

OBLICZANIE POTRZEB I TERMINÓW NAWODNIEŃ  
NA PODSTAWIE DANYCH METEOROLOGICZNYCH

Józef Mosiej

Instytut Melioracji Rolnych i Leśnych SGGW-AR w Warszawie

Metoda określania potrzeby nawodnień powinna z jednej strony uwzględniać produkcyjne zapasy wilgoci (zapasy powyżej wilgotności wędnięcia), a z drugiej - potrzeby roślin. Ażeby określić produkcyjne zapasy wilgoci można:

- na podstawie ciągów obserwacji wilgotności pod daną kulturą określić funkcję rozkładu wilgotności w okresie wegetacji;
- jeśli nie ma takich obserwacji, można takie ciągi odtworzyć na podstawie matematycznych związków parowania, transpiracji, opadów i wymiany wilgoci z niżej położonymi warstwami, a potem określić funkcję rozkładu.

Doświadczenia agrometeorologów radzieckich wykazały [1-3], że dla wielu przypadków można wykorzystać najprostsze równania bilansu wodnego, w których parowanie terenowe określane jest funkcją temperatury powietrza, a wymiana wilgoci z niżej położonymi warstwami - funkcją początkowych zapasów wilgoci. W ten sposób znając temperatury, opady i początkowe zapasy wilgoci, parametry statystyczne i funkcje ich rozkładu, można określić parametry statystyczne i funkcje rozkładu produkcyjnych zapasów wilgoci [3, 4].

Zmianę zapasów wilgoci w ciągu dekady można obliczyć na podstawie równania bilansu wodnego warstwy strefy korzeniowej [1-3].

$$\Delta \bar{W} = a\bar{t} + b\bar{m} + c\bar{W}_p + d\bar{q} + 1$$

$$\bar{W}_k = \bar{W}_p + \Delta \bar{W}$$

gdzie:

$$\bar{W}_k = \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{n} \quad - \text{średnia ciągu } n \text{ lat wielkości zapasów wilgoci w końcu dekady;}$$

$\bar{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}$  - średnia wieloletnia temperatura powietrza w ciągu dekady;

$\bar{m} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n}$  - średnia wieloletnia wielkość opadów w ciągu dekady;

$W_p$  - średnia wielkość zapasów wilgoci na początku dekady;

$\bar{q} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{n}$  - średnia wieloletnia wielkość zasilania z wód gruntowych;

$n$  - liczba lat;

$a, b, c, d, l$  - współczynniki empiryczne, zależne od roślin i faz ich rozwoju.

W celu określenia średniego odchylenia standardowego sumy nieskorelowanych wielkości można posłużyć się następującym wzorem.

$$\sigma_w = \sqrt{a^2 \sigma_t^2 + b^2 \sigma_m^2 + c^2 \sigma_{W_p}^2 + d^2 \sigma_q^2}$$

Parametry statystyczne danych wyjściowych, tj. średnie dekadowe temperatury powietrza, średnie dekadowe sumy opadów i odchylenia standardowe można obliczyć na podstawie materiału meteorologicznego z roczników i atlasów meteorologicznych. Ograniczając zastosowanie metody dla gleb mineralnych z głębokim zwierciadłem wód gruntowych (powyżej 3 m) można przyjąć, że  $q = 0$ . Jeśli brak jest danych zapasów wilgoci na początek wegetacji, wówczas można je prognozować na podstawie znanych metod radzieckich [2] lub też przyjmując, że każdy rok ma wiosną taką dekadę, w której zapasy wilgoci osiągają wielkość połowej pojemności wodnej (PPW). Odchylenie standardowe wiosennych zapasów początkowych można przyjąć, ze względu na przybliżone ich określenie, równe  $0,1 W_p$ .

