

METODY OKREŚLANIA EWAPOTRANSPIRACJI RZECZYWISTEJ I POTENCJALNEJ W WARUNKACH POLOWYCH

METHODEN ZUR BESTIMMUNG DER WIRKLICHEN UND POTENTIELLEN
EVAPOTRANSPIRATION IN FELDBEDINGUNGEN

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ И ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ
ЭВАПОТРАНСПИРАЦИИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

STANISŁAW BAC *Jun.*

Katedra Meteorologii i Klimatologii WSR we Wrocławiu

Kierownik: prof. dr Adam Schmuck

Rolnictwo użytkuje ponad 64% powierzchni kraju. Z tego powodu określenie bilansów wodnych ma szczególne znaczenie. „Nie można wyodrębnić tych obszarów z punktu widzenia gospodarki wodnej, lub oddzielnie traktować w planowanej gospodarce. Wielkość produkcji roślinnej zależy od ilości wody, skierowanej do obiegu” (Świętochowski). Bilansów wodnych nie można wyznaczyć bez zadowalająco dokładnych informacji o wielkości parowania. Określenie ilościowe tego elementu jest jednak bardzo trudne. „Parowanie terenowe zależy nie tylko od warunków klimatycznych, glebowych i rodzaju roślinności, lecz także w poważnym stopniu od zabiegów melioracyjnych i agrotechnicznych” (Ostromięcki). Wielkość parowania ma istotne znaczenie dla prawidłowej oceny terenu z punktu widzenia rejonizacji. „Optymalne warunki tworzenia masy organicznej istnieją w warunkach właściwego podziału pochłoniętej przez powierzchnię energii słonecznej, na parowanie oraz wymianę ciepłą z glebą i atmosferą” (Matul).

Regulacja stosunków wodnych jest nierozdzielnie związana z koniecznością oceny wielkości parowania. W literaturze spotykamy setki wzorów do obliczeń parowania z wolnej powierzchni wodnej, ewapotranspiracji potencjalnej i rzeczywistej (parowanie terenowe). Wyniki obliczeń według różnych wzorów, przeprowadzonych na podstawie tych samych

danych meteorologicznych danej stacji, różnią się często o kilkaset procent.

Wielkość parowania z wolnej powierzchni wodnej stanowi bardzo ważny wskaźnik, gdyż określa straty z powierzchni zawsze wilgotnej. W literaturze spotykamy różne definicje parowania potencjalnego: „Zdolność ewaporacyjna powietrza, czyli zdolność do chłonięcia pary wodnej” (Szymkiewicz).

„Ilość pary wodnej, którą może pochłonać otaczająca nas masa atmosferyczna w danych warunkach lokalnych” (Schmuck).

„Maksymalnie możliwe w danych warunkach meteorologicznych parowanie z powierzchni o nieograniczonych zapasach wody” (Budyko).

„Parowanie z małych zbiorników wodnych i jezior” (Iwanow).

Wielu autorów utożsamia pojęcia parowania potencjalnego i parowania z wolnej powierzchni wodnej.

Maksymalne parowanie z powierzchni łąnu może być wyższe od parowania wolnej powierzchni wodnej (1, 5, 11, 14, 19, 21, 29). Zjawisko ewapotranspiracji potencjalnej obejmuje kilka definicji:

„Parowanie z powierzchni roślin w pełni rozwoju, szczelnie okrywających glebę, w warunkach nieograniczonych zasobów wodnych” (Penman).

„Straty wody z powierzchni pól do atmosfery w przypadku maksymalnego uwilgotnienia gleby” (Budyko).

„Maksymalnie możliwe parowanie upraw rolniczych o zwartej pokrywie roślinnej i optymalnej wilgotności gleby, która występuje w warunkach zapewnienia stałego dopływu wody do warstwy korzeniowej i prawidłowej aeracji” (12, 13, 14, 27 i inn.).

Pomiar ewapotranspiracji potencjalnej jest bardzo trudny. Możemy w zasadzie zapewnić nieprzerwane uzupełnienie strat wody za pomocą stałego utrzymywania poziomu sztucznej wody gruntowej na niewielkiej głębokości. Wiele doświadczeń wykazało istnienie w takich przypadkach bardzo wysokich wartości parowania z powierzchni łąnu lub łąki. Jednak nie obserwowano zazwyczaj istotnego wzrostu suchej masy plonu. Doświadczenia, przeprowadzone w Stacji Wrocław-Swojec (5), udowodniły fakt istnienia bardzo dużej sumy parowania w okresie od maja do października z powierzchni łąki w lizymetrach o stale uzupełnianym poziomie wody gruntowej na głębokości 60 cm, która wynosiła 729 mm. Natomiast suma parowania tego samego okresu i z takiej samej powierzchni, zmierzona za pomocą ewaporometrów bez podsiąku, odpowiadała wartości 385 mm.

