

EWAPOTRANSPIRACJA POTENCJALNA I RZECZYWISTA W OKRESACH KRYTYCZNYCH OWSA I ZIEMNIAKÓW

Stanisław Bac jun.

Katedra Meteorologii i Klimatologii WSR, Wrocław

WSTĘP

W cyklu rozwojowym rośliny wyróżniamy charakterystyczne okresy wzmożonej wrażliwości na działanie czynników siedliska. Szczególnie wyróżnia się okres zmian jakościowych w zakresie gospodarki wodnej. W przypadku zbóż — faza kwitnienia, u ziemniaków okres intensywnego wykształcania się bulw. Występuje wówczas największe zużycie wody przez rośliny. Niedobór, lub brak opadów w tym czasie powoduje obniżenie się zapasów wody w glebie, co szczególnie mocno wpływa na zaburzenie normalnego przebiegu procesów życiowych i w konsekwencji obniżkę plonów. Ocena potrzeb wodnych w okresach krytycznych stanowi więc podstawę dla najbardziej efektywnych zabiegów w zakresie nawodnień.

Projektowanie urządzeń melioracyjnych musi zapewnić dostateczne zaspokojenie potrzeb wodnych w warunkach niedoboru opadów, z szczególnie dużym „zapasem bezpieczeństwa” dla okresów krytycznych. W dotychczasowej praktyce ustala się normatywy na podstawie określonych wskaźników, na przykład wilgotności gleby, lub zapasów użytecznej wody w glebie. Są to niewątpliwie najbardziej wartościowe wskaźniki, lecz dla zebrania wiarygodnych i statystycznie uzasadnionych wielkości należy prowadzić częste, długotrwałe i bardzo pracochłonne pomiary. Najczęściej stosowano różnice pomiędzy opadami rzeczywistymi dla konkretnego obiektu i opadami optymalnymi. Kryteria oceny wielkości opadów optymalnych nie są ściśle określone, ani dostatecznie udowodnione. Stanowią jedynie ogólną orientację. Przyjęcie sumarycznej wielkości transpiracji dla celów projektowania nie jest możliwe ze względu na ogromne rozbieżności pomiędzy wynikami badań różnych autorów. Najprostszym sposobem byłoby określenie wielkości ewapotranspiracji potencjalnej i sum opadów dla danego obiektu. Jednakże i w tym zakresie, badania rozpoczęto niezbyt dawno i podobnie jak w przypadku „optymalnych” opadów i transpiracji istnieją różnice zdań co do wielkości ewapotranspiracji potencjalnej.

METODYKA I MATERIAŁY

Jeżeli wartość ewapotranspiracji potencjalnej odpowiada sumie strat wody do atmosfery z ładu roślin, rosnących na glebie o optymalnych stosunkach wodnych, to jej stosunek do rzeczywistego przychodu wody w formie opadów i osadów, przy uwzględnieniu początkowych zapasów wody glebowej, byłby wartościowym i obiektywnym wskaźnikiem. Oczywiście przy zapewnieniu stałych warunków optymalnej wilgotności, dzięki sprawnie działającym i prawidłowo zaprojektowanym urządzeniom melioracyjnym.

Obliczono wielkości parowania potencjalnego, ewapotranspiracji potencjalnej i parowania terenowego według wzorów empirycznych różnych autorów dla stacji Wrocław—Swojec [3]. Wyniki pomiarów za pomocą ewaporometru Wilda pod daszkiem nie odbiegały w sposób istotny od większości obliczonych wartości. W tabeli 1 podkreślono

