Badania nad odpornością dwu odmian pszenicy jarej na okresowy deficyt wodny

Cz. I. Rośliny nie hartowane*

Researches on the resistance of two varieties of spring wheat to periodical water deficit

I. The unhardened plants

BRONISŁAW GEJ

Znany jest fakt, że stosunki wodne środowiska wywierają ogromny wpływ na przebieg procesów fizjologicznych i na plon wszystkich roślin lądowych.

Z problemem tym wiąże się zagadnienie odporności organizmu roślinnego na deficyt wodny. Jest to zagadnienie złożone i przyczyny tej odporności nie są dotychczas całkowicie wyjaśnione (Maksimow 1926, Levitt 1951, Stocker 1956, Iljin 1957).

Wielu badaczy stwierdziło, że deficyt wodny wpływa na zmianę właściwości protoplastu (Northen 1938, Stocker 1948, Maksimow 1952), zmienia się też aktywność wielu enzymów, transpiracja, fotosynteza, oddychanie, ulega zahamowaniu proces wzrostu itp. Badania na ten temat są bardzo obszerne, przeprowadzono je na różnych roślinach i stosowano różne metody (Iljin 1923, 1930; Brilliant 1924; Dastur 1925; Mothes 1928; Collorio 1928; Oparin 1934; Petrie i Wood 1938; Schneider i Childers 1941; Woodhams i Kozłowski 1954; Żółkiewicz 1955, 1957; Ashton 1956; Milthorpe i Spencer 1957; Strebeyko i Domańska 1957; Gej 1957, 1959).

Stąd też w literaturze naukowej spotyka się różne wskaźniki odporności roślin na deficyt wodny, jak na przykład: specyficzne cechy anatomiczne rośliny, wielkość współczynnika transpiracji, wielkość siły ssącej komórek lub ich wartości osmotyczne, zawartość wody w liściach, a szczególnie zawartość wody związanej, zdolność do utrzymywania wody

* Cz. I i II niniejszej pracy są skrótem rozprawy doktorskiej autora.

przez liście, wrażliwość chlorofilu na działanie wyższej temperatury, intensywność wzrostu rośliny itp. (Schimper 1898, Kolkunow 1905, Buchinger 1927, Haber 1938, Eremiejew 1948, Cormak 1950, Henckeli i Nowosiółowa 1955, Wasiljewa 1955, Aleksiejew i Gusiew 1955, Polster i Reichenbach 1957, Kalloyereas 1958, Babuszkina 1959).

Według Maksimowa (1944) każdy organ rośliny jest najbardziej wrażliwy na deficyt wodny w fazie najintensywniejszego wzrostu. U roślin uprawnych okres największej wrażliwości na niedobór wody został nazwany „okresem krytycznym” (Brounow 1912, cyt. za Maksimowem 1952). Zagadnieniem tym zajmowali się u nas: Kuryłowicz (1926—27), Rogoziński (1930), Listowski (1952 a, b, 1955), Listowski, Czarnowski, Kaczorkówna i Sawicka (1956). Listowski (1955) na podstawie swych badań uważa, że istnieją specjalne „małe” okresy krytyczne, inaczej „małe fazy”, które można stwierdzić np. u zbóż.

Wiele badań nad odpornością roślin na suszę i deficyt wodny przeprowadzono między innymi na pszenicy. Badania Waltera (1934), Udolskiej (1936), Iwanowa (1948), Listowskiego i in. (1956) wykazały, że pszenica jara, podobnie jak ozima, jest najbardziej wrażliwa na niedobór wody w fazie strzelania w źdźbło.

Według Ralskiego i in. (1957) oraz Golonki i Świętochowskiego (1954) pszenice ościste na ogół są bardziej odporne na suszę niż bezostne. Należy podkreślić, że pod względem fizjologicznym rola ości jest mało zbadana (Nosatowski 1952).

W naszym kraju posiadamy stosunkowo skąpe wiadomości dotyczące fizjologicznej charakterystyki uprawianych odmian pszenicy jarej. Brak jest szczególnie wyczerpujących badań nad wpływem następczym okresowego deficytu wodnego na procesy fizjologiczne tych roślin.

Zadaniem niniejszej pracy była próba wykrycia różnic w szeregu właściwościach dwu odmian pszenicy jarej („Opolskiej” i „Ostka Chłopskiej”) — różnic, które mogłyby w pewnej mierze wyjaśnić odmienną reakcję tych odmian na deficyt wodny.

Według Ruebenbauera i Młodzianowskiej (1956) — „Opolska” (*Triticum vulgare*, var. *milturum*) znana jest z praktyki rolniczej jako odmiana wrażliwa na suszę glebową, natomiast „Ostka Chłopska” (*Tr. vulgare*, var. *erythrospermum*) — daje dość duże i pewne plony, nawet w złych warunkach wilgotnościowych.