Ze względu na to, że wartości współczynników  $a, b, c$  i  $l$  mają charakter regionalny, należałoby na podstawie wieloletnich dekadowych danych  $\Delta W, W_p, t, m$  je obliczyć. Jeśli danych takich nie posiadamy, można przyjąć je z literatury dla podobnych warunków geograficznych i glebowych. Wartości współczynników określonych dla strefy nieczarnoziemnej ZSRR [1, 2] przedstawiono w tabeli 1.

Przedstawiona metoda obliczania zapasów wilgoci może mieć zastosowanie przy:

- sterowaniu nawodnieniami deszczownianymi w normalnych warunkach eksploatacyjnych;

T a b e l a 1

Wartości współczynników we wzorze na obliczenie  
zapasów wilgoci [1, 2]

Roślina i faza jej rozwoju	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>l</i>	Orientacyjne daty nastę- pienia faz rozwojowych roślin
<b>Ziemniak (warstwa 0-50 cm)</b>					
sadzenie-wschody	-0,21	+0,34	-0,29	+14,6	IV <sub>1</sub> - VI <sub>2</sub>
formowanie kłaczy	-0,45	+0,45	-0,21	+5,6	VI <sub>3</sub>
butonizacja	-0,26	+0,75	-0,24	-2,3	VII <sub>1</sub>
kwitnienie - władnięcie naci	-0,85	+0,54	-0,24	+14,8	VII <sub>2</sub> -VIII <sub>3</sub>
<b>Lucerna (warstwa 0-100 cm)</b>					
początek wegetacji	-1,8	+0,7	-0,06	+4,05	IV <sub>1</sub> - V <sub>2</sub>
okres I pokosu	-1,0	+1,06	-0,1	-5,8	V <sub>3</sub> - VI <sub>2</sub>
okres II pokosu	-0,6	+0,73	-0,21	+5,3	VI <sub>3</sub> - VII <sub>2</sub>
od II pokosu do końca wegetacji	-1,1	+0,83	-0,16	+11,7	VII <sub>3</sub> - IX <sub>3</sub>
<b>Koniczyna czerwona (warstwa 0-100 cm)</b>					
okres I pokosu	-1,5	+0,72	-0,16	+27,1	IV <sub>1</sub> - VI <sub>2</sub>
od I pokosu do końca wegetacji	-0,8	+0,72	-0,11	+11,5	VI <sub>3</sub> - IX <sub>3</sub>

- obliczaniu projektowanych dawek okresowych dla lat o różnym prawdopodobieństwie występowania warunków meteorologicznych w fazie projektowania nawodnień;

- określaniu potrzeb melioracji w fazie prognozowania.

W celu praktycznego wykorzystania proponowanej metody do sterowania nawodnieniami deszczownianymi można wzory zmiany zasobów wilgoci zamienić tablicami zależności zmiany zasobów w ciągu dekady od zasobów początkowych i opadów. Te wielkości (zapas początkowy i opady) mają decydujący wpływ na następne wielkości za-

Przykład obliczenia zapasów wilgoci i dawek nawodnienia dla ziemniaków  
 $(W' - W'')_{opt} = 62-78 \text{ mm}$

Wyszczególnienie	Maj			Czerwiec			Lipiec			Sierpień		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Suma opadów w ciągu dekady, m	0	7,1	25,2	9,4	20,2	0	91	12,2	16,5	95	25	30,2
Średnia temperatura powietrza w ciągu dekady, t	15,6	15,2	8,8	11,8	19,3	14,6	14,5	15,3	16,1	16,2	14,0	12,6
Zapasy na początku dekady $W_p$ , mm	98	81	72	73	68	78	78	98	82	71	98	91
Zmiana zapasów wilgoci, $\Delta W_1 = F(W_p, m)$	-14	-6	+3	-3	+2	-10	+46	-3	+3	+50	+5	+9
Zmiana zapasów wilgoci $\Delta W_2 = f, t$	-3	-3	-2	-2	-4	-7	-4	-13	-14	-14	-12	-11
Zmiana zapasów wilgoci w ciągu dekady, mm, $\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2$	-17	-9	+1	-5	-2	-17	+42	-16	-11	+36	-7	-2
Zapasy wilgoci w końcu dekady, mm $W_k = W_p + \Delta W$	81	72	73	68	66	61	120	82	71	101	91	89
Dawka nawodnienia netto w końcu dekady, mm	-	-	-	-	12	17	-	-	-	-	-	-