Tabela 1

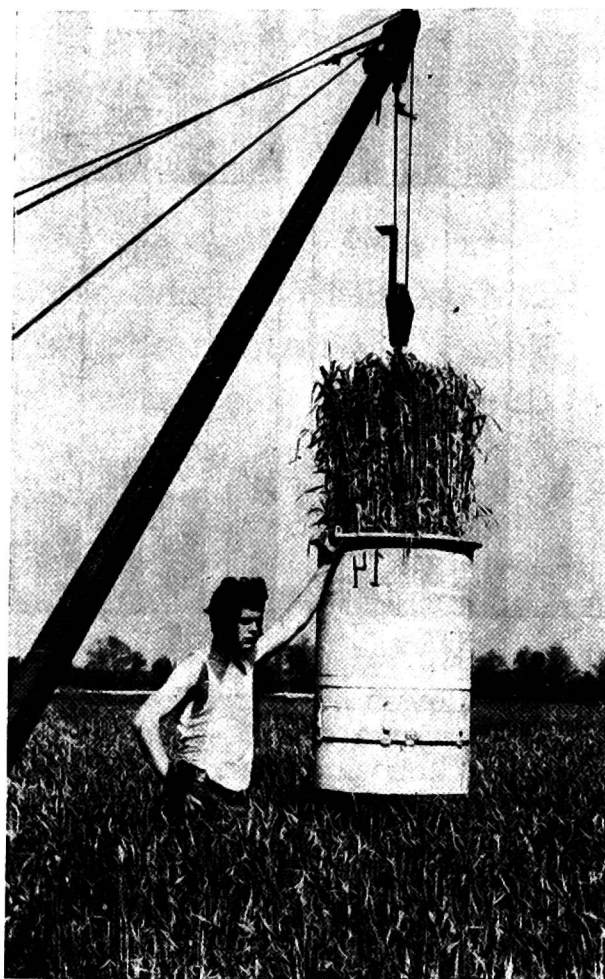
Wielkości parowania potencjalnego lub terenowego obliczone i zmierzone za pomocą ewaporometru Wilda pod przewiewnym daszkiem

Rok	Miesiąc	Sumy miesięczne parowania — według:				Pomiar	Odchylenie
		Penmana	Turc'a	Matula	Konstantinowa		
1964	VI	74,1	108,3	112,1	106,1	89,9	15,8
	VII	98,9	112,1	114,3	87,0	109,9	2,2
	VIII	62,0	77,0	84,5	53,2	75,4	1,6
1965	VI	94,5	94,0	102,5	95,0	85,7	8,3
	VII	79,0	76,2	95,8	85,7	76,6	0,4
	VIII	75,0	86,9	88,7	54,7	95,8	7,1
1966	VI	109,2	97,8	87,3	87,0	90,0	2,7
	VII	78,1	83,7	98,3	90,8	68,7	9,4
	VIII	79,0	81,7	93,8	72,8	65,2	7,6
1967	VI	93,3	100,4	109,8	94,9	88,4	4,9
	VII	94,9	101,5	113,2	92,0	87,4	4,6
	VIII	83,1	82,4	93,2	68,8	72,8	4,8
1968	VI	93,6	104,2	103,2	99,2	93,8	0,2
	VII	94,9	95,9	106,1	85,9	95,3	0,6
	VIII	82,8	92,0	100,5	63,9	82,7	0,1

wartości obliczone, które najmniej odbiegały od zmierzonych. Największe różnice zanotowano w czerwcu 1964—15,8 mm. W pozostałych latach i miesiącach odchylenia są znacznie mniejsze. Każdy z autorów wzorów pozwalających na obliczenie parowania, operuje szeregiem argumentów z zakresu teorii i praktyki. Jednak przedstawione w tabeli 1 wielkości są wynikiem operacji rachunkowych, wykonanych na podstawie średnich wartości elementów meteorologicznych. Sumy parowa-

nia potencjalnego, zmierzone za pomocą jednego, prostego i łatwego w obsłudze przyrządu, stanowią niemniej wartościową wielkość odniesienia.

