

# DOBOWE ZUŻYCIE WODY A PLONOWANIE ROŚLIN OKOPOWYCH, PASTEWNYCH I ZBOŻOWYCH W WARUNKACH NAWODNIENÍ

*Mieczysław Trybała*

Instytut Rolniczych Podstaw Melioracji AR, Wrocław

## WSTĘP

O właściwym z punktu widzenia biologicznego i ekonomicznego wykorzystaniu wody w produkcji roślinnej decydują głównie czynniki klimatyczne, glebowe, melioracyjne, agrotechniczne i nawozowe oraz właściwości morfologiczne, fizjologiczne i genetyczne samych gatunków i odmian roślin uprawnych. Na ogół najlepsze wykorzystanie wody obserwuje się w warunkach optymalnego plonowania roślin. Natomiast wszędzie tam, gdzie plonowanie roślin jest ograniczane przez jakiś czynnik lub zespół czynników, wykorzystanie wody na wyprodukowanie jednostki suchej masy wzrasta.

W klimacie naszego kraju okresy posuszne pojawiają się dość nieregularnie. Najczęściej przypadają one na miesiące wiosenne i jesienne, lecz nie są rzadkością również w pełni okresu wegetacyjnego. Niedobory wodne w intensywnej produkcji roślinnej nie sprowadzają się tylko do lat wyjątkowo suchych i gleb lekkich, lecz mają szersze i bardziej złożone oddziaływanie na gospodarkę rolną regionu oraz kraju.

Jednym z czynników modyfikujących warunki wzrostu i rozwoju roślin oraz zwiększających produkcję z jednostki powierzchni jest nawadnianie połączone z właściwym nawożeniem. Racjonalne nawadnianie uruchamia liczne makro- i mikroelementy, które pod wpływem wody łatwiej przechodzą do kompleksu sorbcyjnego gleby i stają się przyswajalne dla roślin.

Z licznych badań [1, 3] wynika, że ruch wody i składników pokarmowych do nadziemnych części roślin zależy głównie od nawożenia i uwilgotnienia gleby. Największe pobieranie wody przez rośliny zachodzi w okresie intensywnego wzrostu. Z kolei letnie niedobory wodne, powodujące zamykanie się aparatów szparkowych i gromadzenie się w komórkach roślin  $\text{CO}_2$  powodują spadek aktywności stymulatorów

wzrostu [2, 4, 5]. W podstawowej dla życia roślin reakcji fotosyntezy, na każdy kg związanego dwutlenku węgla rośliny zużywają 0,41 kg wody.

#### WYNIKI BADAŃ

Prowadzone od szeregu lat ściśle doświadczenia polowe z kilkunastoma gatunkami roślin uprawnych w warunkach nawodnień pozwalają na określanie dobowego zużycia wody, które jest najbardziej scharmonizowane z rytmem wzrostu i rozwoju roślin oraz umożliwia racjonalne prowadzenie nawodnień uzupełniających. Doświadczenia te są zlokalizowane w Swojcu k. Wrocławia na glebie wytworzonej z piasku gliniastego. Są one prowadzone metodą podbloków losowanych w układzie zależnym z dwoma czynnikami zmiennymi (split plots) w czterech powtórzeniach.

Czynniki pierwszego rzędu — podbloki wodne: 1)  $W_0$  — podbloki nie nawadniane (kontrolne), 2)  $W_1$  — podbloki niższego poziomu nawadniania, dopuszczalne wyczerpanie zapasów wody do 60% polowej pojemności wodnej (ppw), 3)  $W_2$  — podbloki wyższego poziomu nawadniania, dopuszczalne wyczerpanie zapasów wody do 70% ppw.

Czynniki drugiego rzędu — w obrębie podbloków są rozlosowane cztery poziomy nawożenia mineralnego (NPK, 2NPK, 3NPK, 4NPK). Nawożenie to pod buraki cukrowe wynosiło: 200, 400, 600, 800 kg czystych składników na 1 ha, pod ziemniaki i kukurydzę pastewną — 150, 300, 450, 600, pod koniczynę czerwoną i zboża — 100, 200, 300, 400. Stosunek N :  $P_2O_5$  :  $K_2O$  wynosił w burakach cukrowych 1 : 0,69 : 1,38, w ziemniakach 1 : 0,7 : 1,3, w kukurydzy pastewnej 1 : 0,6 : 1,4, w koniczynie czerwonej 0 : 1 : 2,33 i w zbożach 1 : 0,71 : 1,14.

