

## PAROWANIE TERENOWE I POLOWE ZUŻYCIE WODY PRZEZ ROŚLINY UPRAWNE W CHEŁMIE K. KRAKOWA

*Helena Nagawiecka, Krzysztof Boroń*

Wydział Melioracji Wodnych AR, Kraków

### WSTĘP I METODYKA BADAŃ

Badania nad parowaniem terenowym kilku roślin uprawnych w warunkach ekologicznych okolic Krakowa rozpoczęto w 1963 r., w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Krakowskiej Akademii Rolniczej w Chełmie z inicjatywy prof. K. Figuły.

Biorąc pod uwagę trudności metodyczne przy pomiarach parowania terenowego zastosowano równocześnie dwie metody:

- ewaporometryczną (ewaporometry GGI-500),
- uproszczonego bilansu wodnego, czyli polowego zużycia wody wg S. Baca (sen.).

W pierwszym etapie doświadczenia, w latach 1963-1965, badano pszenicę ozimą odmiany Olza, owies odmiany Przebój, ziemniaki odmiany Lenino i koniczynę czerwoną. Dla porównania pozostawiono pole nie pokryte roślinnością.

W latach 1966-1969 wprowadzono dwa poziomy nawożenia na poletkach i w ewaporometrach oraz dwa warianty uwilgotnienia — tylko w ścisłym doświadczeniu ewaporometrycznym.

W latach 1966-1967 badano owies i bobik, a w 1968-1969 mieszankę pastewną o składzie: wyka jara, peluszka, bobik, rzepę w poplonie oraz gorczycę białą jako roślinę przemysłową.

Ponieważ zwyczajki plonów jakie otrzymano stosując podwójne nawożenie nie wpłynęły istotnie na wielkość parowania terenowego, w opracowaniu podano tylko wartości dla pojedynczego nawożenia NPK. Stosowane dawki nawozów w kg/ha czystego składnika wynosiły:

pszenica i owies	140 NPK
ziemniaki	110 PK + 300 q/ha obornika
koniczyna	110 PK
bobik	120 NPK (N — 10 kg)
rzepa	130 NPK
mieszanka	100 PK
gorczyca	145 NPK

## CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

Pole doświadczalne w Chełmie jest położone na prawym, górnym tarasie rzeki Rudawy, wzniesionym 225 m n.p.m., 4 km powyżej jej ujścia do Wisły.

Gleby badanego obiektu należą do klasy brunatnoziemnych, typu brunatnych właściwych, wytworzonych z lessu, o składzie mechanicznym pyłu ilastego. Miąższość warstwy próchnicznej wynosi ok. 30 cm, warstwa brunatnienia dochodzi do 60 cm. Poniżej zalega less jako skała macierzysta. Skład mechaniczny całego profilu gleby jest dość wyrównany. Piasek stanowi 2-7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, pył 51-57<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, części spławialne 37-44<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Porowatość ogólna wynosiła 50,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> w warstwie próchnicznej, 41,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub> w warstwie brunatnienia i 38,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> w skale macierzystej, a pojemność kapilarna odpowiednio: 37,3, 32,7 i 31,8<sup>0</sup>/<sub>0</sub> obj.

Do głębokości 150 cm nie stwierdzono występowania wody gruntowej. Maksymalny zapas wody w okresie badań w warstwie 1 m wynosił 422 mm (w początku czerwca 1968 r. pod gorczycą), a minimalny — 189 mm (w lipcu 1964 r. pod owsem).

Pole doświadczalne usytuowano w terenie płaskim, w celu wyeliminowania dopływu i odpływu powierzchniowego oraz podziemnego poziomego.

Warunki klimatyczne obiektu charakteryzują dane z dziesięciolecia 1955-1965, zestawione w tabeli 1.

Tabela 1

Warunki klimatyczne obiektu Chełm. Średnie miesięczne

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IV-IX	Średnie roczne
Temperatura powietrza w °C													
-3,2	-2,7	1,3	8,1	12,6	16,8	17,9	17,1	13,4	8,9	3,7	-0,8	14,3	7,7
Suma opadów w mm													
19,5	22,3	30,8	39,2	59,4	84,8	123,8	76,7	46,0	31,5	43,6	33,6	429,9	611,2

## WYNIKI BADAŃ

W opracowaniu przedstawiono dekadowe i miesięczne sumy parowania terenowego z warstwy gleby 0-50 cm ( $V_{0-50}$ ) badanych gatunków roślin w warunkach polowych, wykorzystując do obliczeń odpływy gruntowe ustalone w ewaporometrach oraz polowe zużycie wody z warstwy

0-100 cm ( $S_{0-100}$ ) dla tych samych roślin i analogicznych okresów bilansowania (tab. 2-4). Parowania terenowego z warstwy 0-100 cm nie obliczono, ponieważ dysponowano tylko wielkościami odpływów gruntowych z ewaporometrów o wysokości 50 cm, a zaobserwowano, że w różnych okresach bilansowania w zależności od uwilgotnienia głębszych warstw, woda przesiąkała przez cały profil 1 m, bądź też odpływ z warstwy 0-50 cm był retencjonowany w warstwie 50-100 cm.