Strebecko i Domańska (1954) zaobserwowali, że „Ostka Chłopska” już w okresie kielkowania i wschodów wykazuje większą odporność na suszę glebową niż „Opolska”.

Należałoby więc przypuszczać, że między wymienionymi odmianami

istnieją dość istotne różnice pod względem ich reakcji na okresowy deficyt wodny i że odmiany te mogą różnie reagować na przewidziane hartowanie przeciw ujemnym skutkom deficytu wodnego w czasie wegetacji.

W pracy niniejszej opisano doświadczenia dotyczące jedynie roślin nie hartowanych. Wpływ deficytu wodnego na rośliny przewidziane hartowane zostanie omówiony w części drugiej niniejszych badań (G e j 1962).

METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono w latach 1955—1959, głównie w warunkach hali wegetacyjnej, w wazonach typu Wagnera. W roku 1957 założono jedynie doświadczenie krótkotrwałe. Ze względu na objętość niniejszej publikacji, nie przytoczono wyników z tego doświadczenia (zgodnych na ogół z wynikami uzyskanymi w innych latach).

Wazony nabitano mieszaniną gleby bielcowej (ok. 4 kg) i piasku wiślanego (ok. 5 kg). W zależności od roku założenia doświadczeń kapilarna pojemność wodna wziętej mieszaniny wynosiła 20,2—28,2%.

We wszystkich latach stosowano następującą pożywkę mineralną (na wazon):

I. przed siewem:

0,50 g N	w postaci KNO_3 i NH_4NO_3
0,40 g P_2O_5	„ Na_2HPO_4 i NaH_2PO_4
0,70 g K_2O	„ K_2SO_4 i KNO_3
0,06 g CaO	„ CaCl_2
0,04 g MgO	„ $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

II. po 12 dniach od wschodów:

0,30 g N w postaci NH_4NO_3 .

Odczyn podłoża (pH) w wazonach w czasie wegetacji wynosił ok. 6,0—6,5.

Nasiona „Opolskiej” i „Ostki Chłopickiej” użyte do siewu w latach 1955—57 pochodziły z PGR Kleszewo (woj. koszalińskie), w r. 1958 ze Sternalic (woj. opolskie), a w r. 1959 ze Słupi Wielkiej (woj. poznańskie).

W doświadczeniach wazonowych uwzględniono następujące kombinacje zaopatrzenia roślin w wodę:

1. 60% pełnej kapilarnej wilgotności podłoża — przez cały okres wegetacji („optimum wody”),
2. niedobór wody w fazie krzewienia („susza I”),
3. niedobór wody w fazie strzelania w źdźbło („susza II”),
4. niedobór wody w fazie wypełniania się nasion („susza III” — tylko w r. 1956).

Czas trwania niedoboru wody w różnych latach był następujący:

Rok	Data wschodów	Kombinacja	Okres suszy	Liczba dni
1955	29.IV	„Susza I”	16.V — 2.VI	18
		„Susza II”	3.VI — 23.VI	21
1956	28.IV	„Susza I”	14.V — 3.VI	21
		„Susza II”	4.VI — 20.VI	17
		„Susza III”	23.VI — 13.VII	21
1958	2.V	„Susza I”	18.V — 2.VI	16
		„Susza II”	3.VI — 18.VI	16
1959	5.V	„Susza I”	18.V — 4.VI	18

Niską zawartość wody w wazonach uzyskiwano przerywając podlewanie roślin do tego czasu, aż zauważono początkowe oznaki wędnięcia liści. Wilgotność podłoża spadała wówczas zwykle do 15—20% kapilarnej pojemności wodnej. Taki właśnie poziom wilgotności utrzymywano przez cały okres suszy dla obu odmian.

Rośliny w wazonach podlewano codziennie „na wagę” na przemian przez rurkę od dołu lub z wierzchu.

W okresie kiełkowania roślin — wilgotność podłoża we wszystkich wazonach wynosiła 50% pojemności wodnej.

Po dwóch tygodniach od skielkowania dokonano przerywania, pozostawiając w wazonie: w r. 1955 — 18, w latach 1956—58 — 20, a w r. 1959 — 17 roślin.

Poszczególne fazy rozwojowe określano według ogólnie przyjętych kryteriów.

Poczynając od fazy krzewienia (w każdym roku) pszenice badane były atakowane przez mączniaka (*Erisiphe graminis*). Grzyb ten zwalczano opryskując rośliny głównie przy użyciu zawiesiny siarki koloidalnej.

W czasie wegetacji dokonywano zbiorów części nadziemnej roślin (w 3—4 powtórzeniach) oraz ich korzeni. W części nadziemnej oznaczano ogólną zawartość wody. Zbioru końcowego dokonywano zawsze przynajmniej w czterech powtórzeniach.

