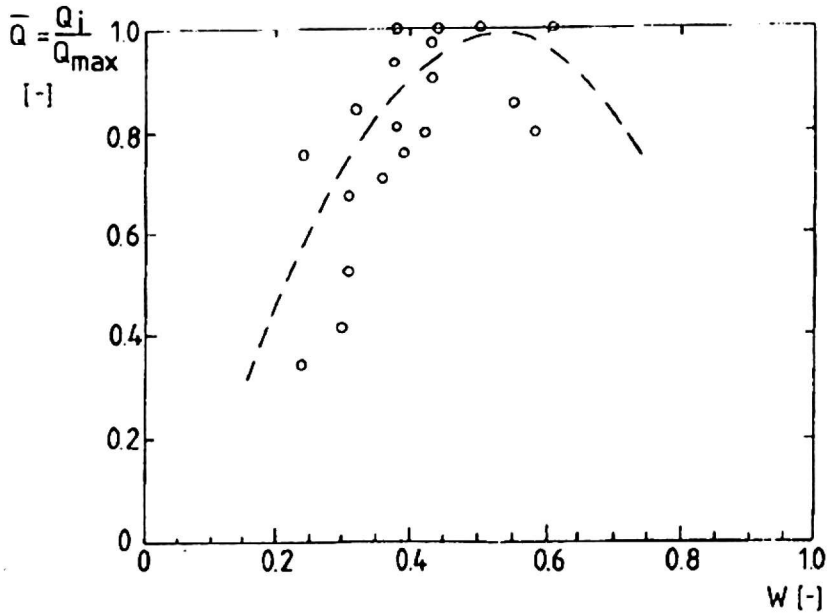
gdzie:

$\varphi$  — wielkość określona z rys. 1 jako odległość pomiędzy gałęziami krzywej  $\bar{Q} = f(W)$  przy poziomie optymalności warunków wilgotnościowych  $S_w = 0,8$ .

Tabela 1

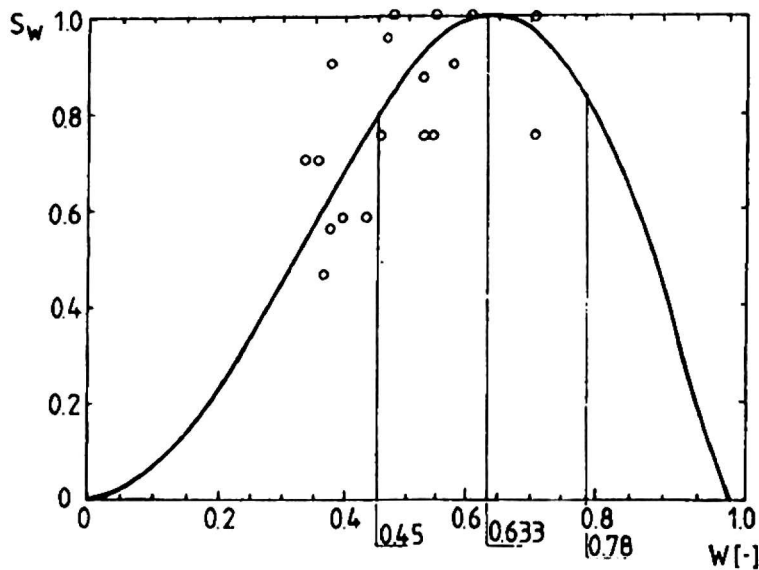
Zestawienie danych wyjściowych uzyskanych na podstawie pomiarów ewaporometrycznych w roku 1985 na łąkach RZD Puczniew.