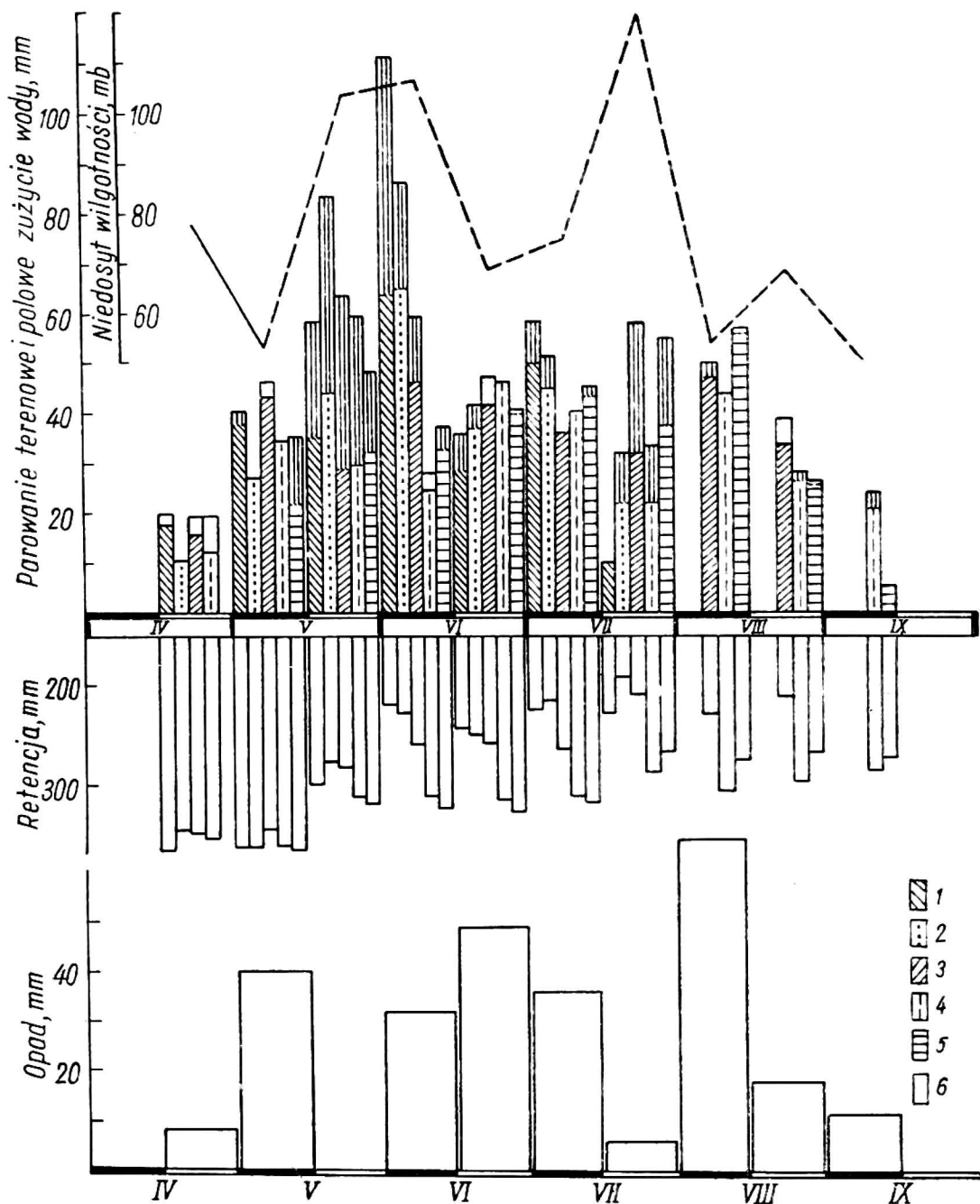
W pierwszym roku doświadczenia — 1963, wilgotność gleby badano do głębokości 50 cm, kierując się głównie wysokością zastosowanych ewaporometrów. Stąd dla tego roku podano tylko  $V_{0-50}$ . Na podstawie uzyskanych wyników, sugerujących udział głębszych warstw w parowaniu terenowym, wprowadzono od 1964 r. pomiary wilgotności gleby do głębokości 1 m.

Okresy wegetacji lat 1963-1964 charakteryzowały się sumami opadów niższymi od wartości średnich z dziesięciolecia. Opad był dość równomiernie rozłożony, dlatego nie stwierdzono przesiąkania w ewaporometrach. W takich warunkach połowe zużycie wody może być określone jako parowanie terenowe z tej samej warstwy.