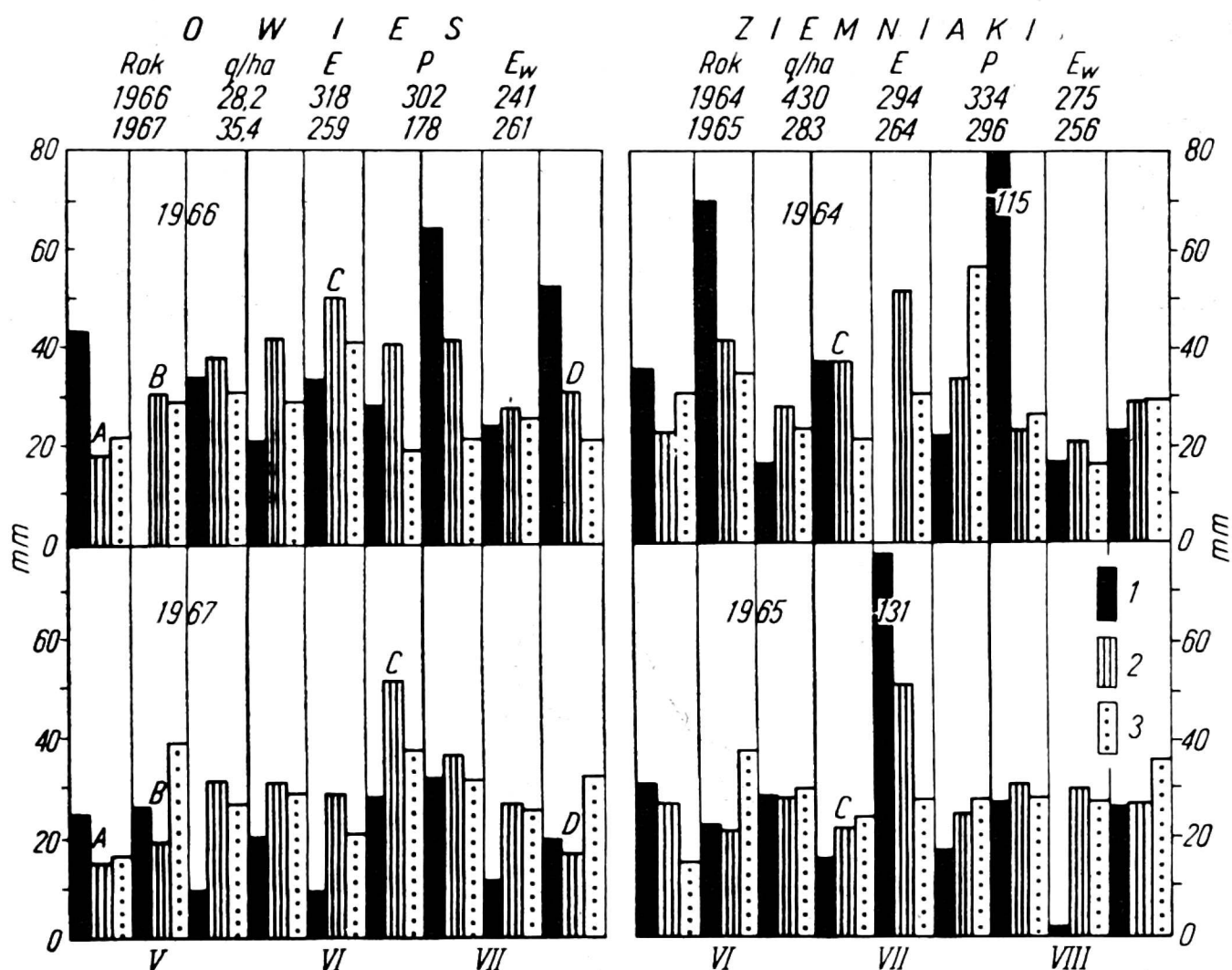
Pomiary parowania rzeczywistego w warunkach terenowych są nadzwyczaj trudne. Wyniki uzyskane za pomocą dużych ewaporometrów [1, 2, 3, 4] są niewątpliwie interesującym materiałem porównawczym ze względu na stałe warunki metody i techniki przeprowadzania pomiarów. Obserwacje były dokonywane w latach 1963—1968 za pomocą dużych ewaporometrów IGW o powierzchni 3000 cm² i głębokościach 80 cm, napełnianych monolitami glebowymi na polach płodozmianu. Stanowiska pomiarowe znajdowały się w łanach roślin (rys. 1).