Poza trudnościami technicznymi, utrzymanie określonej wilgotności gleby wymaga przyjęcia orientacyjnych wielkości. Nie posiadamy danych, które określałyby jednoznacznie optymalną wilgotność dla danej

rośliny w poszczególnych fazach rozwoju i różnych warunkach glebowych oraz nawożenia. Utrzymanie przyjętej w drodze dedukcji wilgotności powierzchniowej warstwy gleby wymaga deszczowania, lub nawodnień zalewowych. W doświadczeniach ścisłych powoduje to dodatkowe trudności techniczne i pomiarowe oraz zazwyczaj zmienia warunki otoczenia wazonu. Rośliny rosnące w ewaporometrach o regulowanych stosunkach wodnych są z reguły wyższe od otaczających (1). Powstaje wówczas tak zwany „efekt oazy”. Doświadczenia prowadzone na polach nawadnianych nie zapewniły dotychczas odpowiednich materiałów, które umożliwiłyby określenie wielkości ewapotranspiracji z zadowalającą dokładnością.

W praktyce są stosowane wzory, pozwalające obliczyć wartości liczbowe ewapotranspiracji potencjalnej. Podstawą wzorów Penmana, Romanowa i Matula jest bilans cieplny parującej powierzchni, Turc'a — zależność parowania od promieniowania słonecznego i temperatury, Konstantinowa — wymiana pary wodnej pomiędzy powierzchnią i atmosferą na drodze dyfuzji turbulencyjnej. W większości przypadków obliczenia wymagają znacznej ilości obserwacji podstawowych, które są wykorzystywane w postaci średnich oraz licznych działań rachunkowych jak na przykład wzór Penmana:

$$E = i \frac{B \left\{ \left[0,75 I_0 \left(0,18 + 0,55 \frac{s}{s_0} \right) \right] - \left[\sigma t^4 \left(0,58 - 0,09 \sqrt{e} \right) \left(0,10 + 0,90 \frac{s}{s_0} \right) \right] \right\} + \frac{\left[0,35 \left(1 + \frac{0,65 V}{100} d \right) \right]}{B + 1}}{B + 1}$$

E = ewapotranspiracja potencjalna,

B = współczynnik empiryczny,

I_0 = natężenie promieniowania słonecznego na górnej granicy atmosfery,

s = liczba godzin słonecznych,

σ = stała Stefana — Boltzmana,

i = liczba dni okresu,

s_0 = długość dnia w godzinach,

t = temperatura powietrza,

e = prężność pary wodnej,

d = niedosyt wilgotności,

V = droga przebyta przez wiatr

oraz wzór Turc'a:

$$E = 0,13 \frac{t}{t + 15} \left[I_0 \left(0,18 + 0,62 \frac{s}{s_0} \right) + 50 \right]$$

Wyniki obliczeń w większości przypadków były bardzo podobne do wielkości zmierzonych na Stacji w Swojcu za pomocą ewaporometru Wilda, którego powierzchnia parująca znajdowała się na wysokości 50 cm nad ziemią. W tabeli 1 przedstawiono wartości różnic pomiędzy półrocznymi sumami ewapotranspiracji potencjalnej i parowania terenowego, obliczonymi za pomocą niektórych wzorów w porównaniu z wynikami obserwacji, prowadzonych za pomocą ewaporometru Wilda. Na przykład w przypadku wzoru Penmana i Konstantinowa różnice wynosiły ok. 3% dla średniej z pięciu lat, Turc'a 7%, Matula 12%. Zestawione w tabeli 1

Tabela 1

Różnice pomiędzy sumami parowania za okres V—X według pomiarów ewaporometrem Wilda pod daszkiem i obliczone według niektórych wzorów empirycznych

