

POTRZEBY I WYKORZYSTANIE WODY PRZEZ WYBRANE ROŚLINY
UPRAWNE W WARUNKACH RÓŻNEGO UWILGOTNIENIA

Edward Ślusarczyk

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
w Puławach

WSTĘP

Ścisłe określenie potrzeb wodnych roślin dla celów nawodnieniowych stanowi nadal problem otwarty. Współczynniki transpiracji lub ewapotranspiracji publikowane w literaturze odznaczają się dużą rozpiętością i dlatego są mało przydatne do określania rzeczywistych potrzeb wodnych dla zaprogramowanego plonu w warunkach nawodnień. Z tych powodów celowym wydaje się poszukiwanie sposobów bardziej ścisłego, praktycznego określenia potrzeb wodnych dla roślin uprawianych w warunkach wysokiej agrotechniki i nawodnień.

ZASADA OKREŚLANIA POTRZEB WODNYCH ROŚLIN UPRAWNYCH

W bilansie wodnym pola nawadnianego pożądanym jest stosowanie ściśle określonych ilości składników niezbędnych do uzyskania zaprogramowanej ilości plonu zgodnie z uproszczoną formułą:

$$y = f(A, B) \quad (1)$$

gdzie:

- y - potencjalny plon stosowanej odmiany rośliny uprawnej,
- A - optymalne warunki agrotechniczne i agrochemiczne,
- B - niezbędna ilość wody do wyprodukowania zaprogramowanego plonu podstawowego lub biologicznego.

Powszechnie wiadomo, że najbardziej efektywne wykorzystanie wody glebowo-opadowej zachodzi w łanie o wysokim plonie. Wobec te-

go wielkość B we wzorze 1 proponujemy określić empirycznie na podstawie najniższych, czyli najbardziej efektywnych współczynników jednostkowych zużycia wody (m^3 wody/t plonu), uzyskanych w warunkach wysokiego plonowania.

Jednostkowe wykorzystanie wody obliczamy ze stosunku ogólnego polowego zużycia wody (Q) do masy plonu (y), czyli:

$$\frac{Q}{y} \text{ (m}^3\text{/t)}.$$

Polowe zużycie wody (Q) określamy według uproszczonego wzoru:

$$Q = (R_p + P_e) - R_k \quad (2)$$

gdzie: Q - ilość wody zużyta na ewapotranspirację w okresie wegetacji roślin,

R_p - ilość wody zretencjonowanej w warstwie gleby 0-1,0 m na początku okresu wegetacyjnego danej rośliny,

P_e - ilość opadu efektywnego (powyżej 1 mm) w okresie od rozpoczęcia wegetacji do dojrzałości biologicznej lub użytkowej,

R_k - ilość wody w glebie w momencie dojrzałości rośliny lub zbioru.

Wyjaśnijmy, że badane pola odznaczały się głębokim zwierciadłem wód gruntowych (co najmniej poniżej 1,2 m) oraz pozbawione były powierzchniowego dopływu i odpływu wody. Można więc założyć, że udział wymienionych pozycji w bilansie wodnym badanych pól był praktycznie nieistotny. Wykorzystując współczynnik polowego zużycia wody do produkcji masy roślinnej możemy określić z dość dużym przybliżeniem potrzeby wodne roślin uprawnych według formuły:

$$Q = M \cdot k_{H_2O} \quad (3)$$

gdzie:

Q - ilość potrzebnej wody na wyprodukowanie zaprogramowanego plonu z jednostki powierzchni (m^3 , mm),

M - zaprogramowana masa plonu (t),

k_{H_2O} - współczynnik niezbędnej ilości wody na wyprodukowanie jednostki masy roślinnej (m^3 , mm).

METODYKA OKREŚLANIA WSPÓŁCZYNNIKA k_{H_2O}

Materiał empiryczny zebrano w latach 1971-1978 z 4 Zakładów Doświadczalnych, dla których teksturę gleb oraz ilość opadów podano w tabeli 1.