W okresie wegetacji 1965 r. opady były obfite, zwłaszcza w maju, czerwcu i sierpniu. W roku tym zanotowano dość duże odpływy, zwłaszcza w maju, kiedy wegetacja roślin była jeszcze słaba.

Porównując wartości  $V_{0-50}$  z  $S_{0-100}$  w latach suchych, bez odpływu gruntowego, można określić udział warstw gleby poniżej 50 cm w parowaniu terenowym i ustalić okres w którym występuje. W 1964 r. do połowy maja  $V_{0-50}$  było bardzo zbliżone do  $S_{0-100}$ , co wskazuje na parowanie wyłącznie warstwy 0-50 cm (rys. 1). W drugiej połowie maja i pierwszej czerwca  $S_{0-100}$  prawie dwukrotnie przewyższało  $V_{0-50}$ , zwłaszcza w odniesieniu do pszenicy, i równocześnie wyraźnie zmalał zapas wody w warstwie 50-100 cm. W tym okresie przy wartości połowego zużycia wody, wynoszącej dla pszenicy około 170 mm, ubytek stanowił 42%. W sumie w okresie wegetacji badanych roślin różnica między  $V_{0-50}$  i  $S_{0-100}$  wynosiła dla pszenicy — 64,7 mm, owsa — 79,2 mm, ziemniaków — 51,3 mm, koniczyny — 61,8 mm i ugoru — 37,4 mm,

W poszczególnych okresach bilansowania, poza czynnikami warunkującymi parowanie terenowe (niedosyt, zapas wody w glebie), ważny jest czynnik biologiczny. W krytycznych, ze względu na wodę, fazach rozwojowych roślin, stwierdzono największe różnice w parowaniu terenowym między ugiem a powierzchnią pokrytą roślinnością. Od połowy maja do połowy czerwca  $S_{0-100}$  ugoru wynosiło 84,5 mm (pszenicy w tym okresie 100% więcej), a 36% tej wartości stanowił ubytek z warstwy 50-100 cm. Natomiast pod koniec wegetacji, kiedy potrzeby wodne rośliny maleją, często parowanie terenowe ugoru przewyższało ewapotranspirację — w lipcu np. było wyższe niż pszenicy, ale niższe niż ziemniaków, owsa i koniczyny.



Rys. 1. Parowanie terenowe ( $V_{0-50}$ ) i polowe zużycie wody ( $S_{0-100}$ ) przez poszczególne rośliny w 1964 r.: 1 — pszenicę, 2 — owies, 3 — koniczynę, 4 — ziemniaki, 5 — ugor; 6 — polowe zużycie wody.

Układy takie można interpretować w następujący sposób. W okresie poprzedzającym zbiór, potrzeby wodne roślin są minimalne, ponieważ w tej fazie tracą one wodę z tkanek. Parowanie terenowe ogranicza się więc głównie do parowania gleby. W porównaniu z glebą odśloniętą parowanie gleby pokrytej wysychającą szatą roślinną może być niższe ze względu na fitoklimat tej szaty, charakteryzujący się wyższą wilgotnością i niższą temperaturą powietrza oraz zmniejszoną szybkością wiatru, jak również ze względu na niższą wilgotność i temperaturę gleby. Wilgotność gleby pod pszenicą wynosiła w lipcu 11-12% s.m., co odpowiada wartości 3,7 pF, a na ugorze 17% s.m., tj. 3,1 pF. Temperatura gleby na głębokości 5 cm, wg odczytów o godz. 13.00, była pod pszenicą w upalne dni o ponad 10°C niższa niż na ugorze. Biorąc pod uwagę cały



okres wegetacji parowanie ugoru stanowi ok. 70% ewapotranspiracji roślin.

Rok 1965 cechowały odmienne warunki wodne. Globalne sumy  $V_{0-50}$  i  $S_{0-100}$  były wyższe niż w roku suchym, a różnice między nimi były przede wszystkim wynikiem przesiąkania wody w głąb gleby. Wskazują na to dane z maja (tab. 2), w którym to wartości  $S_{0-100}$  są bardzo bliskie sumie parowania z 50 cm warstwy gleby i odpływów gruntowych. Na tej podstawie, jak też na podstawie wilgotności gleby (32% s.m., tj. 0,9 pF), można wnioskować że woda przesiąkała przez cały profil o miąższości 1 m. W czerwcu  $V_{0-50}$  było prawie równe  $S_{0-100}$ , a odpływ wystąpił tylko na ugorze. Duży zapas wody, utrzymujący się w ciągu całego miesiąca średnio na poziomie 340-350 mm, pozwala przypuszczać, że parowanie rzeczywiste było bliskie potencjalnemu. Wyłącznie w lipcu omawianego roku stwierdzono ubytki z warstwy 50-100 cm, pod koniczyną 36 mm, pod pszenicą — 17 mm i minimalne na ugorze.