Badania wodne dotyczą podbloków nawadnianych  $W_0$ ,  $W_1$ , i  $W_2$  oraz poletek nawożonych 4NPK. Na obiektach tych są wykonywane równoległe pomiary wilgotności gleby za pomocą metody suszarkowo-wagowej, tensjometrycznej i neutronowej. Przy obliczeniach dobowego zużycia wody uwzględniane były następujące poziomy: 0-10, 15-25, 35-45 i 45-65 cm, obliczenia były wykonywane według następującego wzoru:

$$ET_d = \frac{Z_1 + P + D - Z_2}{n}$$

gdzie:

- $Z_1$  — zasób wody początkowy,
- $Z_2$  — zasób wody końcowy,
- $P$  — opad w mm,
- $D$  — deszczowanie w mm,
- $n$  — ilość dni okresu bilansowania.

Dobowe zużycie wody w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego oraz plony roślin zestawiono w tabeli 1. Jak widać z zestawie-

nia dobowe zużycie wody miało zróżnicowany przebieg, w zależności od warunków wilgotnościowych siedliska. Na poletkach, gdzie uwilgotnienie gleby zależało wyłącznie od opadów naturalnych, dobowe zużycie wody było stosunkowo małe u wszystkich badanych roślin. Ich wartości nie przekraczały 3 mm/dobę w okresach największych potrzeb wodnych roślin. Nawadnianie powodowało wszędzie wzrost zużycia wodnego w okresie krytycznym do 4-5 mm na dobę, zależnie od stopnia zróżnicowania nawodnień.

Rozpatrując kolejno poszczególne gatunki roślin, należy stwierdzić, że w burakach cukrowych wzrost zużycia wodnego o 70% ( $W_2$ ), w stosunku do obiektu kontrolnego w miesiącach lipiec—sierpień spowodował przyrost plonów korzeni o 60% a liści o ponad 70% w stosunku do plonów kontrolnych. Również korzystnie na poprawę warunków wodnych reagowała kukurydza pastewna. Wzrost zużycia wodnego o 50% w okresie wzmożonych potrzeb wodnych kukurydzy (lipiec—sierpień) spowodował przyrost plonów zielonej masy o 70%. Dużą reakcją na zmianę warunków wilgotnościowych zaobserwowano również u zbóż, szczególnie u pszenicy ozimej, u której wzrost dobowego zużycia wody o 40-50% w miesiącach maj—czerwiec spowodował przyrost plonu ziarna o 60% w stosunku do plonów kontrolnych. Nieco mniej podatne na zmianę warunków wilgotnościowych siedliska okazały się ziemniaki i koniczyna czerwona, u której wystąpiło najwyższe jednostkowe zużycie wody we wszystkich trzech kombinacjach nawodnieniowych. Zjawisko to wiąże się najprawdopodobniej z wielokością koniczyny. Bezpośrednio po skoszeniu koniczyny mamy bowiem do czynienia z kilkudniowym okresem zablizniania się świeżo ściętych roślin oraz występującym w tym czasie parowaniem nieproduktywnym, co niewątpliwie obniżyło efektywność wykorzystania wody.