Rys. 1. Ewaporometr IGW-3000 podczas przenoszenia na wagę

Dołożono dużych starań, aby rośliny, otaczające ewaporometr ulegały możliwie niewielkim uszkodzeniom podczas pomiarów. Zebrane materiały dowodzą o wyraźnej tendencji występowania maksymalnych wielkości parowania w pewnych dekadach. Ze względów redakcyjnych wybrano jedynie dwie rośliny, oraz po dwa kolejne okresy wegetacyjne lat, w których wystąpiły duże wahania plonów. Doświadczenie prowadzono na glebie lekkiej. Nawożenie owsa: P₂O₅ — 27 kg/ha, K₂O — 60 kg/ha, N — 30 kg/ha. Nawożenie ziemniaków: obornik — 250 q/ha, P₂O₅ — 36 kg/ha, K₂O — 80 kg/ha, N — 30 kg/ha. Badania były prowadzone wspólnie z Katedrą Ogólnej Uprawy Roślin i Instytutem Gospodarki Wodnej.

Rysunek 2 przedstawia w postaci słupków dekadowe sumy opadów atmosferycznych, parowania terenowego zmierzonego za pomocą ewaporometrów na poletkach w Obserwatorium, oraz parowania potencjal-



Rys. 2. Plony i parowanie owsa i ziemniaków w dwu kolejnych latach. Oznaczenia: E — parowanie terenowe (2), P — opady (1), E_w — parowanie potencjalne według ewaporometru Wilda pod daszkiem (3), w mm. Fazy fenologiczne: A — krzewienie, B — strzelanie w źdźbło, C — kłoszenie, kwitnienie, D — sprzęt

nego według ewaporometru Wilda pod daszkiem. Podano plony w q/ha, oraz sumy parowania terenowego, opadów i parowania potencjalnego — dla owsa w okresie V — VII, dla ziemniaków VI — VIII.

WYNIKI BADAŃ

Najwyższe wartości parowania terenowego owsa odmiany Udycz Żółty zanotowano w fazie kłoszenia („C” rys. 2). W r. 1966 średnia dobowo suma parowania łąno owsa w drugiej dekadzie czerwca wynosiła 5,0 mm, zaś w trzeciej dekadzie czerwca 1967 r. — 5,2 mm. W obu przypadkach parowanie terenowe było znacznie wyższe od potencjalnego. Według danych z okresu 1965—1968 parowanie łąno owsa w fazie kłoszenia odpowiadało 138 do 225% sumy parowania potencjalnego. Podczas dekady poprzedzającej kłoszenie i w następnej po kłoszeniu parowanie terenowe owsa było z reguły znacznie niższe.

W roku niższego plonu (o 7,2 q/ha) opady okresu V — VII były wyższe od normy o 102 mm, zaś parowanie terenowe wyższe o 59 mm w porównaniu z rokiem następnym. Wystąpił silny niedobór opadów podczas fazy strzelania w źdźbło. Natomiast wysokie opady lipca (141,8 mm) nie miały prawdopodobnie istotnego wpływu na wysokość plonów. W następnym roku opady okresu V — VII były niższe o 18 mm od normy. W fazie krzewienia przewyższyły parowanie terenowe. Sumy dekadowe opadów były w opisywanym okresie niższe od parowania terenowego, za wyjątkiem pierwszej i drugiej dekady maja, jednakże ich rozkład był dość równomierny. W obu latach sumy parowania potencjalnego różniły się tylko o 20 mm. Maksymalne plony wystąpiły w warunkach ujemnego atmosferycznego bilansu wodnego [4,5]. Należy nadmienić, że wszelkie przedstawione w tej pracy wyniki dotyczą obiektów o stałych dawkach nawożenia, rośliny nie były nawadniane i uprawiano je w stałym, czteropolowym płodozmianie na tym samym obszarze.