Przebieg pogody w latach 1966-1967 (tab. 3) potwierdził wynikające z pierwszego etapu badań wnioski dotyczące dynamiki wodnej. W 1966 r. w miesiącach od maja do sierpnia opady przekraczały prawie dwukrotnie wartości średnie z dziesięciolecia i sumę z tych miesięcy w roku następnym. Podobnie jak w 1965 r. polowe zużycie wody było bardzo wysokie, dla owsa wynosiło 523 mm i w przybliżeniu było równe sumie parowania i odpływu ( $V_{0-50}$  — 330 mm, odpływ — 173 mm).

Interesujący jest wpływ gatunku roślin na poszczególne składniki bilansu wodnego, które kształtują się w zależności od rozwoju roślin. W maju kiedy opad wynosił 173,6 mm odpływy oraz parowanie owsa i bobiku były prawie równe. W czerwcu zaś, na skutek intensywniejszego wzrostu owsa, odpływ był mniejszy niż pod bobikiem, a parowanie większe. W lipcu zależność była odwrotna.

Następny rok (1967) należy zaliczyć do przeciętnie suchych, gdzie różnice między  $S_{0-100}$  i  $V_{0-50}$  maleją (u owsa ok. 60 mm) i określają straty wody na parowanie z warstwy 50-100 cm. Odpływ, który zanotowano w badaniach bobiku po wysokim opadzie był wynikiem małej żywotności tej rośliny opanowanej przez mszyce.

Badania parowania terenowego i polowego zużycia wody prowadzone w latach 1968 i 1969 (tab. 4) odnoszą się do warunków wykorzystania całego okresu wegetacji ze względu na uprawę poplonu. Sumaryczne wartości składników bilansu w okresie od 19.IV (wschody mieszanki) do 22.X (zbiór rzepy) 1968 r. wynosiły:  $V_{0-50} = 555,3$  mm,  $S_{0-100} = 642,7$  mm, przesiąk = 57,0 mm, opad = 593,0 mm. W suchszym 1969 r. (głównie we wrześniu i październiku) odpowiednie wartości kształtowały się następująco:  $V_{0-50} = 478$  mm,  $S_{0-100} = 610$  mm, przesiąk = 10 mm, opad = 380,4 mm. Podane liczby mówią o znaczeniu retencji glebowej w zaopatrzeniu roślin w wodę podczas suszy. Ubytki wody z warstwy 50-100 cm pod rzepą, zwłaszcza we wrześniu i październiku, wskazują

Parowanie terenowe ( $V_{0-50}$ ) oraz polowe zużycie wody ( $S_{0-50}$ ) przez rośliny uprawne w latach 1966-1967

Rok i miesiąc	Dekada	Opad mm	$\Sigma d$ mb	$\Sigma t$ °C	Owies				Bobik						
					przesiąki 0-50	$V_{0-50}$	$S_{0-100}$	$\beta_s$	$a_s$	przesiąki 0-50	$V_{0-100}$	$S_{0-100}$	$\beta_s$	$a_s$	
1966	V	I	27,7	68,5	175,7	—	26,8	32,5	—	—	—	31,4	40,5	—	—
		II	145,9	75,4	233,8	96,8	42,6	115,2	—	—	—	31,9	109,7	—	—
		$\Sigma$	173,6	143,9	409,5	96,8	69,4	147,7	1,03	0,36	—	63,3	150,2	1,04	0,37
	VI	I	1,8	64,8	151,7	—	36,6	64,2	—	—	—	32,4	48,8	—	—
		II	28,4	84,3	203,9	—	44,8	79,4	—	—	—	42,6	67,1	—	—
		III	102,0	37,3	154,8	27,8	23,5	9,7	—	—	—	48,5	42,4	—	—
		$\Sigma$	132,2	186,4	510,4	27,8	104,9	153,3	0,82	0,30	—	48,5	158,3	0,85	0,31
	VII	I	27,5	48,0	175,1	—	40,1	50,3	—	—	—	23,3	29,5	—	—
		II	20,4	92,2	222,7	—	13,1	10,4	—	—	—	18,8	12,0	—	—
		III	100,9	53,3	143,8	30,5	74,3	99,1	—	—	—	10,0	110,4	—	—
		$\Sigma$	148,8	193,5	541,6	30,5	127,5	159,8	0,83	0,29	—	10,0	144,2	151,9	0,79
	VIII	I	40,8	38,3	133,6	18,4	28,0	61,8	—	—	—	10,4	25,7	48,2	—
II		9,7	64,0	200,9	—	—	—	—	—	—	—	13,5	14,5	—	—
III		64,9	40,2	159,1	—	—	—	—	—	—	—	51,7	39,3	—	—
$\Sigma$		115,4	142,5	493,6	18,4	28,0	61,8	1,62	0,47	—	10,4	90,9	102,0	0,71	0,21
w okresie wegetacji					173,5	329,8	522,6	0,93	0,33	165,1	392,5	562,7	0,84	0,29	
1967	IV	II	9,3	39,1	102,3	—	14,1	31,8	—	—	—	29,7	51,1	—	—
		III	27,5	31,5	90,3	—	33,1	9,1	—	—	—	18,4	17,4	—	—
		$\Sigma$	36,8	70,6	192,6	—	47,2	40,9	0,58	0,21	—	48,1	68,5	0,97	0,35
	V	I	4,2	32,0	92,9	—	23,8	62,5	—	—	—	12,4	16,5	—	—
II		12,0	80,0	158,8	—	35,3	60,0	—	—	—	6,5	8,5	—	—	
III		54,7	55,1	175,3	7,1	28,0	21,0	—	—	15,3	52,1	59,9	—	—	