T a b e l a 1

Tekstura gleby i opady

Stacja doświadczalna	Zawartość w glebie frakcji < 0,02 mm (%)	Wieloletnia suma opadów (Pe) IV-IX (mm)
Sadłowice	6	367
Wierzbno	9	350
Laskowice	12	378
Zielęcín	22	308

Plony zebrano z doświadczeń o trzech poziomach nawożenia. Jednostkowe zużycie wody obliczono przy poziomie plonu: trawy 3,0-14,0 t/ha, buraki cukrowe 20,0-58,0 t/ha, ziemniaki 17,0-42,5 t/ha, pszenica ozima 2,5-7,0 t/ha.

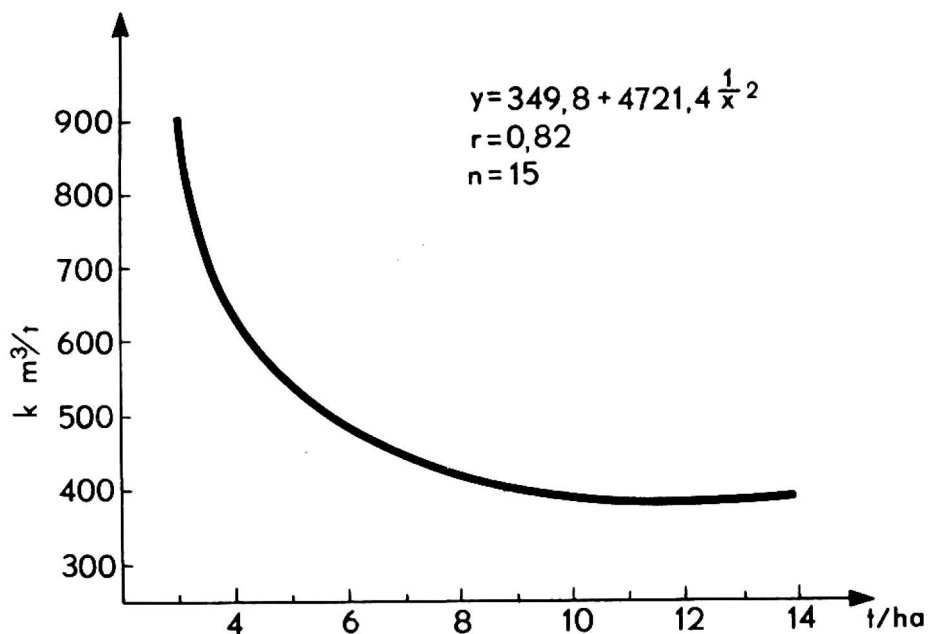
Związek między jednostkowym zużyciem wody a wysokością plonu zbadano przy pomocy krzywych typu hiperboli:

$$y = a + b \frac{1}{x - 1} \quad \text{oraz} \quad y = a + b \frac{1}{x^2},$$

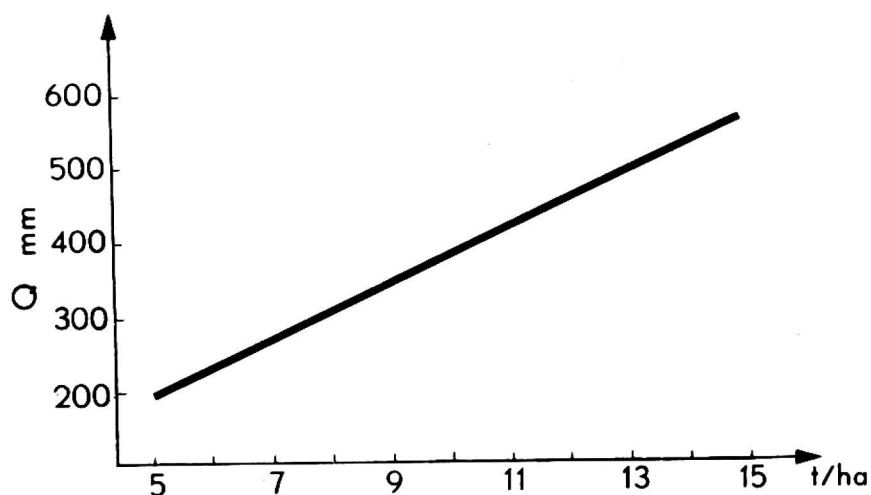
gdzie: x - wielkość plonu.