Autor	Definicja	Jednostki	1963	1964	1965	1966	1967	Srednie
Konstantinow	terenowe	mm	+ 17,3	— 83,2	+ 4,3	+ 9,6	— 10,7	— 12,5
		%	4,6	17,2	1,1	2,4	2,3	2,9
Perman	potencjalne	mm	— 13,5	— 92,0	— 19,3	+ 51,3	+ 15,8	— 11,5
		%	3,6	18,9	4,9	12,7	3,9	2,7
Turc	potencjalne	mm	+ 116,3	— 0,9	+ 9,2	+ 24,6	+ 2,0	+ 30,2
		%	33,2	0,2	2,3	6,1	0,4	7,1
Matul	potencjalne	mm	+ 103,4	+ 12,5	+ 42,3	+ 39,4	—	+ 49,5
		%	26,5	2,6	10,7	9,7	+	11,8
Konstantinow	potencjalne	mm	+ 360,9	+ 306,6	+ 311,2	+ 365,5	+ 339,4	+ 336,7
		%	95,8	64,3	78,9	90,6	74,6	84,1
Matul	możliwe	mm	+ 212,0	+ 121,4	+ 138,1	+ 133,9	—	+ 151,3
		%	55,0	26,1	34,6	32,8	—	36,2

wartości są wynikiem sumowania wielkości obliczanych dla poszczególnych miesięcy. W poszczególnych przypadkach wzajemne odchylenia są znaczne i nie wykazują istnienia prawidłowości.

Tabela 2 przedstawia dekadowe i miesięczne sumy ewapotranspiracji żyta, lub owsa i ziemniaków, zmierzone za pomocą ewaporometrów o powierzchni 3000 cm² i głębokości 80 cm (I. G. W. 3000) oraz za pomocą ewaporometru Wilda pod daszkiem i obliczone według kilku wzorów empirycznych. W niektórych dekadach parowanie zmierzone za pomocą ewaporometrów glebowych było większe od najwyższych wartości obliczonych. Właściwości biologiczne roślin mają w pewnych okresach duży wpływ na wielkość transpiracji. Rośliny w okresach krytycznych mają niewątpliwie możliwości regulowania transpiracji. Może występować w takich przypadkach przychód energii metabolicznej transponowanej z oddychania, zmniejszenie strat na wypromieniowanie efektywne wskutek obniżenia temperatury powierzchni itp. Zdaniem niektórych autorów

Tabela 2

Sumy parowania mierzone za pomocą ewaporometrów glebowych, ewaporometru Wilda pod daszkiem i obliczone według wzorów empirycznych. Wrocław-Swojec 1964—1967