Rok i miesiąc	Deka- da	Opad mm	$\Sigma d$ mb	$\Sigma t$ °C	Owies					Bobik				
					przesiaki 0-50	$V_{0-50}$	$S_{0-100}$	$\beta_s$	$a_s$	przesiaki 0-50	$V_{0-50}$	$S_{0-100}$	$\beta_s$	$a_s$
	$\Sigma$	70,9	167,1	427,0	7,1	87,1	143,5	0,86	0,34	15,3	71,0	84,9	0,51	0,20
VI	I	70,6	42,6	135,8	0,6	42,4	16,3			15,2	22,9	18,0		
	II	6,2	41,1	111,4	1,4	3,4	21,4			15,9	0,0	24,7		
	III	12,6	88,0	204,5	—	65,7	71,8			—	55,7	68,0		
	$\Sigma$	89,4	171,7	451,7	2,0	111,5	109,5	0,64	0,24	31,1	78,6	110,7	0,64	0,24
VII	I	12,6	80,1	182,9	—	48,5	39,9			—	18,5	8,6		
	III	27,9	84,9	194,7	—	21,2	34,0			—	31,6	20,2		
	III	30,0	88,0	216,2	—	37,6	42,4			—	48,5	49,5		
	$\Sigma$	70,5	253,0	593,8	—	107,3	116,3	0,46	0,20	—	98,6	78,3	0,31	0,13
VII	I	36,3	61,2	188,9	—	—	—			—	36,8	52,3		
	$\Sigma$	36,3		188,9	—	—	—			—	36,8	52,3	0,85	0,20
w okresie wegetacji					9,1	353,1	410,2	0,62	0,25	46,4	333,1	394,7	0,55	0,22



Parowanie terenowe ( $V_{0-50}$ ) oraz polowe zużycie wody

Rok i miesiąc	Dekada	Opad mm	$\Sigma d$ mb	$\Sigma t$ °C	Mieszanka pastewna						
					przesiaki 0-50	$V_{0-50}$	$S_{0-100}$	$\beta_s$	$a_s$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1968	IV	III	20,3	39,0	152,1	3,2	13,7	18,6	0,47	0,12	
		V	48,2	69,3	209,8	—	57,7	56,8	—	—	
		II	28,1	34,2	130,0	—	37,6	45,2	—	—	
		$\Sigma$	76,3	103,5	339,8	3,2	95,3	102,0	0,98	0,30	
		VI	I	108,9	44,7	225,1	21,0	60,8	60,6	—	—
	II		0,3	61,5	171,0	—	39,6	61,3	—	—	
	III		40,4	51,1	168,7	—	55,7	65,7	—	—	
	$\Sigma$		149,6	157,3	564,8	21,0	156,1	187,6	1,19	0,33	
	VII	I	—	65,4	199,0	—	34,7	66,7	1,02	0,33	
						$\Sigma$ 24,2	299,8	374,9	1,03	0,26	
		II	47,0	41,7	154,5	—	—	—	—	—	
		III	51,0	21,7	153,2	—	—	—	—	—	
		$\Sigma$	98,0	128,8	506,7	—	—	—	—	—	
		VIII	I	36,5	38,5	155,8	—	—	—	—	—
			II	26,4	37,1	166,7	—	—	—	—	—
			III	65,3	23,3	160,4	—	—	—	—	—
	$\Sigma$		128,2	98,9	482,9	—	—	—	—	—	
	IX	I	91,6	33,6	179,4	—	—	—	—	—	
		II	13,2	38,1	137,5	—	—	—	—	—	
		III	25,1	30,6	101,5	—	—	—	—	—	
$\Sigma$		129,9	102,3	418,4	—	—	—	—	—		
X	I	14,4	17,9	93,4	—	—	—	—	—		
	II	24,1	21,3	95,3	—	—	—	—	—		
	$\Sigma$	38,5	30,2	188,7	—	—	—	—	—		
w okresie wegetacji											
1969	IV	III	0,1	80,2	165,8	—	15,4	33,7	0,42	0,20	
		I	36,7	82,2	168,8	1,6	36,2	33,8	—	—	
	V	II	17,2	31,4	126,2	—	30,3	36,1	—	—	
		III	22,6	60,1	152,7	—	43,3	52,2	—	—	
		$\Sigma$	76,5	173,7	447,7	1,6	109,8	122,1	0,70	0,27	
	VI	I	6,6	43,9	139,6	—	23,8	40,5	—	—	
		II	10,8	45,1	147,5	—	53,2	56,3	—	—	
		III	71,1	26,1	165,1	8,4	0,8	0,0	—	—	
		$\Sigma$	88,5	115,1	452,2	8,4	77,8	96,8	0,84	0,21	
	VII	I	51,6	39,5	149,8	—	53,4	50,4	1,27	0,34	
						$\Sigma$ 10,0	256,4	303,0	0,74	0,25	
		II	12,5	71,0	215,9	—	—	—	—	—	
		III	—	72,4	180,2	—	—	—	—	—	
		$\Sigma$	64,1	182,9	545,9	10,0	256,4	303,0	0,74	0,25	