WYNIKI OBLICZEŃ ORAZ ICH INTERPRETACJA

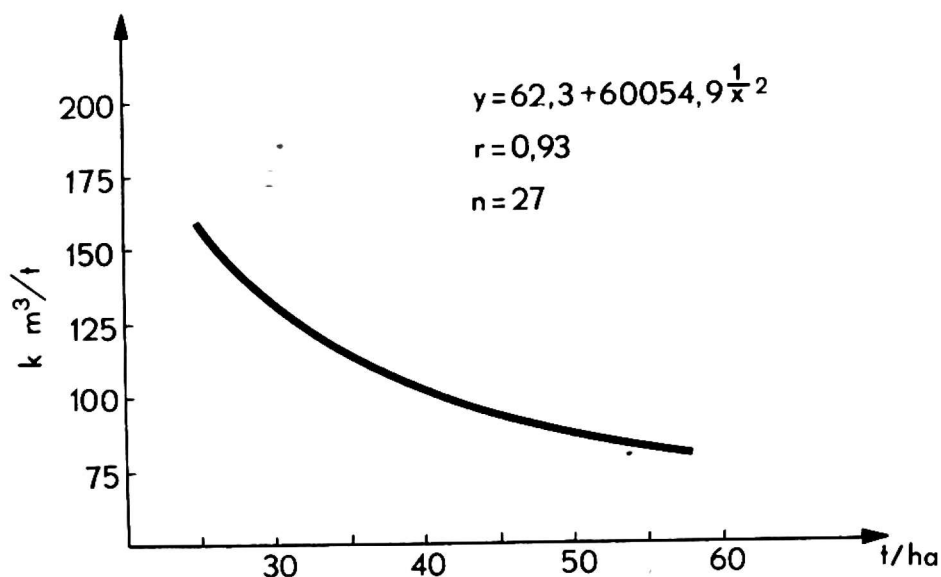
Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono na rysunkach 1-8. Na rysunkach 1, 3, 5 i 7 pokazano zależność między współczynnikiem jednostkowego zużycia wody na jednostkę masy plonu a wysokością plonu. Przebieg krzywych ilustruje nam odwrotność proporcjonalną lub kwadratową badanej zmiennej zależnej. Niskim plonom odpowiadają wysokie wartości k. Wysokie wskaźniki odnoszą się do warunków nadmiernego uwilgotnienia środowiska lub nieadekwatnych terminów opadów do potrzeb roślin w poszczególnych fazach rozwojowych. Przede wszystkim są one wynikiem niskich plonów, spowodo-



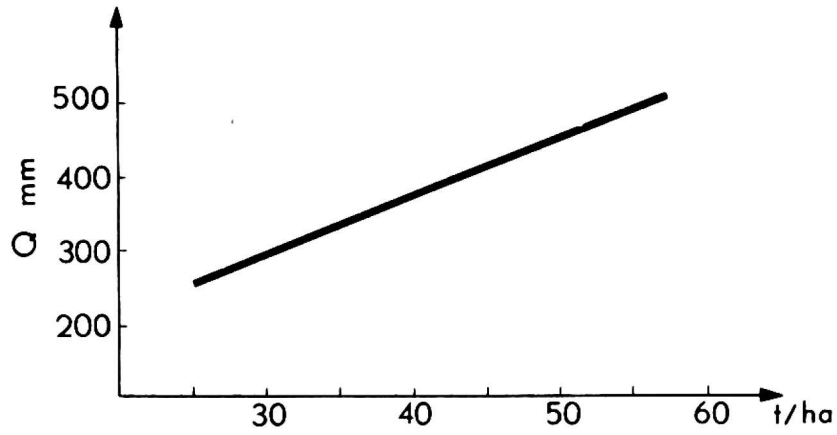
Rys. 1. Zużycie jednostkowe wody (k) na produkcję ziarna pszenicy ozimej w zależności od wielkości plonu