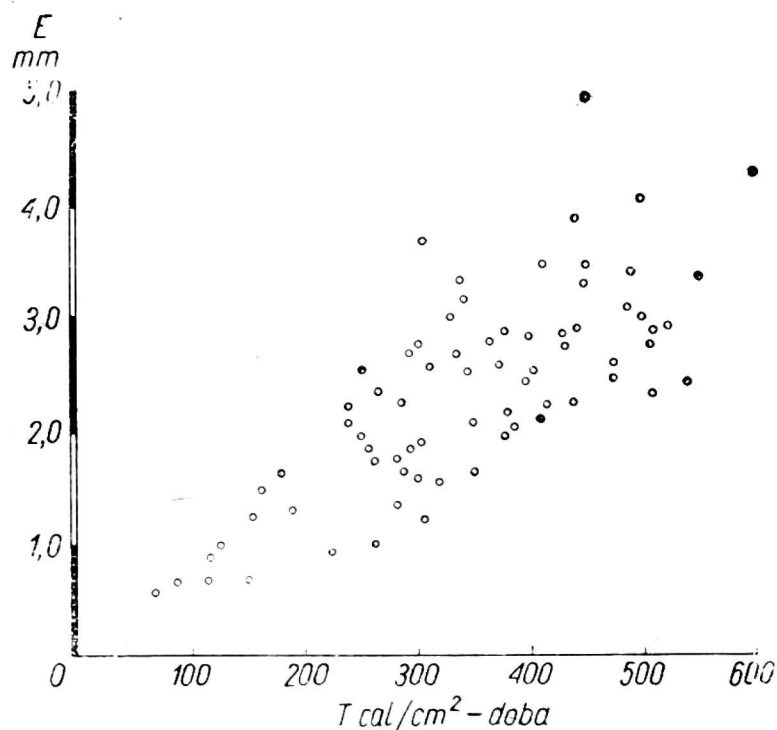
Lata	Parowanie	V						VI			VII		
		1		2		3		1	2	3	1	2	3
		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1964	Ewaporometr glebowy — żyto	29,9	44,3	47,9	125,1	29,6	29,5	10,0	69,1	16,4	20,2	12,7	49,3
	Ewaporometr glebowy — ziemniaki	17,8	28,8	5,1	51,7	23,0	42,0	28,8	93,8	37,8	53,6	34,6	126,0
	Ewaporometr Wilda	28,3	24,8	47,1	100,2	31,3	34,6	24,0	89,9	22,6	33,4	57,0	113,0
	Opady	19,1	8,3	2,3	29,7	35,5	70,0	16,5	122,0	37,4	0,2	20,4	58,0
	Konstantinow — terenowe	28,0	18,0	24,2	70,2	38,0	37,1	31,0	106,1	23,0	31,0	33,0	87,0
1965	Konstantinow — potencjalne	45,0	52,0	72,6	169,7	60,0	62,0	54,0	176,0	51,0	54,0	53,9	158,9
	Turc — potencjalne	29,4	31,4	42,1	102,9	37,7	38,3	27,2	103,2	28,1	42,0	44,5	114,6
	Matul — potencjalne	34,5	38,5	49,3	122,3	45,5	53,6	35,9	135,0	33,8	49,9	53,8	142,5
	Ewaporometr glebowy — owies	22,5	18,8	25,1	66,4	30,9	58,6	56,3	145,8	30,1	36,5	25,4	92,0
	Ewaporometr glebowy — ziemniaki	—	—	25,7	—	27,1	22,0	27,2	76,3	22,1	51,2	26,3	99,6
1966	Ewaporometr Wilda	23,4	15,4	17,8	56,6	16,6	38,7	28,0	83,3	24,2	27,5	27,1	78,8
	Opady	41,8	28,2	61,6	131,6	30,0	22,9	27,6	80,5	14,0	130,9	17,0	161,9
	Konstantinow — terenowe	24,0	30,0	33,0	87,0	34,0	31,0	30,0	95,0	24,0	32,0	29,7	85,7
	Konstantinow — potencjalne	45,0	46,0	47,3	138,3	51,0	54,0	60,0	165,0	48,0	44,0	46,2	138,2
	Turc — potencjalne	20,4	22,2	21,0	63,6	23,9	27,4	38,9	90,2	19,7	44,6	25,4	89,7
1967	Matul — potencjalne	29,6	30,5	29,8	89,9	36,0	39,9	47,3	123,2	29,4	56,6	32,6	118,6
	Ewaporometr glebowy — owies	17,9	30,9	38,5	87,3	43,2	50,1	40,0	133,3	40,6	27,1	30,1	97,8
	Ewaporometr glebowy — ziemniaki	15,0	17,7	27,4	60,1	13,3	17,7	33,1	64,1	37,6	40,2	50,1	127,9
	Ewaporometr Wilda	21,8	28,8	31,3	81,9	30,1	40,8	19,1	90,0	22,0	25,6	21,1	68,7
	Opady	43,2	0,5	33,8	77,5	20,9	34,0	27,7	82,6	64,5	24,4	52,9	141,8
1968	Konstantinow — terenowe	26,0	31,0	24,2	81,2	34,0	27,0	26,0	87,0	30,0	30,0	28,0	88,0
	Konstantinow — potencjalne	51,0	54,0	62,7	167,7	55,0	68,0	60,0	183,0	46,0	46,0	41,9	133,9
	Turc — potencjalne	24,3	34,2	29,3	88,3	38,3	38,6	26,4	103,3	32,5	29,7	30,1	92,3
	Matul — potencjalne	30,7	40,8	35,6	107,1	42,7	44,5	31,0	118,2	38,9	36,6	37,2	112,7
	Ewaporometr glebowy — owies	15,2	19,5	30,7	65,4	32,3	29,5	51,7	113,5	35,6	26,7	16,5	78,8
1969	Ewaporometr glebowy — ziemniaki	10,4	16,2	20,3	46,9	19,4	17,2	27,6	64,2	29,0	39,7	41,8	110,5
	Ewaporometr Wilda	17,4	40,4	27,3	85,1	28,9	21,4	38,1	88,4	27,6	26,9	32,9	87,4
	Opady	24,9	26,0	9,3	60,2	19,5	8,8	27,7	56,0	31,9	11,2	18,6	61,7
	Konstantinow — terenowe	25,2	28,6	29,0	82,8	34,1	28,8	32,0	94,9	26,0	33,0	33,0	92,0
	Konstantinow — potencjalne	40,5	66,0	53,0	159,5	59,4	42,3	63,0	164,7	55,0	47,0	53,9	155,9
1970	Turc — potencjalne	22,1	30,5	25,2	77,8	26,5	30,2	41,4	98,1	32,1	33,4	33,7	99,2

wielkości parowania, uzyskiwane na podstawie pomiarów ewaporometrycznych są zbyt wysokie, jednakże w przypadku występowania maksymalnych wartości (tab. 2 — wytłuszczone liczby) również wyniki obliczone według wzorów empirycznych powinny wykazywać analogiczny układ.