Tabela 4

 $(S_{0-100})$  przez rośliny uprawne w latach 1968-1969

Gorczyca biała					Rzepa				
przesiąki 0-50	$V_{0-50}$	$S_{0-100}$	$\beta_s$	$a_s$	przesiąki 0-50	$V_{0-50}$	$S_{0-100}$	$\beta_s$	$a_s$
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1,1	9,0	6,8	—	—	—	—	—	—	—
—	54,5	54,1	—	—	—	—	—	—	—
—	33,6	31,1	—	—	—	—	—	—	—
1,1	88,1	85,2	0,85	0,25	—	—	—	—	—
23,0	58,6	43,7	—	—	—	—	—	—	—
—	36,3	75,6	—	—	—	—	—	—	—
—	52,0	64,4	—	—	—	—	—	—	—
23,0	146,9	183,7	1,16	0,32	—	—	—	—	—
—	43,7	67,4	—	—	—	—	—	—	—
—	42,8	44,2	—	—	—	—	—	—	—
—	11,9	2,4	—	—	—	32,7	18,3	0,84	0,12
—	98,4	114,0	0,88	0,22	—	—	—	—	—
—	38,8	25,6	0,66	0,16	—	31,6	32,5	—	—
—	—	—	—	—	—	16,7	13,5	—	—
—	—	—	—	—	—	26,0	26,7	—	—
—	38,8	25,6	0,66	0,16	—	74,3	72,7	0,74	0,15
—	—	—	—	—	32,8	56,4	106,3	—	—
—	—	—	—	—	—	15,9	16,8	—	—
—	—	—	—	—	—	36,3	29,8	—	—
—	—	—	—	—	32,8	108,6	152,9	1,42	0,36
—	—	—	—	—	—	18,3	7,6	—	—
—	—	—	—	—	—	21,6	16,3	—	—
—	—	—	—	—	—	39,9	23,9	0,61	0,13
24,1	381,2	415,3	0,96	0,26	32,8	255,5	267,8	1,00	0,21
—	18,2	36,7	0,45	0,22	—	—	—	—	—
3,4	39,1	32,0	—	—	—	—	—	—	—
—	19,9	31,3	—	—	—	—	—	—	—
—	44,5	58,9	—	—	—	—	—	—	—
3,4	103,5	122,2	0,70	0,27	—	—	—	—	—
—	24,8	49,6	—	—	—	—	—	—	—
—	48,0	49,6	—	—	—	—	—	—	—
5,5	6,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—
5,5	79,0	99,2	0,86	0,22	—	—	—	—	—
—	57,0	50,3	—	—	—	—	—	—	—
—	31,2	47,7	—	—	—	—	—	—	—
—	32,1	59,0	—	—	—	15,5	32,9	0,45	0,18
—	120,3	157,0	0,86	0,29	—	15,5	32,9	0,45	0,18

Rok i miesiąc	Dekada	Opad mm	$\Sigma d$ mb	$\Sigma t$ °C	Mieszanka pastewna				
					przeziąki 0-50	$V_{0-50}$	$S_{0-100}$	$\beta_s$	$\alpha_s$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VIII	I	10,5	85,3	195,0	—	—	—	—	—
	II	76,8	34,4	149,4	—	—	—	—	—
	III	34,0	34,8	153,0	—	—	—	—	—
	$\Sigma$	121,3	154,5	497,4	—	—	—	—	—
IX	I	—	49,4	126,1	—	—	—	—	—
	II	4,2	44,1	123,4	—	—	—	—	—
	III	2,6	44,3	115,4	—	—	—	—	—
	$\Sigma$	6,8	137,8	364,9	—	—	—	—	—
X	I	4,7	32,9	84,4	—	—	—	—	—
	II	—	26,9	98,7	—	—	—	—	—
	III	30,9	18,9	62,2	—	—	—	—	—
	$\Sigma$	35,6	78,7	245,3	—	—	—	—	—
w okresie wegetacji					—	—	—	—	—

na duże możliwości podsiąku na glebach zwięzłych;  $S_{0-100} - V_{0-50}$  wynosi ok. 100 mm.