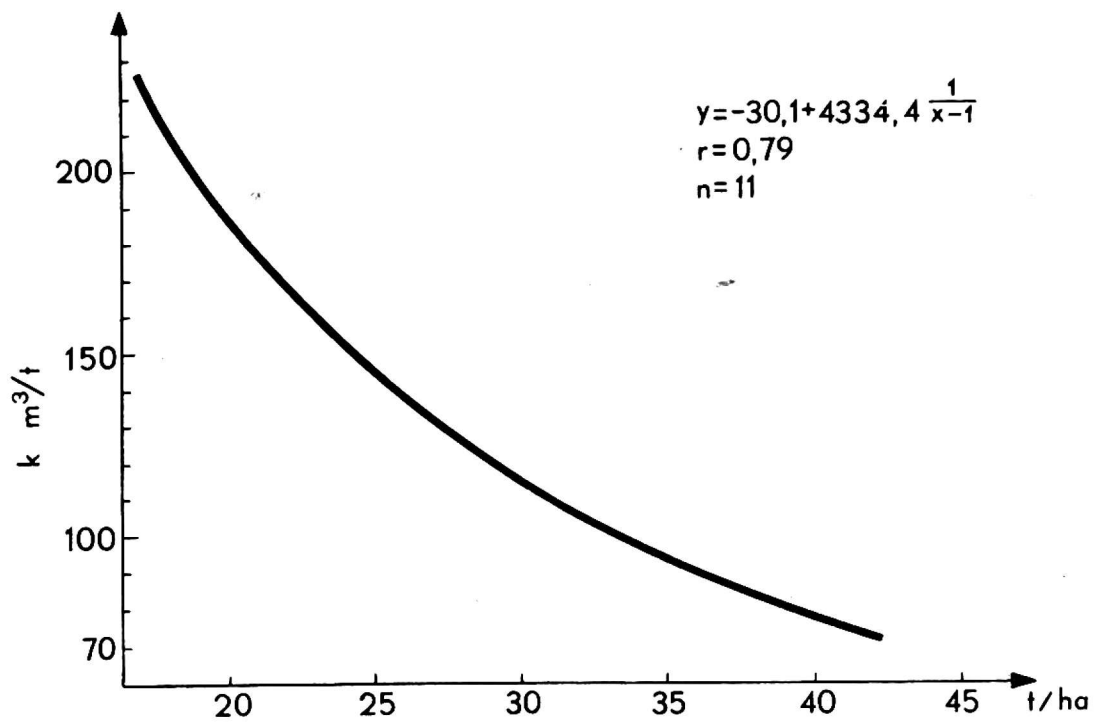
Rys. 2. Ogólne potrzeby wody traw (Q) w uprawie polowej przy $k = 375$



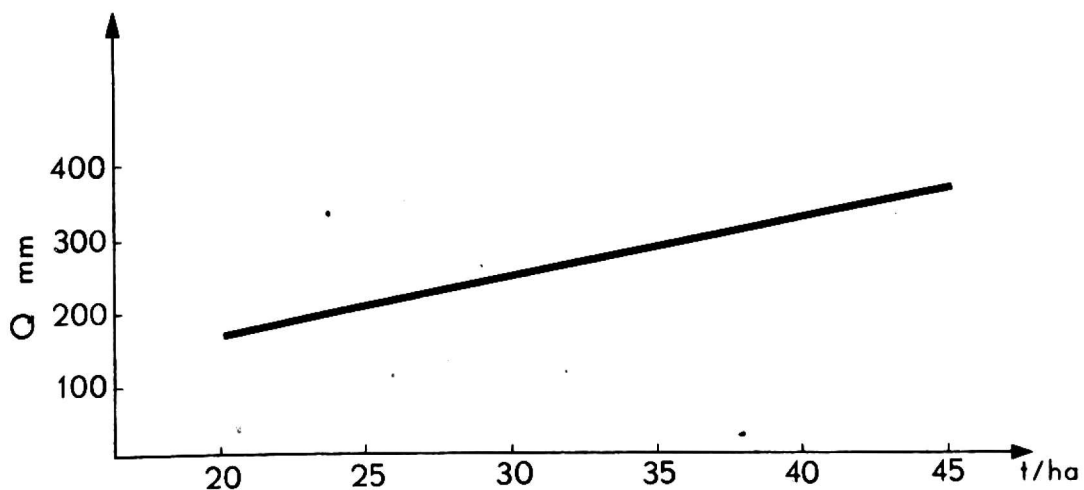
Rys. 3. Zużycie jednostkowe wody (k) na produkcję korzeni buraka cukrowego w zależności od wielkości plonu