Autorzy wzorów przyjmują zawsze jakąś wielkość odniesienia w postaci jednego, lub zespołu kilku elementów meteorologicznych, do której na podstawie korelacji dostosowuje się współczynniki empiryczne. Wspomnianą wielkością może być np. niedosyt wilgotności, suma temperatur, kombinacja sum niedosytów i prędkości wiatru, bilans promieniowania, bilans cieplny itp.

(3, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 27, 28). Obliczenia są wykonywane na podstawie średnich wartości elementów meteorologicznych.

Wyniki obserwacji dokonywanych za pomocą ewaporometru Wilda pod daszkiem odzwierciedlają wpływ całego kompleksu czynników meteorologicznych na wielkość parowania, z wyjątkiem promieniowania słonecznego, gdyż żaluzjowy daszek chroni od opadów, lecz również zaciemnia powierzchnię parującą. Pomimo to możemy udowodnić pośredni związek pomiędzy natężeniem promieniowania słonecznego i wielkościami parowania, mierzonego wspomnianym ewaporometrem



Rys. 1. Dobowe sumy parowania w zależności od dobowych sum promieniowania całkowitego, obliczone na podstawie sum dekadowych według pomiarów za pomocą ewaporometru Wilda pod daszkiem i solarygrafu.

Wrocław — Swojec 1963—1966

(rys. 1). Z tego powodu możemy przyjąć wielkości zmierzone za pomocą ewaporometru Wilda pod daszkiem jako pełnowartościowy punkt odniesienia, którego uzyskanie nie wymaga prowadzenia bogato wyposażonej stacji meteorologicznej, ani pracochłonnych obliczeń. Znaczne podobieństwo zmierzonych w ten sposób sum parowania do obliczonych na podstawie wzorów empirycznych sugeruje możliwość ich praktycznego wykorzystania.

Średnie wieloletnie sumy opadów stanowią w wielu pracach orientacyjną wielkość dla określenia potrzeb wodnych i norm nawodnień. W tabeli 3 zestawiono sumy opadów, zmierzonych w poszczególnych miesiącach oraz ich odchylenia od sum wieloletnich w milimetrach i procen-

Tabela 3

Atmosferyczny bilans wodny i jego składowe Wrocław-Swojec 1963—1967

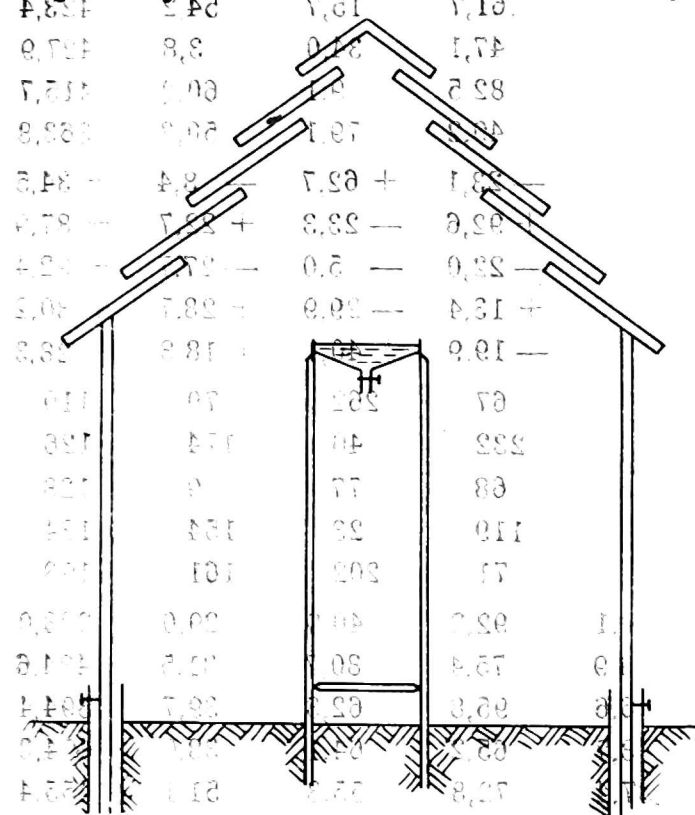
Wyszczególnienie	Lata	V	VI	VII	VIII	IX	X	V-X
Sumy opadów	1963	122,9	64,1	12,2	46,0	101,7	23,1	370,0
w mm	1964	28,7	122,2	117,6	161,7	15,7	54,2	423,4
	1965	116,2	71,4	155,4	47,1	34,0	3,8	427,9
	1966	67,6	74,1	122,2	82,5	9,1	60,2	415,7
	1967	64,2	57,8	63,2	49,2	79,1	50,3	363,8
Odchylenia sum	1963	+ 68,0	+ 5,7	- 70,4	- 23,1	+ 62,7	- 8,4	+ 34,5
opadów od wie-	1964	- 26,2	+ 63,8	- 41,7	+ 92,6	- 23,3	+ 22,7	+ 87,9
loletnich	1965	+ 61,3	+ 13,0	+ 72,8	- 22,0	- 5,0	- 27,7	+ 92,4
	1966	+ 12,7	+ 15,7	+ 39,6	+ 13,4	- 29,9	+ 28,7	+ 80,2
	1967	+ 9,3	- 0,6	- 19,4	- 19,9	+ 40,1	+ 18,8	+ 28,3
Sumy opadów	1963	223	112	15	67	262	70	110
w procentach	1964	52	210	49	232	40	174	126
	1965	210	122	188	68	77	9	128
	1966	123	127	148	119	23	154	124
	1967	117	99	77	71	202	161	103
Sumy parowania	1963	53,7	84,1	88,1	92,2	40,9	29,0	388,0
wg ewaporometru	1964	97,2	89,9	109,9	75,4	80,7	31,5	484,6
Wilda w mm	1965	54,3	65,7	76,6	95,8	62,3	39,7	394,4
	1966	78,3	90,0	68,7	65,2	64,1	38,0	404,3
	1967	90,4	88,4	87,4	72,8	55,3	51,1	455,4
Atmosferyczny	1963	+ 69,2	- 20,0	- 75,9	- 46,2	+ 60,8	- 5,9	+ 18,0
bilans wodny	1964	- 68,5	+ 32,3	- 69,0	+ 86,3	- 65,0	+ 22,7	- 61,2
w mm	1965	+ 61,9	+ 5,7	+ 78,6	- 48,7	- 28,3	- 36,0	+ 33,3
	1966	- 10,7	- 15,9	+ 53,5	+ 17,3	- 55,0	+ 22,2	+ 11,4
	1967	- 26,2	- 30,6	- 24,2	- 23,6	+ 23,8	- 0,8	- 91,6