Szczególnie wyraźnie wystąpiła faza krytyczna potrzeb wodnych w przypadku ziemniaków odmiany Flisak. Maksymalne wartości parowania łanu ziemniaków obserwowano z reguły w dekadzie następną po dekadzie, w której rozpoczęło się kwitnienie. Tworzenie się bulw występuje zwykle przed rozwinięciem się kwiatów, ale najsilniejsze przyrosty mają miejsce zazwyczaj podczas pełni kwitnienia. W r. 1964 średnia dobową sumą parowania drugiej dekady lipca wynosiła 5,4 mm, zaś w 1965 r. 3,7 mm. Według danych z okresu lat 1963—1968 parowanie łanu ziemniaków w fazie krytycznej odpowiadało wielkości od 147 do 262% wartości parowania potencjalnego. Suma opadów okresu VI—VIII była w r. 1964 wyższa od normy o 124 mm, zaś w roku następnym wyższa o 86 mm. Parowanie terenowe łanu ziemniaków w roku większych zbiorów (o 147 q/ha) było wyższe tylko o 30 mm, zaś parowanie potencjalne tylko o 19 mm (rys. 2).

Wartości promieniowania całkowitego, opady, temperaturę gleby w łanie ziemniaków i poletka wzorcowego (bez roślin), oraz wartości parowania potencjalnego według ewaporometru Wilda pod żaluzjowym daszkiem, parowania terenowego zmierzonego za pomocą ewaporometrów IGW 3000, polowego zużycia wody według metody bilansu wodnego gleby i wyniki (dla r. 1965) uzyskane za pomocą bilansu cieplnego powierzchni zestawiono w tabeli 2. Wielkości parowania łanu ziemniaków, uzyskane za pomocą różnych metod, wykazują zgodnie występowanie maksymalnych wartości w tej samej dekadzie, zaś dla dekady poprzedniej i następnej sumy parowania są niższe. Temperatury gleby wykazują dużą zależność od promieniowania i temperatury. Przytoczone wyniki pomiarów dowodzą, że w dekadzie o najwyższym parowaniu terenowym ogrzewanie się gleby jest znacznie niższe na polu ziemniaków w porównaniu z poletkiem bez roślin, tak samo w przypadku średnich dobo-

Tabela 2

Wartości dekadowe i miesięczne

Rok	Miesiąc	Dekada	T	P	E _w	P-E _w	E _c	E _E	E _R	A	B	B-A			Średnio
												07	13	21	
1964	VI	III	3952	16,5	24,0	-7,5	—	28,8	36,6	21,3	21,8	-0,1	+1,1	+0,6	+0,5
	VII	I	4189	37,4	22,6	+14,8	—	37,8	36,1	17,8	17,9	-0,2	-0,2	+0,2	+0,1
		II	5510	0,2	33,4	-33,2	—	53,6	49,9	25,2	21,6	-2,2	-5,4	-3,3	-3,6
		III	5347	20,4	57,0	-36,6	—	34,6	22,6	20,8	18,3	-1,5	-4,2	-2,1	-2,5
		m	15046	58,0	113,0	-55,0	—	126,0	108,6	21,3	19,3	-1,3	-3,1	-1,7	-2,0
1965	VII	I	3098	14,0	24,2	-10,2	18,6	22,1	17,3	16,2	16,9	+0,4	+0,6	+1,1	+0,7
		II	5316	130,9	27,5	+103,4	34,6	51,2	87,4	19,9	20,4	+0,1	+0,6	+0,5	+0,5
		III	3353	17,0	27,1	-10,1	21,2	26,3	30,1	17,0	18,1	+0,6	+1,2	+2,3	+1,1
		m	11767	161,9	78,8	+83,1	74,4	99,6	134,8	17,7	18,5	+0,4	+0,8	+1,3	+0,8
VII.65 — VII.64			-3279	+103,9	-34,2	138,1	—	-26,4	+16,2	-3,6	-0,8	+1,7	+2,1	+3,0	+2,8

T — promieniowanie całkowite, P — opady, E_w — parowanie potencjalne wg ewaporometru Wilda,

E_c — parowanie pola ziemniaków zmierzone za pomocą bilansu cieplnego, E_E — za pomocą ewaporometrów,