Lp.	Wilgotność		$\bar{Q} = Q_i/Q_{max}$
	(%)	W	
I pokos			$Q_{max}=620g/m^2$
1	19,9	0,37	0,46
2	29,0	0,60	0,28
3	26,7	0,55	0,49
4	32,8	0,69	0,32
5	24,5	0,49	0,18
6	20,6	0,40	0,31
7	33,7	0,72	0,62
8	33,5	0,72	0,75
9	35,6	0,76	0,99
10	33,6	0,72	1,00
II pokos			$Q_{max}=530g/m^2$
1	20,4	0,38	0,62
2	27,0	0,55	0,52
3	23,5	0,48	0,76
4	26,5	0,53	0,28
5	24,4	0,48	0,28
6	19,0	0,35	0,28
7	20,0	0,38	0,48
8	22,2	0,43	0,62
9	30,2	0,63	1,00
10	25,4	0,51	0,90
III pokos			$Q_{max}=400g/m^2$
1	28,0	0,58	1,00
2	34,0	0,72	0,75
3	28,5	0,59	0,68
4	34,9	0,75	0,62
5	31,2	0,66	0,62
6	23,0	0,45	0,75
7	26,0	0,52	0,88
8	16,0	0,28	0,68
9	20,0	0,38	0,68
10	18,0	0,32	0,62



Rys. 1. Zależność znormalizowanego sumarycznego rocznego planu traw  $\bar{Q}$  od wilgotności względnej gleby  $W$  w warstwie 0–30 cm ( $Q_i$  – plon otrzymany przy wilgotności  $W_i$ ,  $Q_{max}$  – plon otrzymany przy wilgotności  $W_{opt}$ ).

Przy wykorzystaniu odpowiednich programów optymalizacyjnych metodą najmniejszych kwadratów określono parametry równania 1 dla poszczególnych pokosów i dla całego okresu wegetacji.



Rys. 2. Zależność względnej produktywności  $S_w$  od wilgotności względnej  $W$  w warstwie 0–30 cm dla I pokosu traw. Obliczone parametry zależności 1:  $W_{opt} = 0,633$ ,  $\gamma = 3,5$ ,  $S_d = 0,168$ .

Na rys. 2 dla przykładu pokazano rozkład punktów eksperymentalnych i zależność obliczoną według wzoru 1 dla użytków zielonych dla I pokosu.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń optymalnej wilgotności, przedziały optymalnego uwilgotnienia na poziomie optymalności  $S_w = 0,8$  dla warunków klimatycznych i glebowych doliny rzeki Ner w rejonie Puczniewa. W obliczeniach przyjęto  $W_z = 5\%$  (lub 15 mm),  $W_p = 45\%$  (lub 135 mm), PPW = 36% (lub 108 mm). Wielkości przedstawione w tabeli 2 obliczone zostały za pomocą odpowiedniego programu optymalizacyjnego. Parametry  $W_{opt}$  i  $\gamma$  określono na podstawie eksperymentalnych danych dla zadanego typu zależności (1) dla najmniejszej wielkości odchylenia standardowego  $S_d$  między wielkościami pomierzonymi i obliczonymi.

Jednocześnie wielkości  $W_{opt}$  i graniczne wielkości przedziału optymalnego uwilgotnienia mogą być określone według równań  $\bar{Q} = f(W)$  i odpowiednio przy  $\bar{Q} = 1$  i np.  $\bar{Q} = 0,8$ . Bezwymiarowa wielkość  $\gamma$  określona została dwoma niezależnymi sposobami: na podstawie obliczeń za pomocą programu ( $\gamma_{ob}$ ) i na podstawie eksperymentalnej zależności  $\bar{Q} = f(W)$  poprzez odczyt z wykresu wielkości  $\varphi$  przy stopniu optymalności warunków siedliskowych  $\bar{Q} = 0,8$  ( $\gamma_{rzecz}$ ).

Tabela 2

Wyniki obliczeń parametrów zależności (1) dla różnych okresów odrostu traw  
(opracowane na podstawie danych za lata 1985–1990)

	Parametry		Wilgotność optymalna			Dolna granica optymalnej wilgotności			Górna granica optymalnej wilgotności		
	$\gamma_{ob}$	$\gamma_{rzecz}$	$W$	wilgot. w (% obj.)	(%) PPW	$W$	wilgot. w (% obj.)	(%) PPW	$W$	wilgot. w (% obj.)	(%) PPW
I pokos	3,5	3,03	0,63	30,2	84	0,45	23	64	0,78	36,2	101
II pokos	2,6	2,5	0,57	27,8	77	0,35	18	50	0,76	35,4	98
III pokos	3,0	2,6	0,545	26,8	74	0,35	18	50	0,73	34,2	95
I+II +III pokos	2,5	2,5	0,61	29,4	82	0,40	21	58	0,80	37,0	103
Plony roczne	2,5	2,4	0,61	29,4	82	0,40	21	58	0,80	37,0	103