Z sum polowego zużycia wody i sum niedosytów oraz sum temperatur obliczono termiczne  $\alpha_s$  i hygrometryczne  $\beta_s$  współczynniki polowego zużycia wody. Z analizy wartości współczynnika  $\beta_s$  wynika, że na ogół przyjmuje on wartości wyższe od podanych przez Somorowskiego, Marcilonka i Mitoska. W latach prowadzonych badań, średnie wartości  $\beta_s$  w okresie wegetacji poszczególnych roślin kształtowały się w granicach od ok. 0,5 (1964 r.) do ok. 1,0 (1968 r.). W latach wilgotnych były z reguły wyższe. W rozkładzie miesięcznym najwyższe wartości przypadają na okresy maksymalnego zapotrzebowania wody przez rośliny; w czerwcu 1964 r. największy współczynnik  $\beta_s$  wynosił 0,79 dla pszenicy, najniższy — 0,41 dla ugoru i 0,44 dla ziemniaków; natomiast w lipcu odwrotnie: dla ziemniaków — 0,55, a pszenicy — 0,31. Współczynniki  $\alpha_s$  miały podobne wartości do podawanych w literaturze.

Dane dotyczące wielkości plonów i współczynników zużycia wody na jednostkę suchej masy przedstawiono w tabeli 5. Współczynniki zużycia wody na jednostkę s.m. plonu podlegają większym wahaniom (proporcjonalnie) niż plony, w związku z różnicami polowego zużycia wody w latach mokrych i suchych. Powszechnie wiadomo, że w latach mokrych osiągają one znacznie wyższe wartości, co miało miejsce także w omawianych badaniach.

cd. tab.4

Gorczyca biała					Rzepa				
przesiąki 0-50	$V_{0-50}$	$S_{0-100}$	$\beta_s$	$a_s$	przesiąki 0-50	$V_{0-50}$	$S_{0-100}$	$\beta_s$	$a_s$
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
—					—	20,5	35,0	—	—
—					—	44,6	32,8	—	—
—					—	35,5	35,5	—	—
—					—	100,6	103,3	0,67	0,21
—					—	24,5	32,5	—	—
—					—	25,8	42,6	—	—
—					—	20,4	32,0	—	—
—					—	70,7	107,1	0,78	0,29
—					—	9,9	18,2	—	—
—					—	6,4	15,2	—	—
—					—	19,1	27,9	—	—
—					—	35,4	61,3	0,77	0,25
8,9	321,0	415,1	0,75	0,26	—	222,2	304,6	0,69	0,24

## WNIOSKI

1. Parowanie terenowe jest funkcją warunków atmosferycznych, faz rozwojowych roślin i wilgotności gleby. W poszczególnych okresach bilansowania o wielkości parowania decyduje jeden z tych czynników — w początkach wegetacji na ogół niedosyt wilgotności powietrza, następnie roślina i pod koniec okresu wegetacji wilgotność gleby.

2. W sezonach wegetacji we wszystkich latach w których prowadzono badania, polowe zużycie wody było większe od parowania terenowego. Różnica w latach suchych była powodowana ubytkiem wody z warstwy 50-100 cm na parowanie, a w latach mokrych — przesiąkami.

3. Na sumę odpływu gruntowego wpływa rodzaj szaty roślinnej, a zwłaszcza fazy rozwojowe, charakteryzujące się różnym zużyciem wody.

4. Parowanie terenowe poszczególnych gatunków roślin różni się od parowania ugoru w okresach intensywnego wzrostu danego gatunku, natomiast pod koniec wegetacji parowanie terenowe ugoru jest często wyższe. Wpływa na to: niższa wilgotność i temperatura gleby pod rośliną oraz osłaniające działanie szaty roślinnej.

5. Współczynniki  $\beta_s$  mają wartości wyższe w latach mokrych. W okresie wegetacji największe wartości osiągają na ogół w okresach największego zapotrzebowania wody przez rośliny.