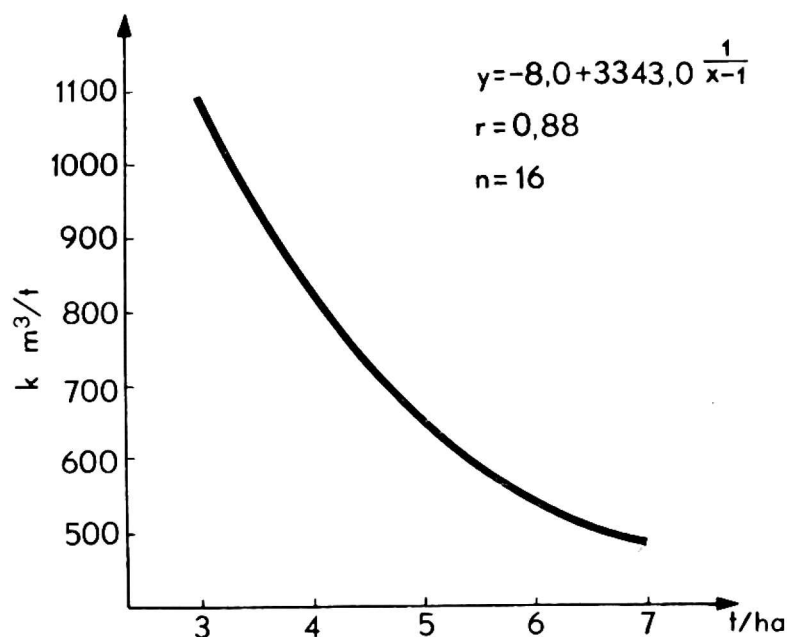


Rys. 4. Ogólne potrzeby wody (Q) buraka cukrowego przy $k = 85$

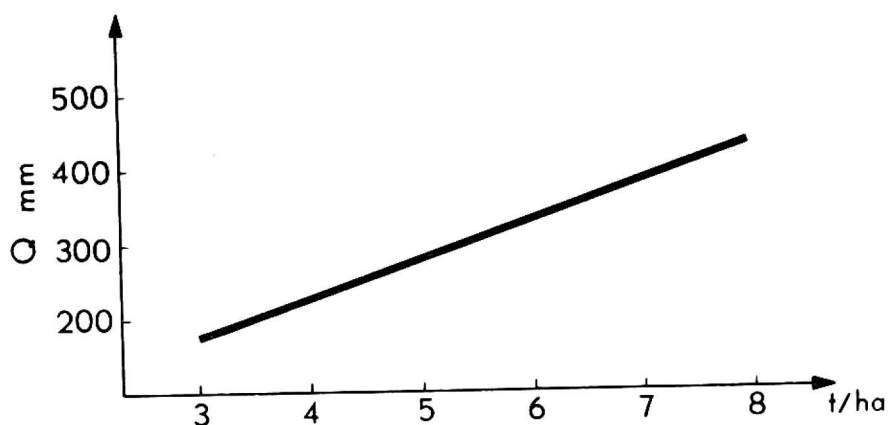


Rys. 5. Zużycie jednostkowe wody (k) na produkcję bulw ziemniaka w zależności od wielkości plonu





Rys. 7. Zużycie jednostkowe wody (k) na produkcję ziarna pszenicy ozimej w zależności od wielkości plonu



Rys. 8. Ogólne potrzeby wody (Q) pszenicy ozimej przy $k = 550$

wanych niedopełnieniem warunków agrotechnicznych w szerokim tego słowa znaczeniu lub niesprzyjającymi warunkami pogodowymi.