Jak widać z przedstawionych danych optymalna wilgotność dla otrzymania maksymalnych plonów waha się w warunkach doliny rzeki Ner od 0,74 PPW w III pokosie do 0,84 PPW w pokosie I. Dla otrzymania maksymalnych plonów należy w ciągu całego okresu wegetacji podtrzymywać wilgotność na poziomie 0,82 PPW. Dla otrzymania plonów na poziomie 80% maksymalnych w danych warunkach wilgotność w warstwie 0–30 cm powinna być podtrzymywana w przedziale od 60 do 100%. PPW. Z tego wynika, że maksymalne dawki polewowe nie powinny przekraczać 45 mm. Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 2 i zamieszczonych w tabeli 2 podwyższenie gwarantowanego plonu do poziomu np. 90% można osiągnąć poprzez zawężenie przedziału optymalnej wilgotności (podniesienie dolnej granicy optymalnego uwilgotnienia i obniżenie górnej granicy). Praktycznie osiągnąć to można przez zmniejszenie wielkości dawek polewowych i zmniejszenie okresu między nawodnieniami.

Zróżnicowane wskaźniki optymalnego uwilgotnienia w poszczególnych pokosach wynikają z różnego potencjału biologicznego roślinności łąkowej (zmienna powierzchnia transpiracji liści, żywotność roślin) oraz ze zmienności warunków klimatycznych warunkujących wielkość ewapotranspiracji. Z przedstawionych w tabeli 1 danych wynika, plony w I pokosie stanowiły 40%, w II – 34% i w III pokosie 26% rocznego plonu.

Podobne, do opisanych powyżej, badania prowadzono w warunkach polowych

na Litwie [6]. Doświadczenia z deszczowaniem traw prowadzono w Zakładzie Doświadczalnym Litewskiej Akademii Rolniczej w Kownie w latach 1970–1975 na glebach o składzie mechanicznym gliny lekkiej o następujących parametrach:  $W_z = 40$  mm, PPW = 140 mm,  $W_p = 140$  mm (w warstwie 0–40 cm). Wyniki obliczeń optymalnej wilgotności gleby przedstawiono w tabeli 3. Porównując dane dotyczące optymalnej wilgotności i przedziałów optymalnego uwilgotnienia zestawione w tabelach 2 i 3 widać, że otrzymane wyniki nie różnią się zbyt wiele oraz są porównywalne między sobą. Jest to potwierdzenie możliwości stosowania powyżej opisanej metody do określania dynamiki zmian przedziałów optymalnego uwilgotnienia warstwy korzeniowej dla różnych roślin uprawnych w okresie wegetacji.

Tabela 3

Obliczenie optymalnej wilgotności i przedziałów regulowania wilgotności przy  $S=0,8$  w warstwie 0–40 cm deszczowanych traw w uprawie polowej [6]

Pokos	$\gamma$	Wilgotność optymalna			Dolny przedział			Górny przedział		
		W	PPW		W	PPW		W	PPW	
			(%)	(mm)		(%)	(mm)		(%)	(mm)
I	5,2	0,72	90	126	0,57	77	108	0,83	100	140
II	5,2	0,75	93	130	0,61	81	113	0,86	102	143
III	5,2	0,73	91	128	0,59	79	111	0,84	101	141
I+II	5,2	0,73	91	128	0,58	79	110	0,84	101	141