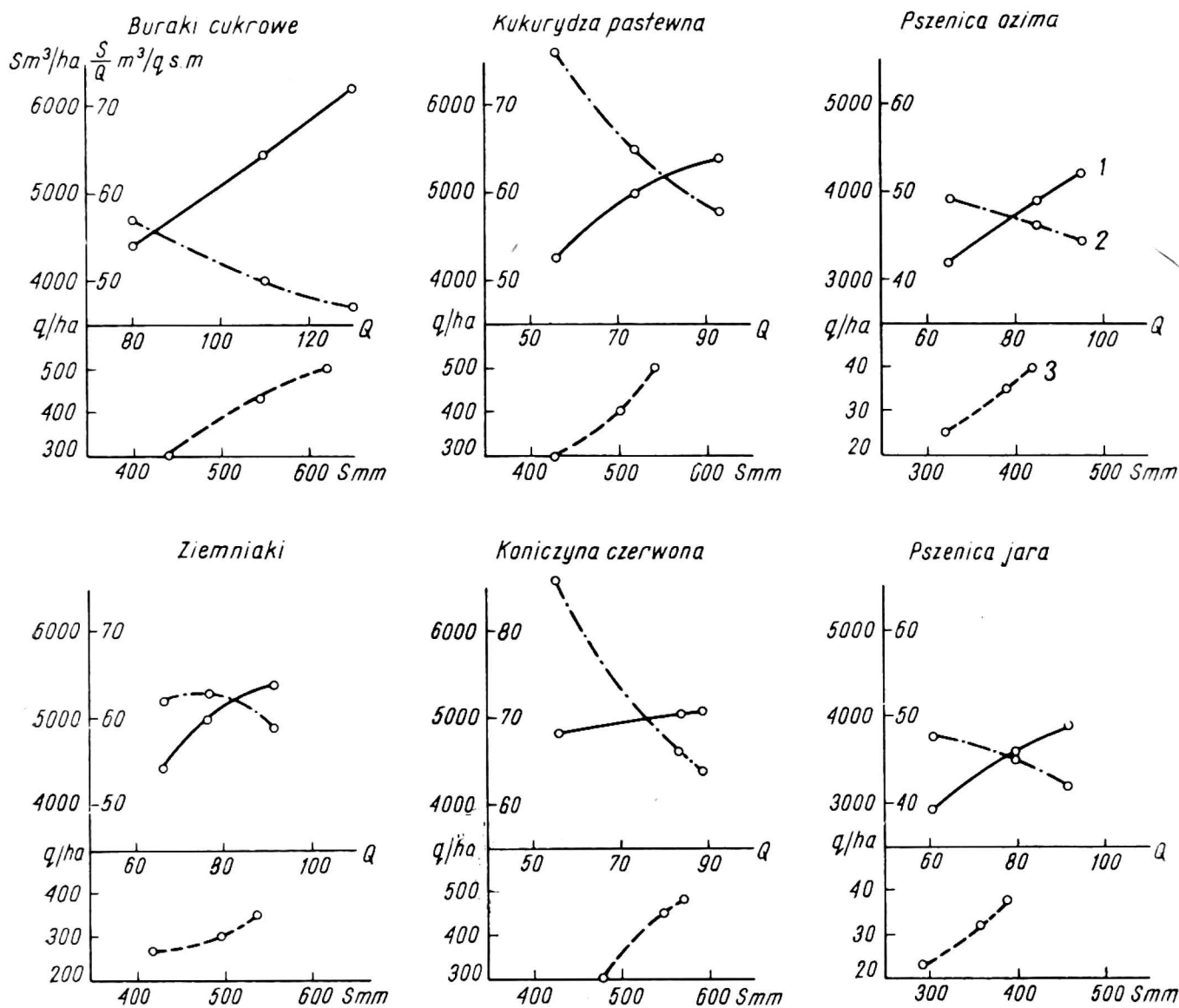
W celu uzyskania wskaźników porównawczych odnośnie zużycia wody przez buraki cukrowe, ziemniaki, kukurydzę pastewną, koniczynę czerwoną, pszenicę ozimą i pszenicę jarą obliczono stosunek zużytej wody do wyprodukowanej suchej masy roślinnej  $S/Q$ . Przy obliczeniach ogólnego plonu suchej masy uwzględniono w przypadku buraków korzenie i liście, ziemniaków — bulwy i łęty, kukurydzy i koniczyny — zieloną masę a u zbóż — ziarno i słomę. W ten sposób obliczone jednostkowe zużycie wody podano w metrach sześciennych na kwintal powietrznie suchej masy roślin (tab. 1) oraz przedstawiono za pomocą wykresów (rys. 1). Na wykresach tych przedstawiono jednocześnie sumaryczne zużycie wody w  $m^3/ha$  jako funkcję plonowania

$$S = f(Q)$$

oraz plonowanie (wyłącznie plon główny w  $q/ha$ ) poszczególnych gatunków roślin jako funkcję zużycia wody.