Porównanie zmierzonych i obliczonych produkcyjnych zapasów wilgoci  
pod niektórymi roślinami uprawnymi

Wyszczególnienie	Maj			Czerwiec			Lipiec			Sierpień			Wrzesień	
	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Obliczone ( $W_0$ ) produkcyjne zapasy wilgoci ziemniaków w warstwie 0-50 cm				68	66	51	98	82	71	98	91	89		
Zmierzone ( $W_Z$ ) produkcyjne zapasy wilgoci pod ziemniakami w warstwie 0-50 cm				76	67	42	75	59	60	96	73	87		
Zmierzone ( $W_Z$ ) produkcyjne zapasy wilgoci pod burakami cukrowymi w warstwie 0-50 cm				63	68	44	85	66	82	90	97	92		
Obliczone ( $W_0$ ) produkcyjne zapasy wilgoci dla koniczyny czerwonej w warstwie 0-100 cm	137	147	137	137	121	117	170	154	145	196	192	194	188	180
Zmierzone ( $W_Z$ ) produkcyjne zapasy wilgoci pod trawami w warstwie 0-100 cm	125	130	133	133	104	111	158	150	146	136	168	152	167	152

pasów wilgoci. Wpływ temperatury powietrza jest mniejszy, dlatego można go uwzględnić poprawkami. Korzystanie z tablic nie przedstawia żadnych trudności. Najpierw z tablicy dla danej rośliny, fazy jej rozwoju określamy zmianę zapasów wilgoci w zależności od sumy opadów (sztucznych i naturalnych)

w ciągu dekady i zapasów początkowych, a potem uwzględniamy poprawki na średnią temperaturę w ciągu dekady. Tym sposobem można określać dynamikę zapasów wilgoci pod różnymi roślinami w czasie wegetacji i jednocześnie określać terminy i dawki nawodnień.

Dla ilustracji w tabeli 2 przedstawiono przykład obliczeń zapasów wilgoci, potrzeb i terminów nawodnień ziemniaków. Obliczenia wykonano dla konkretnych

warunków meteorologicznych 1977 r. dla pól nawadnianych sowchozu Lesnoje (centralna strefa Białorusi), gdzie autor prowadził badania polowe w ramach studiów aspiranckich w Moskiewskim Instytucie Melioracyjnym.

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

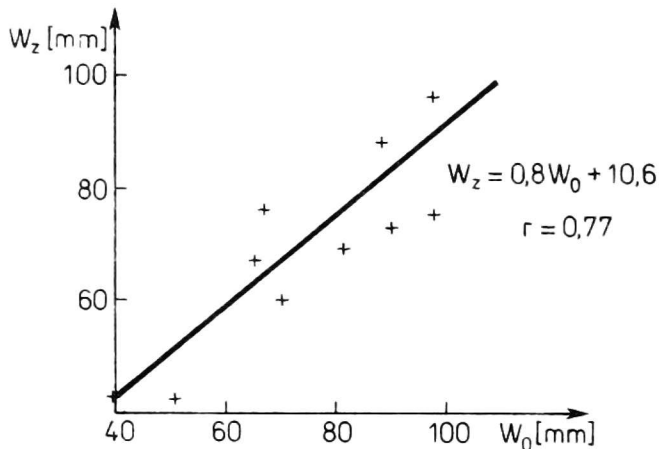
1) produkcyjne zapasy wilgoci w warstwie 0-50 cm przy polowej pojemności wodnej (PPW) - 98 mm,