E_R — metodą bilansu wodnego gleby, A — temperatura gleby na głębokości 5 cm — poletko wzorcowe bez roślin, B — temperatura gleby na głębokości 5 cm — pola ziemniaków. Wrocław — Swojec

wych, jak i terminowych pomiarów. W lipcu 1964 r. opady były niższe w porównaniu z lipcem 1965 r. o 103,9 mm, zaś promieniowanie było wyższe aż o 3279 kalorii. Pomimo to wspomniana prawidłowość, dotycząca temperatur gleby w okresie krytycznym jest wyraźna. Większa wilgotność gleby i związana z nią większa wilgotność powietrza pomiędzy roślinami poważnie zmniejszają wypromieniowanie efektywne energii cieplnej podłoża, oraz zmieniają niewątpliwie wielkość i przebieg transpiracji, a zwłaszcza jej efektywność. Jeżeli przyjmiemy w przypadku ziemniaków cały miesiąc, jako okres krytyczny, to najwyższe plony były uzyskane przy opadach znacznie niższych od normy, bardzo dużych wartościach promieniowania i wysokiej temperaturze gleby.

WNIOSKI

1. Metody bezpośrednie i pośrednie, służące do określenia wielkości parowania terenowego łąnów owsa i ziemniaków, udowodniły występowanie maksymalnych wielkości w pewnych dekadach. Terminy są z reguły zgodne z pełnią fazy kłoszenia (owies), lub kwitnienia (ziemniaki). Według pomiarów ewaporometrycznych łąn owsa wyparowuje wówczas średnio około 5 mm na dobę (maksymalnie 5,86 mm), zaś ziemniaki średnio około 4 mm na dobę (maksymalnie 5,36 mm).

2. Sumy parowania w dekadzie poprzedzającej okres krytyczny i w następnej po okresie krytycznym są znacznie niższe.

3. Parowanie łąnów owsa i ziemniaków jest w okresie krytycznym wyższe od potencjalnego od około 40 do około 150%. Wielkość parowania nie była zależna od wysokości opadów w tym okresie, nawet przy opadzie 0,2 mm za drugą dekadę lipca 1964.

4. Na szczególną uwagę zasługuje rozkład opadów w czasie i ich stosunek do parowania potencjalnego, a nie ich bezwzględne wartości dla dłuższych okresów czasu.

5. Wzmoczona ewapotranspiracja w okresie krytycznym wyraźnie wpływa na obniżenie się temperatury gleby łąn ziemniaków.

6. Istotne znaczenie dla plonowania ziemniaków ma temperatura gleby i promieniowanie słoneczne.

7. Dla całościowej i dokładnej oceny wpływu zabiegów agrotechnicznych, doboru odmian, wielkości nawożenia, dawek i terminów nawodnień, jest konieczna szczegółowa analiza przebiegu pogody na podstawie krótkich okresów czasu (dekada, pentada), zwłaszcza w krytycznych fazach rozwojowych.

STRESZCZENIE

Obliczone wielkości ewapotranspiracji potencjalnej są podobne do zmierzonych za pomocą ewaporometru Wilda pod daszkiem żaluzjowym.

Dekadowe sumy parowania terenowego były mierzone za pomocą ewaporometrów IGW 3000, metody bilansu cieplnego powierzchni, oraz metody bilansu wodnego gleby. Największe wartości parowania łąn owsa stwierdzono w okresie kłoszenia (138 — 225% parowania potencjalnego), zaś ziemniaków podczas kwitnienia (147 — 262%). Nie stwierdzono zależności pomiędzy sumą opadów i parowaniem w okresach krytycznych. Na polu ziemniaków zaobserwowano wyraźną obniżkę temperatury gleby w porównaniu z powierzchnią bez roślin. Porównanie plonów ziemniaków w 1964 r. (430 q/ha) z plonem następnego roku, niższym o 147 q/ha, pozwala wnioskować o braku zależności pomiędzy wielkością parowania terenowego a produktywnością transpiracji. Istotne znaczenie dla wysokich plonów miał rozkład opadów i energia słoneczna.

LITERATURA

1. Bac S. jun., Wiss. Ztschr. d. Univ Leipzig, 4 (1964).
2. Bac S. jun., Zesz. nauk. WSR Wroc., 61 (1965).
3. Bac S. jun., Zesz. nauk. WSR Wroc., 85 (1968).
4. Bac S. jun., Zesz. probl. Post. Nauk rol., 88 (1968).
5. Bac S. jun., Trybała M., Zesz. probl. Post. Nauk rol., 88 (1968).