$$Q = f(S).$$

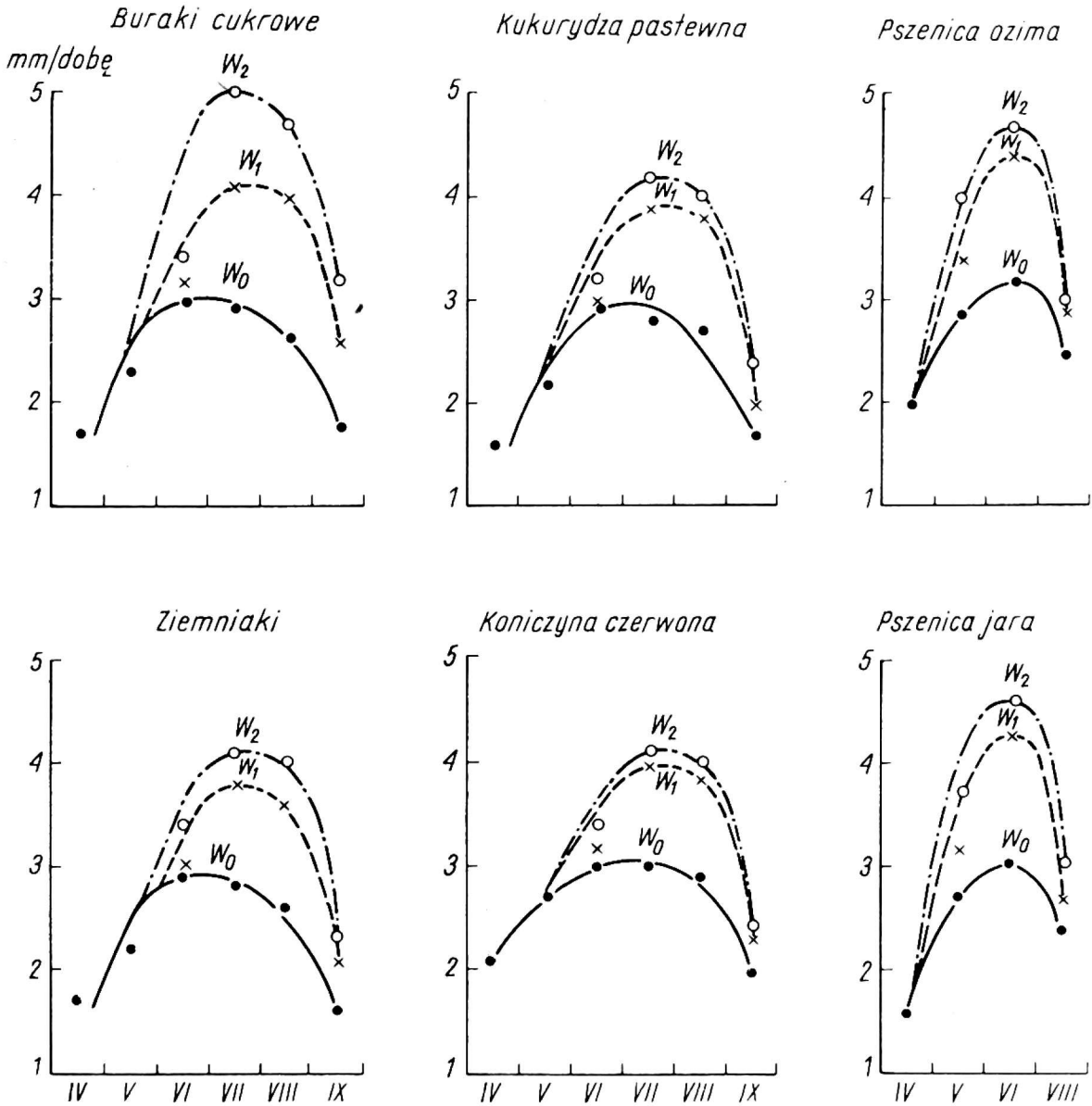
Na podstawie danych zawartych na wykresach można stwierdzić, że w doświadczeniach tych nawadnianie wpływało dodatnio na przyrost plonów badanych roślin  $Q$  oraz powodowało wzrost sumarycznego zużycia wody  $S$ , lecz jednocześnie korzystnie obniżało jednostkowe zużycie wody  $\frac{S}{Q}$  (rys. 1).