2) przedział optymalnych zapasów wilgoci w warstwie 0-50 cm przy  $S_{opt} = 0,8$

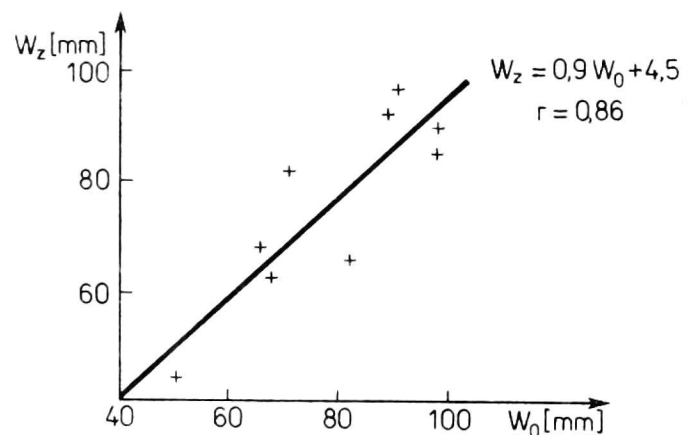
$$(W' - W'')_{opt} = 62 - 78 \text{ mm}$$

3) zapasy wilgoci równe PPW zaobserwowano wiosną w końcu III dekady marca.

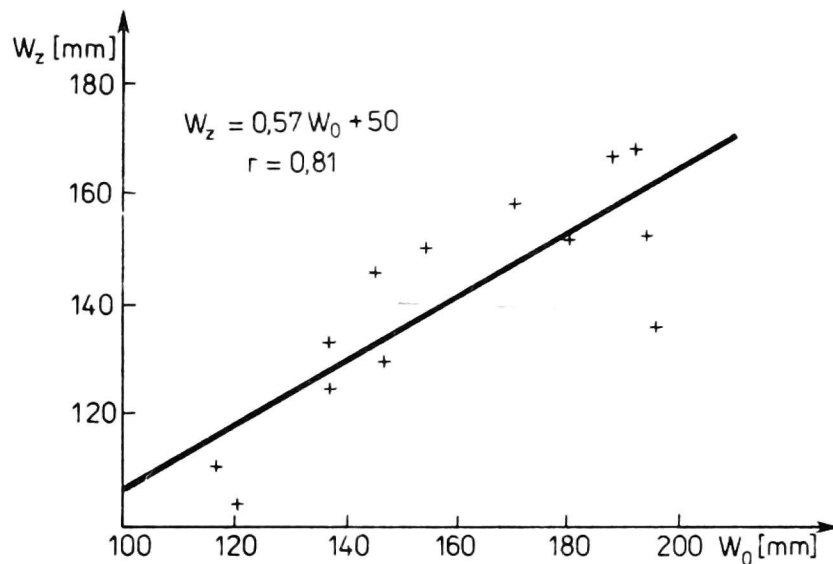
Jak widać z tabeli 2 w 1977 r., ziemniaków praktycznie nie trzeba było nawadniać. Tylko w drugiej i trzeciej dekadzie czerwca zaobserwowano niedobory wilgoci.



Rys. 1. Porównanie zmierzonych ( $W_z$ ) i obliczonych ( $W_0$ ) produkcyjnych zapasów wilgoci pod ziemniakami w warstwie 0-50 cm



Rys. 2. Porównanie zmierzonych ( $W_z$ ) pod burakami cukrowymi i obliczonych ( $W_0$ ) dla ziemniaków produkcyjnych zapasów wilgoci w warstwie 0-50 cm



Rys. 3. Porównanie zmierzonych ( $W_z$ ) pod wieloletnimi trawami i obliczonych ( $W_o$ ) dla koniczyny czerwonej ( $W_o$ ) produkcyjnych zapasów wilgoci w warstwie 0-100 cm