Tabela 5

Plony suchej masy roślin w q/ha i współczynniki polowego zużycia wody na jednostkę suchej masy

Roślina	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
<b>Pszenica</b>							
ziarno	30,21	11,7	22,5				
słoma	63,54	60,31	58,88				
razem	93,75	72,01	81,38				
współczynnik polowe- go zużycia wody	—	453	514				
<b>Owies</b>							
ziarno	29,0	25,3	25,8	16,3	18,55		
słoma	49,8	50,7	53,54	49,68	50,01		
razem	78,8	76,0	79,34	65,98	68,56		
współczynnik polowe- go zużycia wody	—	422	509	792	598		
<b>Bobik</b>							
ziarno				11,37	12,53		
słoma				50,29	53,10		
razem				61,66	65,63		
współczynnik polowe- go zużycia wody				912	601		
<b>Gorczyca</b>							
ziarno						9,4	8,9
słoma						40,8	42,5
razem						50,2	51,4
współczynnik polowe- go zużycia wody						827	807
<b>Ziemniaki</b>							
kłęby	60,64	78,50					
łąty	35,84	44,84					
razem	96,48	123,34					
współczynnik polowe- go zużycia wody	—	255					
<b>Rzepa</b>							
korzenie						28,8	26,31
liście						19,8	26,74
razem						48,6	53,05
współczynnik polowe- go zużycia wody						551	573
<b>Koniczyna — plony</b>	81,28	55,10	81,6				
współczynnik polowe- go zużycia wody	—	752	526				
<b>Mieszanka — plony</b>						52,6	57,6
współczynnik polowe- go zużycia wody						712	526

*Е. Нагавецка, К. Боронь*

## ЭВАПОТРАНСПИРАЦИЯ И ПОЛЕВОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОДЫ КУЛЬТУРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В ХЕЛМЕ ПОД КРАКОВОМ

### Резюме

Соответствующие исследования проводились в период 1963-1969 гг в опытной станции Хелм под Краковом подчиненной Краковской сельскохозяйственной академии.

Эвапотранспирацию исчисляли для слоя почвы 0-50 см ( $V_{0-50}$ ), поскольку были доступными только величины грунтового стока из этого слоя, тогда как полевое потребление воды ( $S_{0-100}$ ) определяли для слоя почвы мощностью 1 м. Водный баланс почвы исчисляли для десятидневных периодов.

В период 1963-1965 гг исследовали озимую пшеницу, овес, картофель красный клевер и для сравнения черный пар. В последующий период включили в исследования конские бобы, овес и кормовую смесь, репу как промежуточную культуру и горчицу в расширенной схеме опыта.

Синтез полученных материалов показал, что величины эвапотранспирации обусловлены в начале веготационного периода дефицитом влажности воздуха, затем фазой роста растений, а в конце веготационного периода — влажностью почвы. Во всех исследуемых периодах вегетации полевое потребление воды превышало эвапотранспирацию. Разницы колебались у отдельных культур в пределах от 79,2 мм (овес) до 51,8 мм (картофель) и возникали в связи с потерями воды из слоя 50-100 см в засушливые годы на эвапотранспирацию, а во влажные годы — на фильтрацию.

Эвапотранспирация отдельных видов культурных растений различается от эвапорации черного пара в периоды интенсивного роста данного вида, тогда как в конце веготационного периода эвапорация пара бывает часто выше. Это связано с более низкой влажностью и температурой почвы под растениями, а также с защищающим действием растительного покрова. Принимая во внимание весь веготационный период, эвапорация пара составляет около 70% эвапотранспирации. Гидрометрические коэффициенты полевого потребления воды выше во влажные годы. В веготационный период наивысшие величины отмечаются, как правило, в периоды максимальных потребностей растений в воде.

*H. Nagawiecka, K. Boron*

## EVAPOTRANSPIRATION AND FIELD WATER CONSUMPTION BY CROPS AT CHEŁM NEAR CRACOW

### Summary

The respective investigations were carried out in 1963-1969 at the Experimental Station Chełm near Cracow subordinated to the Cracow Agricultural University.

Evapotranspiration was calculated for the the soil layer of 0-50 cm ( $V_{0-50}$ ), as only values of the underground runoff from this layer were available, while field water consumption ( $S_{0-100}$ ) was determined for the 1-meter thick soil layer. Water balance of soil was set up for the 10-day periods.

In the period 1963-1965 winter wheat, oats, potatoes and red clover as well

as for comparison bare fallow were investigated. In the next period horse beans, oats, fodder mixture, turnip as a catch crop and mustard were included into the investigations within the frames of widened experiment scheme.

The synthesis of the materials obtained has proved that the evapotranspiration value at the beginning of vegetation growth depends on air moisture saturation deficit and then on the growth stage of crops, and at the end of growing season — on moisture content in soil. In all the growing seasons investigated field water capacity exceeded evapotranspiration. The respective differences varied in particular crops from 79.2 mm (oats) to 51.8 mm (potatoes) and were caused by water losses from the layer of 50-100 cm in dry years for evapotranspiration and in wet years — for seepages.

Evapotranspiration of particular crops differs from evaporation of bare fallow in the periods of intensive growth of the given crop, while at the end of growing season fallow evaporation can often be higher. It results from lower moisture content in and temperature of soil under particular crops and from protective action of plant cover. While taking into account the whole growing season, the fallow evaporation will constitute about 70% of evapotranspiration. Hydrometric coefficients of the field water consumption are higher in wet years. In growing season the highest values are reached by them, as a rule, in the periods of maximal water requirements of crops.