Rys. 1. Zużycie wody i plonowanie roślin w warunkach nawodnień: 1 —  $S$  ( $m^3/ha$ ), 2 —  $S/Q$  ( $m^3/q.s.m.$ ), 3 —  $Q$  (q/ha)

Z uwagi na niewątpliwe znaczenie omawianych zjawisk, dane dotyczące zużycia wodnego przedstawiono również w formie wykresów (rys. 2). Obrazują one przebieg dobowego zużycia wody w zależności od stopnia zróżnicowania warunków wilgotnościowych na poletkach doświadczalnych ( $W_0, W_1, W_2$ ). Jak widać z przytoczonych danych (tab. 1, rys. 2) przebieg naturalnych opadów w warunkach doświadczeń nie zapewniał dostatecznego zaopatrywania roślin w wodę, szczególnie w okresach krytycznych, co miało ścisły związek z wielkością uzyskanych plonów. Potwierdza to wcześniejsze nasze obserwacje, z których wynika, że stosunki wodne gleby, uniemożliwiające wyższe niż 3 mm dobowe zużycie wody w okresie intensywnego wzrostu roślin, nie gwarantują wysokich plo-

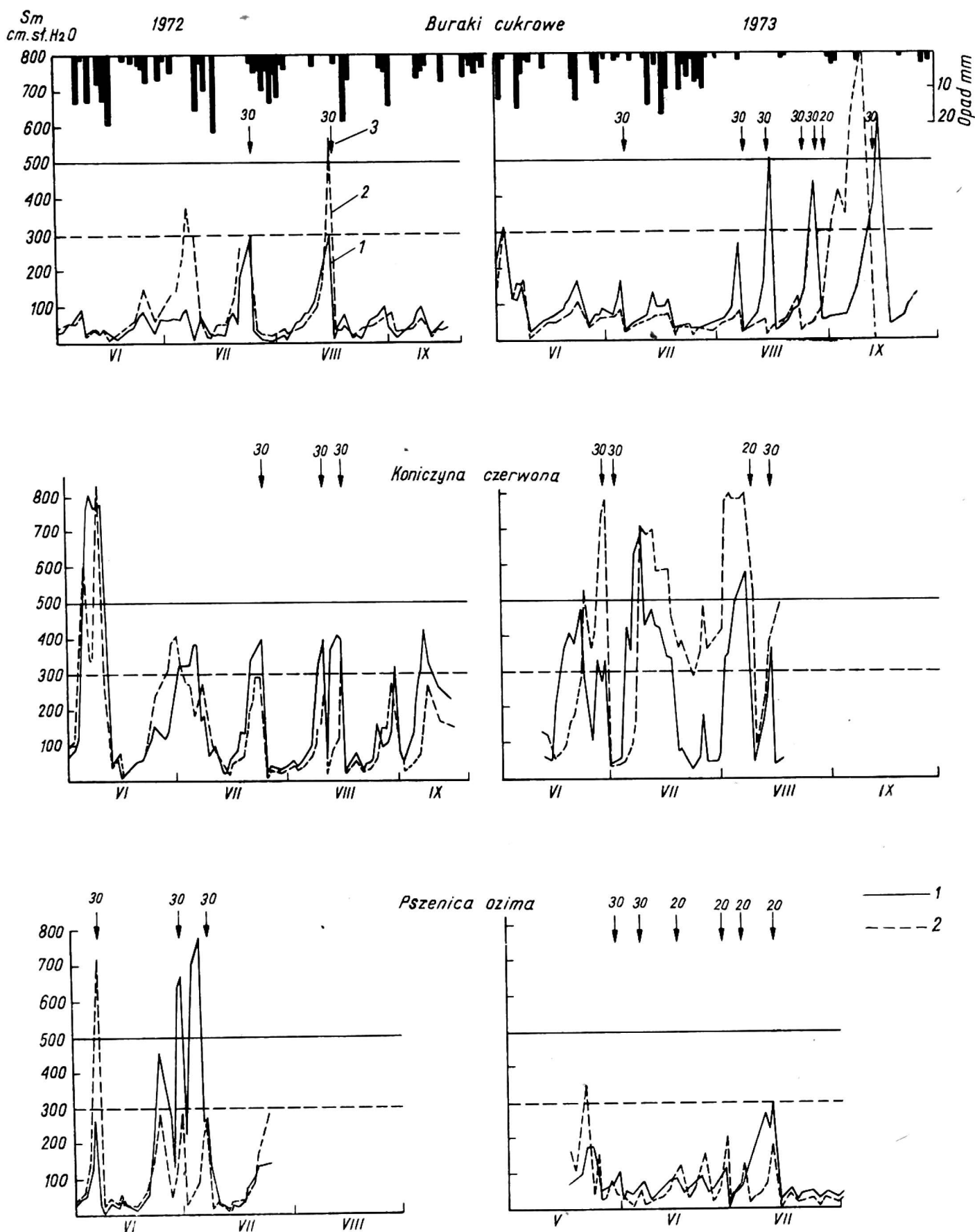
nów [6]. Wzrost ewapotranspiracji do około 4-5 mm na dobę powodował w tych warunkach przyrost plonów roślin w granicach 60-70%, z wyjątkiem ziemniaków, które wykazały mniejszą reakcję na zmianę warunków wilgotnościowych. Potwierdzają to 5-letnie doświadczenia Fergusona [4] na glebie piaszczysto gliniastej z pszenicą jara, z których