W latach 1955—1956 mierzono transpirację pszenic w wazonach przy pomocy wagi pomostowej o nośności 15 kg.

W r. 1955 w różnych okresach wegetacji roślin oznaczano w trzech powtórzeniach zawartość chlorofilu w zielonych liściach, ścinanych łącznie z dwóch górnych pięter rośliny. Chlorofil ekstrahowano i kolorymetrowano wg metody podanej w Official methods of A.O.A.C. (1945).

Wyniki oznaczeń porównywano z krzywą wzorcowego roztworu Getry wg przepisu J e r m a k o w a (1952).

W r. 1956 w liściach II, IV lub VI piętra (od dołu) oznaczano zawartość wody wolnej i związanej (w czterech powtórzeniach) zmodyfikowaną metodą refraktometryczną (S k a z k i n i in. 1958). Równocześnie z oznaczeniami wody wolnej i związanej określano zdolność tych liści do utrzymywania wody na podstawie szybkości straty na wadze ściętych liści i zamkniętych w eksykatorze nad stęż. H_2SO_4 przez 4 godziny.

W latach 1958–59 określano intensywność oddychania liści (V lub VI piętra rośliny) u obu odmian pszenicy w aparacie Warburga przy $28^{\circ}C$. W suchej masie badanych liści oznaczano zawartość białka strąconego 5% kwasem trójchlorooctowym.

Wyniki wszystkich analiz opracowano statystycznie.

WYNIKI DOŚWIADCZEŃ

Obserwacje roślin w czasie wegetacji

Wschody roślin („Opolskiej” i „Ostki Chłopickiej”) były równomierne, a cała długość wegetacji, licząc od dnia wschodów do dnia sprzętu końcowego, była u obu odmian jednakowa.

W zależności od roku, w którym przeprowadzono doświadczenie, ulegała zmianie długość fazy strzelania w źdźbło i dojrzewania (tab. 1). Różnice te były szczególnie wyraźne przy porównaniu długości tych faz w latach 1955 i 1956. W latach tych zmiany temperatury i niedosytu wilgotności powietrza (przedstawione na ryc. 1) były różne. Średnią dzienną temperaturę i niedosyt wilgotności w okresie wegetacyjnym 1958 i 1959 r. obrazuje ryc. 2.

Czas trwania poszczególnych faz w różnych latach był na ogół zbliżony u obu odmian.

Stwierdzono, że „Ostka Chłopicka” krzewiła się silniej niż „Opolska”. Wielkość współczynnika krzewienia ilustruje poniższe zestawienie:

Rok	Kombinacja	„Opolska”	„Ostka Chłopicka”
1955	Optimum wody	$1,58 \pm 0,05$	$2,56 \pm 0,09$
	„Susza I”	$1,20 \pm 0,06$	$1,79 \pm 0,09$
1956	Optimum wody	$1,65 \pm 0,13$	$2,55 \pm 0,10$
	„Susza I”	$1,16 \pm 0,07$	$1,83 \pm 0,20$

TABELA 1

Czas trwania faz rozwojowych (w dniach) przy różnym zaopatrzeniu roślin w wodę.

Rok	Data siewu	Kombinacja	Odmiana pszenicy	Faza rozwoju					
				Od wscho- dów do pocz. krze- wienia	Od pocz. krze- wienia do pocz. strzel. w źdźbło	Od pocz. strzel. w źdźbło do pocz. kłosze- nia	Czas- okres wykła- szania się	Od peł- nego wykło- szenia się do pocz. dojrzał. twardej	Cały okres wege- tacji (od dnia wsch.)
1955	23.IV	Optimum wody	Opolska Chłopicka	15 14	15 18	20 21	10 9	33 31	93 93
		Susza I	Opolska Chłopicka	— —	16 18	20 21	9 8	33 32	93 93
		Susza II	Opolska Chłopicka	— —	— —	20 22	9 8	33 31	93 93
1956	20.IV	Optimum wody	Opolska Chłopicka	17 16	17 19	11 11	7 7	43 42	95 95
		Susza I	Opolska Chłopicka	— —	17 19	12 13	10 9	37 38	93 93
		Susza II	Opolska Chłopicka	— —	— —	15 15	10 9	34 39	93 98
		Susza III	Opolska Chłopicka	— —	— —	— —	— —	43 42	95 95
1958	27.IV	Optimum wody	Opolska Chłopicka	17 16	15 17	11 13	7 8	44 40	94 94
		Susza I	Opolska Chłopicka	— —	15 16	13 15	10 11	40 36	95 94
		Susza II	Opolska Chłopicka	— —	— —	16 16	10 8	38 38	96 95
1959	30.IV	Optimum wody	Opolska Chłopicka	14 13	15 17	13 16	10 7	42 41	94 94
		Susza I	Opolska Chłopicka	— —	15 17	12 15	11 8	42 41	94 94
Przeciętnie		Optimum wody	Opolska Chłopicka	16 15	15 17	14 15	9 8	41 39	94 94
		Susza I	Opolska Chłopicka	— —	16 17	14 16	10 9	38 37	94 94
		Susza II	Opolska Chłopicka	— —	— —	17 18	10 8	35 36	94 95

Ryc. 1. Średnia dzienna temperatura i niedosyt wilgotności powietrza w okresie wegetacji 1955 i 1956 r.