Dla ilustracji w tabeli 3 oraz na rysunku 1 i 2 przedstawiono rezultaty porównania zmierzonych i obliczonych produkcyjnych zapasów wilgoci w warstwie 0-50 cm dla buraka cukrowego i ziemniaków za 1977 r. Jak widać, różnice w większości dekad są niewielkie i w pełni powinny zadowalać potrzeby praktyki. W niektórych okresach wegetacji (zwykle po bardzo obfitych opadach) różnice są dosyć znaczne. Można to objaśnić wzrastającym błędem pomiaru bardzo wilgotnej gleby i tym, że podobne metody prognozowania dają znaczne odchylenia w ekstremalnych warunkach. Trzeba nadmienić, że sezon wegetacji 1977 r. był wyjątkowym pod względem opadów (w ciągu pierwszych dekad lipca i sierpnia było ponad 90 mm opadów) i po obfitych deszczach zaobserwowano spływ powierzchniowy. Obliczony współczynnik korelacji jest dosyć wysoki: dla ziemniaków  $r = 0,77$ , dla buraków  $r = 0,86$ .

W tabeli 3 i na rysunku 3 przedstawiono rezultaty porównania obliczonych produkcyjnych zapasów wilgoci pod koniczynę czerwoną i zmierzonych pod trawami w warstwie 0-100 cm. Jak widać, różnice są dosyć znaczne, współczynnik kierunkowy równania regresji ( $a = 0,57$ ) zbyt mały, chociaż współczynnik korelacji jest dosyć wysoki  $r = 0,81$ .

Na podstawie powyższych danych można stwierdzić, że prognozowanie zapasów wilgoci pod ziemniaki i buraki w rejonie prowadzenia badań zaspokaja potrzeby praktyki. W przypadku traw okazuje się, że współczynniki dla koniczyny różnią się znacznie od współ-

czynników dla traw i trzeba na podstawie 2-3-letnich obserwacji i pomiarów je obliczyć.

#### LITERATURA

1. Mastinskaja S. B.: Sostawlenije prognoza zapasow produktiwnoj włagi w poczwie pod kartofielem i mnogoletnimi trawami. Zbornik metodycznych ukazaniy po analizu i ocenie słoziwszichsje i ożidajemych agrometeorologiczeskich usłowij. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1957, 196-210.
2. Werigo S. A., Razumowa Ł. A.: Poczwiennaja właga i znaczenije jejo w sielskochozjajstwiennom proizwodstwie. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1963, s. 289.
3. Szabanow W. W.: Bioklimaticzeskoje obosnowanije melioraczi. Leningrad. 1973, s. 165.
4. Szabanow W. W., Mosiej J.: Opredielenije nieobchodimosti i deficytow włagozasasow niekotorych sielskochozjajstwiennykh kultur po klimaticzeskim dannym. Sielskochozjajstwiennyje melioraczi, poczwowiedienije. Trudy Moskowskowo Gidromelioratiwnowo Instituta, 1978.

Ю. Мосей

#### РАСЧЕТ НУЖД И СРОКОВ ОРОШЕНИЯ НА ОСНОВАНИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

#### Р е з ю м е

Рассматривается простой метод прогнозирования запасов влаги в обсеянной разными культурами минеральной почве с глубоким зеркалом грунтовой воды. Этот метод применяется в настоящее время в Советском Союзе.

Описывается одно из возможных применений указанного метода для расчета нужд и сроков орошения. Расчеты проведенные по указанному методу проверяли на основании измерений запасов влаги в почве.



J. Mosiej

CALCULATION OF NEEDS AND DATES OF IRRIGATION  
ON THE BASIS OF METEOROLOGICAL DATA

S u m m a r y

A simple method of prediction of moisture reserves in soil sown with various crops on mineral soils with a deep ground water table, applied in the Soviet Union, is presented in the paper.

One of the possible applications of the above method for calculation of needs and dates of irrigation is described. The calculation by the method proposed were confirmed basing on soil moisture reserve measurements.