tach. Podane sumy parowania według ewaporometru Wilda pod daszkiem np. dla miesiąca lipca wahały się w granicach od 68,7 do 109,9 mm. Nawodnienia uzupełniające opady do wysokości średniej wieloletniej byłyby np. dla lipca 1964 roku za niskie o 21,7 mm w stosunku do parowania potencjalnego. Natomiast stosowanie z góry ustalonych dawek i terminów nawodnień doprowadziłoby do znacznego pogorszenia bilansu wodnego gleby np. w lipcu 1965, lub 1966 roku.

Mechaniczna waga Wilda i drewniany daszek są dość kosztowne. Według projektu autora został wykonany i sprawdzony w praktyce uproszczony zestaw (rys. 2). Daszek z celuloideu o grubości 3 mm w kształcie żaluzjowego stożka ocienia zbiornik o powierzchni 200 cm², umieszczony na trójnogu. Podczas porannej obserwacji nalewa się do zbiornika 400 ml wody, odpowiadającą warstwie 20 mm, którą odmierza się za pomocą menzurki od deszczomierza. Po 24 godzinach otwiera się kran i napełnia menzurkę do kreski, oznaczającej 10 mm. Do drugiej menzurki wypusz-

cza się resztę wody ze zbiornika. Różnica odczytów odpowiada wielkości parowania.

Zestawienie wyników prac, poświęconych określeniu wielkości dawek nawadniających i terminów nawadniania, dowodzi o istnieniu znacznych rozbieżności. Nawodnienia muszą zapewniać maksymalne korzyści przy najniższych kosztach. Proponowany ewaporometr i powszechnie używany



Rys. 2. Zestaw do pomiaru parowania potencjalnego

deszczomierz Hellmanna zapewniają codzienne informacje o różnicach pomiędzy parowaniem potencjalnym i opadami. Na tej podstawie możemy wnioskować o wielkości niedoborów w bilansie wodnym i w związku z tym ustalać na bieżąco terminy i dawki nawodnień, przy zachowaniu współczynników empirycznych, zależnych od rodzaju upraw, nawożenia, gleby itp.