Rys. 2. Przebieg dobowego zużycia wody w zależności od zróżnicowanych warunków wodnych:  $W_0$  — nie nawadniane,  $W_1$  — nawadniane przy 60% ppw,  $W_2$  — nawadniane przy 70% ppw

wynika między innymi, że dobowe zużycie wody w początkowym okresie wzrostu pszenicy wynosiło 2,5 mm na dobę, w okresie kwitnienia i zawiązywania ziarna wzrosło do 5,2 mm a następnie w czasie dojrzewania znów zmalało do około 2 mm na dobę.

Równoległe z badaniami gospodarki wodnej roślin na tych samych obiektach były kontynuowane badania stosunków wodnych gleby za pomocą tensjometrów. Tensjometry były umieszczone na głębokości 20-25 cm w podblokach wodnych  $W_1$  i  $W_2$ . Odczyty siły ssącej gleby wykonywano codziennie (z wyjątkiem dni świątecznych) w godzinach rannych między 8-9. Przebieg siły ssącej gleby pod burakami cukrowymi, koniczyną czerwoną i pszenicą ozimą w latach 1972 i 1973



Rys. 3. Siła ssąca gleby w cm słupa wody: 1 — nawadnianie przy ok. 60% ppw, 2 — nawadnianie przy ok. 70% ppw, 3 — nawadnianie (mm)

przedstawiają wykresy na rysunku 3. Linie poziome oznaczone jako  $W_1$  i  $W_2$  zakreślają granicę zakładanego wyczerpania wody w wierzchniej warstwie gleby ( $W_1$  — 60% ppw i  $W_2$  — 70% ppw). Przebieg siły ssącej gleby pod burakami cukrowymi wskazuje, że nawadnianie było prowadzone właściwie. W 1972 r. wartość siły ssącej gleby przez cały okres wegetacyjny buraków nie przekraczała 300 cm słupa wody (70% ppw).

Tabela 1

Dobowe zużycie wody a plonowanie roślin uprawnych w warunkach nawodnień (średnie z lat 1971-1973)