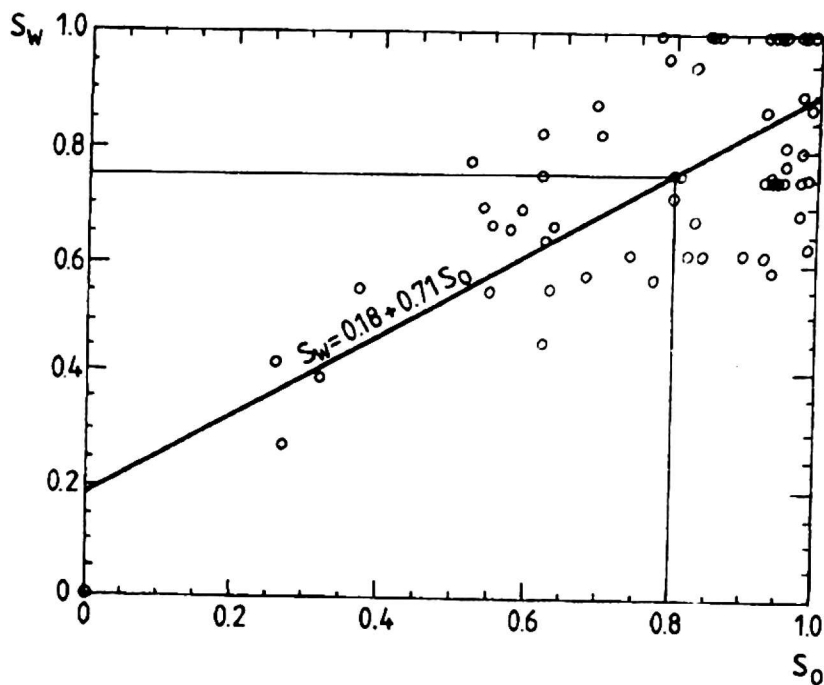
Tabela 4

Charakterystyki statystyczne porównania wyników obliczeń z wynikami pomiarów

	Współczynnik korelacji $r$	Błąd standardowy $S_d$	Równanie regresji	Wielkość $S_w$ przy $S_o=0,8$	Ilość par danych
I pokos	0,81	0,14	$S_w = 0,81S_o + 0,08$	0,73	20
II pokos	0,79	0,14	$S_w = 0,69S_o + 0,23$	0,78	23
III pokos	0,77	0,14	$S_w = 0,72S_o + 0,16$	0,74	29
Plony roczne	0,62	0,14	$S_w = 0,69S_o + 0,24$	0,80	24
Suma I+II+III	0,78	0,14	$S_w = 0,71S_o + 0,18$	0,75	72

W celu sprawdzenia przydatności przytoczonych powyżej zależności do prognozy poziomu plonów lub też do wyznaczania przedziałów optymalnego uwilgotnienia gleby przeprowadzono porównanie wyników obliczonych za pomocą zależności 1 z wykorzystaniem obliczonych parametrów ( $S_o$ ) z wynikami otrzymanymi w badaniach lizymetrycznych ( $S_w$ ). Jako ilościowe miary zgodności (rozbieżności) pomiędzy pomierzonymi i obliczonymi wartościami wykorzystano błąd standardowy oceny  $S_d$ , współczynnik korelacji  $r$  oraz równanie regresji prostoliniowej. Wyniki obliczeń charakterystyk statystycznych zestawiono w tabeli 4. Jak widać z przedstawionych danych współczynnik korelacji pomiędzy obliczonymi i pomierzonymi wielkościami waha się od 0,61 i 0,62 dla sumarycznego plonu rocznego do 0,81 w pokosie I. Błąd standardowy nie przekracza na ogół 0,15 wartości  $S$ . Również równania regresji





Rys. 3. Porównanie pomierzonych  $S_w$  od obliczonych  $S_o$  (wg formuły 1) wielkości wskaźnika plonów względnych dla zgrupowanych w jeden zbiór danych z trzech pokosów.

świadczą o dosyć silnym związku pomiędzy wielkościami pomierzonymi i obliczonymi. Obliczone i pomierzone wielkości wskaźnika  $S$  dla  $S_o = 0,8$  nie różnią się więcej niż o 8–10%. Wynika z tego, że chociaż współczynniki korelacji i równania regresji świadczą o pewnych różnicach pomiędzy wielkościami obliczonymi i pomierzonymi to w przedziale stosowania formuły 1 (np.  $S = 0,8$ ) różnice są stosunkowo niewielkie i świadczą o możliwości wykorzystania powyżej przedstawionej metody do opracowania danych eksperymentów polowych oraz o uniwersalności formuły 1. Dla przykładu na rysunku 3 przedstawiono porównanie pomierzonych i obliczonych wielkości wskaźnika plonów względnych dla zgrupowanych w jeden zbiór danych z trzech pokosów (wielkości  $S_o$  obliczono oddzielnie dla każdego z trzech pokosów wykorzystując różne dla każdego z pokosów parametry zależności 1).