С. БАЦ юн.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНАЯ ЭВАПОТРАНСПИРАЦИЯ В КРИТИЧЕСКИХ ПЕРИОДАХ ОВСА И КАРТОФЕЛИ

Резюме

Величины испаряемости исчисленные по эмпирическим формулам очень похожи на измеренные испарителем Уайлда под продуваемым навесом. Декадные суммы испарения получено по испарителям ИГВ-3000, методом водного баланса почвы и теплового баланса. Максимальные суммы испарения овса появились в стадии колошения (138–225% испаряемости), картофеля в стадии цветения (147–262%). Не наблюдается связи количества осадков с суммарным испарением в критических периодах. В то время почва поля картофеля нагревалась хуже, чем оголенная почва. Урожай картофеля года 1964 (430 ц/га) в сравнении с урожаем следующего года (меньше 147 ц/га) ведет к выводу об отсутствии зависимости суммарного испарения от продуктивности и транспирации. На большой урожай картофеля серьезно влияет правильное распределение осадков и солнечное сияние.

EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ET RÉELLE AUX PÉRIODES CRITIQUES POUR AVOINE ET POMMES DE TERRE

Résumé

Les grandeurs calculées de l'évapotranspiration potentielle ressemblent à celles qui ont été mesurées à l'aide de l'évaporomètre Wild sous l'auvent de jalousie. La somme de l'évaporation du terrain était mesurée en espace de dix jours

à l'aide des évaporomètres IGW 3000, au moyen de la méthode du bilan thermique de la surface ainsi que du bilan hydrique du sol. On a constaté les valeurs d'évaporation maxima sur le champ d'avoine dans la période d'épiage (138—225%) d'évaporation potentielle et pour les pommes de terre en plein épanouissement des fleurs (147—226%).

On n'a établi aucune relation entre l'ensemble des précipitations atmosphériques et l'évaporation en périodes critiques. Sur le champ de pommes de terre on a observé un abaissement distinct de la température du sol en comparaison avec la surface sans cultures.

La comparaison du rendement des pommes de terre en l'an 1964 (130 q/ha) avec celui de l'an suivant qui était inférieur de 147 q/ha permet de tirer la conclusion qu'il manque une relation entre la grandeur de l'évaporation du terrain et la productivité de la transpiration. La distribution des précipitations atmosphériques et l'énergie solaire étaient d'une importance essentielle pour le haut rendement.

POTENTIELLE UND WIRKLICHE EVAPOTRANSPIRATION DER KRITISCHEN PERIODEN BEI HAFER UND KARTOFFELN

Zusammenfassung

Die Werte der potentiellen Evapotranspiration, die nach den empirischen Formeln berechnet sind, zeigen kleine Unterschiede im Vergleich mit Messungen, welche nach Wildschem Evaporimeter unter dem luftigen Schutzdach erhalten wurden. Die Verdunstung des Hafer- und Kartoffelfeldes wird mit Bodenevaporimetern IGW-3000 mit der Methode des Wasserbilanz des Bodens und Wärmebilanz bestimmt.

Maximale Werte von Hafer waren in der Ährenzeit (138—225% der potenziellen Verdunstung), von Kartoffeln in der Vollblütezeit (147—262%) beobachtet. Der Einfluss von Niederschlagssummen auf die Grösse der Evapotranspiration zeigte keine Korrelation. Man beobachtet kleinere Erwärmung des Bodens unter den Kartoffelpflanzen in kritischen Perioden im Vergleich mit Bodentemperatur des pflanzlosen Feldes. Die Erträge von Kartoffeln im Jahre 1964 (430 dz/ha) und im nächsten Jahr (147 dz/ha weniger) weisen auf den kleinen Zusammenhang zwischen der Geländeverdunstung und Produktivität der Transpiration. Für die Ertragshöhe der Kartoffeln sind sehr nötig: regelmässige Niederschläge und grosse Sonnenenergiesummen (Globalstrahlung).