W miarę przyrostu plonów współczynnik k zbliża się do określonego progu maksymalnej efektywności wody glebowo-opadowej dla plonowania. Brak wyraźnego obniżania się krzywej zależności k w przedziale bardzo wysokich plonów należy prawdopodobnie tłumaczyć udziałem odmian wysokoplennych odznaczających się oszczędną gospodarką wodną. Przebieg krzywych dla wszystkich badanych roślin dowodzi o znacznym niewykorzystaniu wody w warunkach niskiego plonowania i jednocześnie o bardzo efektywnym wykorzystaniu jej w warunkach wysokiego plonowania. Stosunkowo niskie współczynniki k niewątpliwie uzyskano w sprzyjających warunkach naturalnych, charakteryzujących się m. in. opadami w dostatecznej ilości i o odpowiednim rozkładzie czasowym w okresie wegetacji roślin.

Wydaje się, że dla lepszej porównywalności i ścisłości obliczeń zużycie wody na wyprodukowanie jednostki masy roślinnej słuszniesze będzie uwzględnienie całej nadziemnej masy roślinnej, a więc ziarno+słoma, kłoby+liście itd. Ewapotranspiracja wody kształtowana jest bowiem przez całą masę roślinną, a nie tylko przez plon podstawowy; również nie zawsze jest zachowana proporcjonalność masy plonu podstawowego do pozostałej nadziemnej części rośliny. Ponadto ostateczny plon ziarna lub okopowych może ulec redukcji w końcowej fazie dojrzewania lub w czasie zbioru. Obliczony wówczas współczynnik k nie oddaje faktycznego zużycia wody na produkcję masy roślinnej. W naszym opracowaniu ograniczono się jedynie do plonu podstawowego.

Zestawiając najbardziej efektywne wskaźniki jednostkowego zużycia wody (k) uzyskano na rysunku 1, 3, 5 i 7 otrzymujemy następujące wartości (tab. 2).

T a b e l a 2

Zależność między zużyciem wody a wysokością plonu

Roślina	Plon podstawowy (t/ha)	Wartość k
Trawy	14,0	375
Buraki cukrowe	50,0	85
Ziemniaki	40,0	80
Pszenica ozima	6,0	550

ZASTOSOWANIE WSPÓŁCZYNNIKA k DO OBLICZENIA POTRZEB WODNYCH ROŚLIN W WARUNKACH NATURALNYCH I NAWADNIANYCH

Po podstawieniu wartości wskaźnika k (z tab. 2) do wzoru 3 otrzymujemy niezbędną wielkość ogólnych potrzeb wodnych do uzyskania zaprogramowanego plonu. Wyniki obliczeń w postaci graficznej zamieszczono na rysunkach 2, 4, 6 i 8. Przy małych plonach odczytujemy stosunkowo niskie wartości ogólnych potrzeb wodnych (Q) rzędu około 200 mm. Ten pozorny paradoks należy tłumaczyć następująco: otóż współczynnik k obliczony dla wysokich plonów został uzyskany w warunkach maksymalnego wykorzystania wody na transpirację, przy bardzo ograniczonej ilości strat wody na bezpośrednie

parowanie wody z gleby. Zastosowanie współczynnika k właściwego dla plonów wysokich do plonu niskiego lub nawet średniego, który zużywa stosunkowo niewielką ilość wody na transpirację, lecz sprzyja intensywnemu parowaniu wody z gleby, daje skutek tego „zaniżone” potrzeby wodne na tle parowania terenowego. Dane tych rysunków unaoczniają ogromne straty wody glebowo-opadowej, jakie mają miejsce w warunkach niskiego plonowania.

Dlatego obliczone współczynniki k mogą mieć zastosowanie do programowania plonów wysokich, wynoszących co najmniej: traw - powyżej 9 t/ha, buraka cukrowego powyżej 45 t/ha, ziemniaka około 35 t/ha, pszenicy ozimej powyżej 5,5 t/ha.