Podbloki wodne	Dobowe zużycie wody w mm						Sumaryczne zużycie wody w mm $S$ (IV-IX)	Jednostkowe zużycie wody w $m^3$ q s. m. $\frac{S}{Q}$	Plon w q/ha $Q$	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX			główny	uboczny
<b>Buraki cukrowe</b>										
$W_0$	1,7	2,3	2,9	3,0	2,8	1,8	440	57,0	300	180
$W_1$	1,7	2,3	3,2	4,1	4,0	2,6	545	49,7	430	250
$W_2$	1,7	2,3	3,4	5,0	4,7	3,2	620	47,2	500	320
<b>Ziemniaki</b>										
$W_0$	1,7	2,2	2,8	2,9	2,6	1,6	420	62,6	270	100
$W_1$	1,7	2,2	3,0	3,8	3,6	2,1	500	62,9	300	130
$W_2$	1,7	2,2	3,4	4,1	4,0	2,3	540	58,5	350	170
<b>Kukurydza pastewna</b>										
$W_0$	1,6	2,2	2,8	2,9	2,7	1,7	425	76,2	300	
$W_1$	1,6	2,2	3,0	3,9	3,8	2,0	500	65,2	400	
$W_2$	1,6	2,2	3,2	4,2	4,0	2,4	540	58,1	500	
<b>Koniczyna czerwona</b>										
$W_0$	2,0	2,7	3,0	3,0	2,9	2,0	480	86,0	300	
$W_1$	2,0	2,8	3,2	4,0	3,8	2,2	550	65,7	450	
$W_2$	2,0	3,0	3,3	4,1	3,9	2,3	570	63,8	480	
<b>Pszenica ozima</b>										
$W_0$	2,0	2,9	3,2	2,5			320	49,2	25	40
$W_1$	2,0	3,4	4,4	2,9			390	45,9	35	50
$W_2$	2,0	3,8	4,7	3,2			420	44,2	40	55
<b>Pszenica jara</b>										
$W_0$	1,6	2,7	3,0	2,4			295	48,4	23	38
$W_1$	1,6	3,2	4,3	2,7			360	45,0	32	48
$W_2$	1,6	3,5	4,6	3,1			390	42,4	38	54

Podobnie w 1973 r. warunki wilgotnościowe wierzchniej warstwy gleby pod burakami przez cały czerwiec, lipiec i sierpień były utrzymane na wymaganym poziomie. Jedynie pod koniec okresu wegetacyjnego siła ssąca gleby w obydwu podblokach wodnych wzrosła na kilka dni powyżej przyjętych poziomów. Jednocześnie zaobserwowano, że siła ssąca gleby wykazywała dużą zgodność z przebiegiem dobowego zużycia wody przez buraki cukrowe. W polu koniczyny czerwonej w 1972 r. warunki wilgotnościowe, z wyjątkiem pierwszej dekady czerwca, były utrzymane na optymalnym poziomie. Natomiast w 1973 r., na skutek okresowych trudności z doprowadzeniem wody do nawodnień, siła ssąca gleby podlegała stosunkowo dużym wahanom i kilkakrotnie przekraczała dopusz-

czalne poziomy. W łanie pszenicy ozimej na obiekcie  $W_2$  w 1972 r. warunki wilgotnościowe były utrzymane w normie, natomiast na obiekcie  $W_1$  na przełomie czerwca i lipca nastąpił wzrost siły ssącej powyżej zakładanego poziomu. W 1973 r. dzięki dość regularnym opadom w maju, czerwcu i lipcu oraz dodatkowym nawodnieniom siła ssąca gleby w całym okresie badawczym była utrzymana na optymalnym poziomie.

#### WNIOSKI

1. Dobowe zużycie wody przez rośliny uprawne w znacznym stopniu odzwierciedla stosunki wodne w glebie i umożliwia racjonalne nawadnianie.
2. W omawianych warunkach glebowo-klimatycznych dobowe zużycie wody nie przekraczające 3 mm/dobę, w okresie krytycznym gospodarki wodnej roślin, nie gwarantowało wysokich plonów.
3. Wzrost dobowego zużycia wody do 4-5 mm w okresach wzmożonych potrzeb wodnych powodował przyrost plonów większości badanych roślin o 60 do 70% w stosunku do plonów kontrolnych.
4. Przebieg siły ssącej gleby wykazywał dużą zgodność z dynamiką zużycia wody przez rośliny.

#### LITERATURA

1. Angelow A.: Analiz na „пłacza” за изучаване на водното и минералното чхранене на растенијата. Poczwoznanie i Agrochimija, 4, 65-71, Sofia 1968.
2. Bannister P.: The water relations of heath plants from open and shaded habitats. J. Ecology, 59, 1, 51-64, 1971.
3. Blanchet R.: La nutrition des plantes, Biull. Techn. Inform., 231, 533-539, 1968.
4. Ferguson W. S.: Relationship between ewapotranspiration by wheat and the stage of crop development, Bellaniplate evaporation and soil moisture content. Canad. J. Soil Sci., 45, 33-38, 1965.
5. Pustowojtowa T. N.: Wlijanie zawjadania i poczwiennoj zasuchi na endogennyje regulatory rosta rastienij mezofitow. Fizioł. Rast., 19, 3, 622-628, 1972.
6. Trybała M.: La comparaison des grandeurs du débit d'eau par décades déterminées au moyen de diverses méthodes en champ de la betterave a sucre et du blé d'hiver sur le sol sablonneux, 339-357, Bratysława, 1973.