### Podsumowanie i wnioski

1. Przedstawiona w pracy metoda określania dopuszczalnych stanów optymalnego uwilgotnienia może być wykorzystana do opracowania i uogólnienia wielu innych wyników badań polowych ze względu na możliwości określenia zmian przedziałów optymalnego uwilgotnienia w okresie całego okresu wegetacji.
2. Przedstawione uogólnione wyniki wieloletnich badań lizymetrycznych pokazują, że optymalna wilgotność gleby dla użytków zielonych jest wielkością zmienną w okresie wegetacji. Jak wynika z przedstawionych powyżej badań dla trwałych użytków zielonych w dolinie rzeki Ner w rejonie Puczniewa najwyższą wilgotność potrzebną dla otrzymania maksymalnego plonu zaobserwowano w okresie odrostu I pokosu (0,84 PPW), a najniższą w okresie odrostu III pokosu (0,74 PPW).

3. Otrzymane parametry zależności plonów użytków zielonych od wilgotności gleby mogą być wykorzystane w praktyce zarówno dla określenia parametrów sieci melioracyjnej w fazie projektowania i eksploatacji urządzeń wodno-melioracyjnych, jak również dla oceny efektywności nawodnień użytków zielonych.

## LITERATURA

- [1] Bieńkiewicz P. i in.: Wilgotność krytyczna dla traw w profilach gleb hydrogenicznych. Wiad. IMUZ, t. 15, 1983, z. 1.
- [2] Garjugin G. A.: Reżim orošenija selskohozjastvennyh kultur. Moskwa, Kolos, 1979.
- [3] Golovanov A. I. i in.: Regulirovanie vodnogo reżima počv na osnove detalnogo analiza trebovanij rastenij. Gidrotehnika i melioracija, 1975, nr 7, str. 93–99.
- [4] Grammatiki O. G.: Metody opredelenija skorosti peredviženija vody k kornevoj sisteme rastenij. W: „Biologičeskie osnovy orošajemogo zemledelija”. M. Nauka, 1974, str. 151–159.
- [5] Konstantinov A. R.: Metody rasčeta isparenija s selskohozjastvennyh polej. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1971.
- [6] Kusta A. M.: O polivnyh normah selskohozjastvennyh kultur na dernovo-podzolistyh suglinistyh počvah. Počvovedenije, 1986, nr 10, str. 122–126.
- [7] Rode A. A.: Osnovy učenija o počvennoj vlage. Gidrometeoizdat Leningrad, 1968.
- [8] Roguski W.: Metodyka wyznaczania nieodoborów wodnych roślin uprawnych dla celów projektowania i eksploatacji urządzeń nawadniających. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 1985 z. 294.
- [9] Šabanov V. V.: Bioklimatičeskoe obosnovanie melioracii. Gidrometeoizdat. Leningrad. 1973.
- [10] Szuniewicz J., Stypinśki P.: Wilgotność gleby torfowo-murszowej, przy której występuje hamowanie wzrostu roślin. Bibl. Wiad. IMUZ 1979, nr 59, str. 91–101.
- [11] Ślusarczyk E.: Określenie retencji użytecznej gleb mineralnych dla prognozowania i projektowania nawodnień. Melioracje rolne. Biul. infor. 1979, nr 3.
- [12] Tooming H. G.: Ekologičeskie principy maksimalnoj produktivnosti posevov. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1984.
- [13] Verigo S. A.: Počvennaja vlaga. Leningrad, Gidromeoizdat, 1973.
- [14] Żakowicz S.: Wpływ wilgotności i warunków ewaporacyjnych na przebieg procesu transpiracji roślin. Fragmenta Agronomica. nr 2 (10), 1986, str. 21–28.
- [15] Żakowicz S.: Application of irrigations on the basis of soil moisture content at the point of transpiration impedance. Zesz. probl. Post. Nauk Roln., z. 388, 1990, str. 211–216.