Współczynniki k właściwe niskim plonom objaśniają stopień niewykorzystania zasobów wody glebowo-opadowej.

Podkreślić należy, że wartości przedstawione na wymienionych rysunkach zostały uzyskane empirycznie w określonych warunkach i mogą być stosowane w analogicznych lub zbliżonych warunkach klimatycznych. Umożliwiają one przeprowadzenie oceny wysokości plonów, jakie można uzyskać w konkretnych warunkach posiadających określone zasoby wody glebowo-opadowej.

Uzyskane wartości k mogą być wykorzystane do obliczenia deficytu pól nawadnianych, który obliczamy następująco:

$$D = [M \cdot k_{H_2O} - (R_p + P_e)] C \quad (4)$$

gdzie:

D - deficyt wody stanowiący dawkę ogólną nawodnienia uzupełniającego,

C - współczynnik dawki nawodnieniowej brutto (w warunkach nawodnień jednostkowe zużycie wody może być wyższe do około 30%).
Pozostałe oznaczenia - jak we wzorach poprzednich.

Э. Слюсарчик

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ С/Х РАСТЕНИЯМИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

Р е з ю м е

Исследовано коэффициент по водопотреблению на основе соотношения массы урожая к общему полевому использованию влаги. Количество

использованной влаги определено на основании урожаев: травы 3,0 - 14,0 т/га, сахарная свекла 20,0-58,0 т/га, картофель 17,0-42,5 т/га, озимая пшеница 2,5-7,0 т/га. Связь между величиной урожая и количеством использованной воды изучено посредством кривых типа $y = a + b \frac{1}{x-1}$ или $y = a + b \frac{1}{x^2}$, где: x - величина урожая.

Результаты представлено на рисунках 1-8. Наиболее эффективные коэффициенты полевого использования воды (k) для определённых растений составляют: травы - 375 м³/т, сахарная свекла - 85 м³/т, картофель - 80 м³/т, озимая пшеница - 550 м³/т.

Общее водопотребление культур (Q) определяем по формуле: $Q = M \cdot k_{H_2O}$, где: M - запрограммированная масса урожая, k_{H_2O} - коэффициент необходимого количества воды для производства единицы растительной массы.

Дефицит влаги, представляющий дозу орошения (D) определяем по формуле: $D = [M \cdot k_{H_2O} - (R_p + P_e)] C$, где: R_p - количество влаги в слое почвы 0-1,0 м в начале вегетационного периода данного растения, P_e - количество эффективных осадков в период с начала вегетации до биологической спелости, C - коэффициент оросительной дозы брутто.

E. Ślusarczyk

WATER REQUIREMENTS AND CONSUMPTION BY SELECTED CROP PLANTS UNDER DIFFERENT SOIL MOISTURE CONDITIONS

S u m m a r y

Coefficients of amounts of water indispensable for the production of unit yield were developed for several crop species. Unit water consumption was calculated on the yield basis: grasses 3.0-14.0 t/ha, sugar beets 20.0-58.0 t/ha, potatoes 17.0-42.5 t/ha, winter wheat 2.5-7.0 t/ha. The relationship between unit water consumption (k) and yield was examined using curves of the type $y = a + b \frac{1}{x-1}$ or $y = a + b \frac{1}{x^2}$, where x - yield.

The results were shown in Figures 1 through 8. The most effective unit water consumption indices established for the crop species under study are as follows: grasses - 375 м³/t, sugar beets 85 м³/t, potatoes - 80 м³/t, winter wheat 550 м³/t.

General water requirements (Q) are computed according to the formule $Q = M \cdot k_{H_2O}$ where: M - programmed yield, k_{H_2O} - coefficient of the amount of water required to produce unit yield. Irrigated field deficit (D) is computed according to the formula: $D = [M \cdot k_{H_2O} - (R_p + P_e)] C$ where: R_p - water supply in the soil at the outset of growing period, P_e - effective rainfall, C - coefficient of gross irrigation dose.