*Мечислав Трыбала*

#### СУТОЧНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ И ПЛОДОНОШЕНИЕ ПРОПАШНЫХ, КОРМОВЫХ И ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ОРОШЕНИИ

#### Резюме

Полевые опыты были проведены в 1971-1973 гг. в Опытной сельскохозяйственной станции в Своце около Вроцлава на почве обрзовавшейся из глинистого песка. Там был применен метод жеребьевки подблоков в системе зависимости с двумя переменными факторами в четырех повторениях.



Факторы первого разряда — подблоки водные: 1)  $W_0$  — неорошаемые подблоки (контрольные), 2)  $W_1$  — подблоки пониженного уровня орошения, с допустимым исчерпанием водных ресурсов в поверхностном слое почвы до 60% полной палеовой влагоёмкости 3)  $W_2$  — подблоки повышенного уровня орошения, с допустимым исчерпанием водных ресурсов в таком же слое почвы до 70% полной палеовой влагоёмкости.

Факторы второго разряда — в пределах подблоков была проведена жеребьевка четырех уровней минерального удобрения (NPK, 2NPK, 3NPK, 4NPK). Удобрение сахарной свеклы составляло: 200, 400, 600, 800 кг компонентов в чистом виде на 1 га, картофеля и кормовой кукурузы — 150, 300, 450, 600, красного клевера и хлебов — 100, 200, 300, 400 кг.

Исследования показали, что орошение имело положительное влияние на прирост урожая исследуемых растений  $Q$ , а также вызывало прирост суммарного потребления воды  $S$ , но одновременно положительно снижало удельное потребление воды  $\frac{S}{Q}$  (рис. 1). Процесс

уточного потребления воды культурными растениями в значительной степени отражает одные соотношения в почве и дает возможность рационального производить дополнительные орошения. В условиях опытов увеличение эвапотранспирации от 3 до 4-5 мм/сутки, в критические периоды водного хозяйства растений, вызывал увеличение урожаев на 60 до 70% по отношению к контрольным урожаям (табель 1).

*Mieczysław Trybała*

## TWENTY-FOUR HOURS' WATER CONSUMPTION AND THE YIELD OF ROOT, FODDER AND CORN CROPS UNDER THE IRRIGATION CONDITIONS

### Summary

Field experiments have been carried out during the years 1971-1973 at the Agricultural Experimental Station in Swojec near Wrocław on a soil made out of clayey sand. They have been established with the use of a method of chosen at random split plots in the dependent system with two variable elements in four repetitions.

The first class elements — water split plots: 1)  $W_0$  — unirrigated split plots (control), 2)  $W_1$  — split plots of the lower irrigation level (admitted exhaustion of the water reserve in the top layer of the soil up to 60% of the soil water capacity), 3)  $W_2$  — split plots of the higher irrigation level (admitted exhaustion of the water reserve in the same soil level up to 70% of the soil water capacity).

The second class elements — within split plots there were chosen at random four fertilizing levels (NPK, 2NPK, 3NPK, 4NPK). The fertilizing under the sugar beet was as follows: 200, 400, 600, 800 kg of pure elements to 1 ha, under potatoes and fodder maize — 150, 300, 450, 600, under the red clover and corn — 100, 200, 300, 400 kg.

These experiments have shown, that the irrigation positively influenced the increase of the crops of the examined plants  $Q$  and caused the increase of the total water consumption  $\frac{S}{Q}$  (Fig. 1). The process of the twenty-four hours' water consumption by the cultivated plants to a great extent reflects the water conditions in the soil and enables rational execution of supplementary irrigation. Under experimental conditions the increase of evapo-transpiration from 3 to 4-5 mm per twenty four hours, during the critical periods of the plants' water economy, caused the increase of the crops of 60-70% in relation to control crops (Table 1).