Niewątpliwie określenie optymalnych wielkości ewapotranspiracji doprowadzi do uzyskania nieco innych wartości w porównaniu z wielkościami, zmierzonymi za pomocą ewaporometru Wilda pod daszkiem. Przyrosty masy organicznej w poszczególnych fazach rozwojowych, oraz wielkość plonu stanowią wiarygodną informację o zgodności pomiędzy wymaganiami roślin i warunkami siedliska. Wyniki doświadczeń, w których maksymalne plony zależą od regulacji stosunków wodnych stanowią cenny materiał do opracowania współczynników empirycznych. Wielkości tych współczynników będą w porównaniu z wynikami pomiarów za pomocą ewaporometru z reguły mniejsze od jedności, za wyjątkiem niektórych okresów, gdy ewapotranspiracja rzeczywista jest większa od parowania potencjalnego. Istnieje więc realna możliwość opracowania metodyki bieżącej oceny wielkości i terminów nawodnień na podstawie pomiarów za pomocą taniej i łatwej w obsłudze aparatury.

WNIOSKI

1. Bezpośrednie pomiary ewapotranspiracji potencjalnej za pomocą ewaporometrów, lizymetrów, lub bilansu wodnego pól nawadnianych są związane z bardzo poważnymi trudnościami technicznymi. Uzyskane

wyniki dla tej samej uprawy różnią się w sposób istotny w zależności od stosowanej metody pomiarowej i aparatury.

2. Obliczenie wielkości ewapotranspiracji potencjalnej za pomocą wzorów empirycznych wymaga zebrania obszernych materiałów w postaci średnich wielkości elementów meteorologicznych oraz przeprowadzonych obliczeń. Wartości podobne do obliczonych możemy uzyskać na podstawie pomiarów za pomocą jednego przyrządu — ewaporometru Wilda, lub uproszczonego zestawu pod daszkiem żaluzjowym. Wyniki pomiarów są wypadkową działania całego kompleksu czynników meteorologicznych, włącznie z promieniowaniem słonecznym.
3. Różnice pomiędzy sumami opadów i parowania potencjalnego, zmierzone w opisany sposób mogą, po opracowaniu współczynników empirycznych, stanowić podstawę do bieżącej oceny terminów i wysokości dawek nawodnień.

LITERATURA

1. Anthal E.: Meteorologiczne zagadnienia nawadniania. Mater. Konf. PAN I. G. W. Warszawa 1965.
2. Bac S.: Wiad. Służby Hydr. i Meteor., z. 4 (1949).
3. Bac S.: Prace i Stud. Komit. Gospod. Wodnej P. W. N. Warszawa (1958).
4. Bac S. jr: Wiss. Ztschr. Univ. Leipzig, z. 4 (1964).
5. Bac S. jr: Zesz. Nauk. WSR we Wrocławiu, z. 61 (1965).
6. Bac S. jr: Zesz. Probl. Post. Nauk roln. nr 86 (1968).
7. Dębski K.: Metody określania potrzeb wodnych roślin i wpływu intensyfikacji produkcji rolnej na odpływ. Mater. Konf. IV Wydz. PAN, Warszawa 1963.
8. Dzieżyc J.: Deszczowanie roślin. PWRiL, Warszawa 1967.
9. Hesse W.: Annalen der Meteorologie, z. 1—2 (1955).
10. Jaworski J.: Prace PIHM, z. 83 (1963).
11. Konstantinow A. R., Fiedorowa G. T., Gołubiew W. S.: Tr G. G. I., z. 76 (1960).
12. Konstantinow A. R., Sakali L. I., Goisa N. I., Olejnik R. N.: Tiepłowej i wodnyj reżim Ukrainy. Gimiz. Leningrad 1966.
13. Matul K.: Prace i Stud. Komit. Inż. Gosp. Wodn. P. W. N., Warszawa (1962).
14. Matul K.: Prace i Stud. Komit. Inż. Gosp. Wodn. P. W. N., Warszawa (1965).
15. Matul K., Bac S., Baranowski S.: Określanie elementów bilansu cieplnego dla wyznaczania parowania terenowego. Mat. Konf. PAN — I. G. W. Warszawa (1965).
16. Ostromecki J.: Prace i Stud. Komit. Inż. Gosp. Wodn. P. W. N., Warszawa (1956).
17. Ostromecki J.: Prace i Stud. Komit. Inż. Gosp. Wodn. P. W. N., Warszawa (1965).
18. Penman H. L.: The Calc. of Irrig. Need. London (1954).

19. Pruitt W. O.: Trans. A. S. A. E., z. 1 (1960).
20. Roguski W.: Prace i Stud. Komit. Inż. Gosp. Wodn. P. W. N., Warszawa (1965).
21. Romanow W. W.: Gidrofizyka bołot. Gimiz. Leningrad (1961).
22. Schmuck A.: Sprawozd. Wrocław. Tow. Nauk., z. 5 (1950).
23. Schmuck A.: Sprawozd. Wrocław. Tow. Nauk., z. 8 (1955).
24. Strebeyko P.: Rocz-i Nauk roln., ser. A, z. 3 (1965).
25. Świętochowski B.: Zesz. Probl. Nauki Polskiej, z. 3 (1955).
26. Świętochowski B.: Prace i Stud. Komit. Inż. Gosp. Wodn. P. W. N. Warszawa (1956).
27. Turc L.: Ann. Agron., z. 1 (1961).
28. Turc L.: Mater. Sympoz. Pol. — Franc. I. G. W. Warszawa (1964).
29. Urywajew W. A.: Gimiz. Leningrad (1953).

ZUSAMMENFASSUNG

Regulierung der Wasserverhältnisse eines Standortes ist unlösbar mit der quantitativen Ermittlung von Verdunstung und Transpiration verbunden. Unter optimalen Bodenfeuchtigkeitsbedingungen und bei voller Pflanzenentwicklung tritt die Erscheinung der potentialen Evapotranspiration hervor. Es ist schwer ihre Menge zu ermitteln, und die erzielten Ergebnisse hängen wesentlich von der angewendeten Methode und der Art der dazu gebrauchten Apparatur ab. Daher werden in der Praxis empirische Formeln angewendet um die Mengen der potentialen Evapotranspiration zu berechnen. Man muss dabei ein reiches viele meteorologische Elemente betreffendes Material zur Verfügung haben und auch viele mühselige Berechnungen durchführen.

Die den errechneten ähnliche Werte können wir mit Hilfe eines Apparates — des Wildschen Evaporometers unter Luftigerschutzdach — erhalten. Die Messergebnisse liefern die Resultante der Einwirkung von vielen meteorologischen Faktoren-einschliesslich Sonnenradiation. Die Differenzen zwischen den Niederschlassummen und der auf diese Weise gemessenen Verdunstung können die Unterlage zur laufenden Bewertung der Bewässerungsgaben und -zeiten bilden, nachdem man die empirischen Faktoren, die auf Grund der Untersuchungen über den Einfluss der Regulierung der Wasserverhältnisse auf die Ertragshöhe erhalten wurden, angewendet hat.

РЕЗЮМЕ

Регуляция водных отношений природных условий тесно связана с оценкой величины испарения и транспирации. В оптимальных условиях влажности почвы и полного развития растительности выступает явление потенциальной эвапотранспирации. Измерение этой величины очень трудно, а полученные результаты в большой степени зависят от принятого метода и рода при-

меняемой аппаратуры. По этому поводу в практике применяются эмпирические формулы для исчисления величины потенциальной эвапотранспирации. Следует иметь в распоряжении материалы, касающиеся многих метеорологических элементов в виде средних, а также произвести много трудоемких арифметических действий.

Величины схожие с исчисленными величинами можем получить при помощи одного прибора — эвапорометра Уальда под продуваемым навесом. Результаты измерений являются равнодействующей функции целого комплекса метеорологических факторов, не исключая солнечной радиации. Разницы между суммами атмосферных осадков и определенным таким образом испарением могут быть основанием для текущей оценки сроков и доз орошений после применения эмпирических коэффициентов, полученных на основании исследований влияния регуляции водных отношений на урожай.

STRESZCZENIE

Regulacja stosunków wodnych siedliska jest nierozdzielnie związana z oceną wielkości parowania i transpiracji. W optymalnych warunkach wilgotności gleby i pełnym rozwoju roślinności występuje zjawisko ewapotranspiracji potencjalnej. Pomiar tej wielkości jest bardzo trudny, zaś uzyskane wyniki zależą w dużej mierze od przyjętej metody i rodzaju stosowanej aparatury. Z tego powodu stosuje się w praktyce wzory empiryczne do obliczenia wielkości ewapotranspiracji potencjalnej. Należy mieć do dyspozycji materiały dotyczące wielu elementów meteorologicznych w postaci średnich oraz przeprowadzić wiele pracochłonnych działań rachunkowych.

Wartości podobne do obliczonych możemy uzyskać za pomocą jednego przyrządu — ewaporometru Wilda pod daszkiem żaluzjowym. Wyniki pomiarów są wypadkową działania całego kompleksu czynników meteorologicznych, włącznie z promieniowaniem słonecznym. Różnice pomiędzy sumami opadów i zmierzonego w ten sposób parowania mogą stanowić podstawę do bieżącej oceny terminów i dawek nawodnień, po zastosowaniu współczynników empirycznych, uzyskanych na podstawie doświadczeń nad wpływem regulowania stosunków wodnych na plony.