1 — temp. w °C w 1955 r.; 2 — niedosyt wilgotn. w mb w 1955 r.; 3 — temp. w °C w 1956 r.; 4 — niedosyt wilgotn. w mb w 1956 r.

Ryc. 2. Średnia dzienna temperatura i niedosyt wilgotności powietrza w okresie wegetacji 1958 i 1959 r.

1 — temp. w °C w 1958 r.; 2 — niedosyt wilgotn. w mb w 1958 r.; 3 — temp. w °C w 1959 r.; 4 — niedosyt wilgotn. w mb w 1959 r.

Pędy boczne zasychały szybko w czasie wegetacji i począwszy od momentu kłoszenia liczba ich w stanie zielonym była już na ogół jednakowa u obu odmian. W czasie sprzętu końcowego stwierdzono jeden, względnie u „Chłopskiej” maksimum dwa pędy boczne na 20 roślin. Pędy te miały słabo wykształcony kłos i drobne ziarno.

Wysokość roślin „Ostki Chłopskiej” była zawsze nieco większa niż „Opolskiej”. W miarę rozwoju różnice ulegały zwiększeniu na korzyść „Ostki Chłopskiej”.

Obniżenie wilgotności gleby w fazie krzewienia nie wywarło dużego wpływu na przebieg i długość faz rozwojowych obu badanych odmian (tab. 1), natomiast krzewienie się roślin i dalszy ich wzrost uległy wyraźnemu zahamowaniu. W latach 1955—56 wysokość roślin „Opolskiej” zmniejszyła się przeciętnie o 15%, a „Chłopskiej” — o 5%. Liczba pędów bocznych w sprzęcie końcowym była taka sama u obu odmian, jak w warunkach optymalnych.

W warunkach niedoboru wody w fazie strzelania w źdźbło nastąpiło przedłużenie tej fazy (z wyjątkiem 1955 r.) przeciętnie o 3 dni i skrócenie okresu dojrzewania o 3—6 dni w porównaniu z długością tych faz przy optymalnym zaopatrzeniu w wodę.

Długość całego okresu wegetacyjnego nie uległa istotnej zmianie. Nie obserwowano też wyraźnych różnic w długości poszczególnych faz rozwojowych między obu odmianami.

Deficyt wodny w fazie strzelania w źdźbło w znacznym stopniu spowodował jednak zahamowanie wzrostu roślin. Zahamowanie to pod koniec wegetacji było większe u „Opolskiej” (ok. 35%) niż u „Ostki Chłopskiej” (ok. 24%).

Rośliny, które wykazywały deficyt wodny w fazie wypełniania się nasion (dośw. 1956 r.), nie różniły się w czasie dojrzewania ani pod względem faz rozwojowych, ani pod względem wysokości roślin, w porównaniu z roślinami w warunkach optymalnych.

Dynamika plonów roślin

Zarówno w warunkach dobrego zaopatrzenia roślin w wodę, jak i w warunkach deficytu wodnego w niektórych fazach rozwojowych, przyrosty suchej masy u obu badanych odmian nie przebiegały jednakowo w ciągu wegetacji (tab. 2). Do okresu kłoszenia przyrosty te były na ogół takie same. Jednak po tym okresie „Ostka Chłopska” wyraźnie więcej gromadziła masy organicznej niż „Opolska”. Dlatego też końcowe plony u „Ostki Chłopskiej” były zawsze większe niż u „Opolskiej”.

W latach 1955 i 1956, przy optymalnym zaopatrzeniu w wodę, intensywniejszy wzrost „Ostki Chłopskiej” przejawiał się zarówno w plonie

TABELA 2

Dynamika plonów roślin (w g p.s.m. na wazon) przy różnym zaopatrzeniu w wodę

Rok	Kombinacja	Odmiana pszenicy	Początek krzewienia		Początek strzelania w źdźbło			Początek kłoszenia			Koniec dojrzałości mleczej*			Dojrzałość końcowa						
			Część nadz.	Korzenie	Część nadziem.		Korzenie	Część nadziem.		Korzenie	Część nadziem.		Korzenie	Część nadz.		Korzenie	Słoma	Nasiona	Ciężar 1000 nasion	Ilość nasion (szt)
					Ciężar	Przyrost**		Ciężar	Przyrost		Ciężar	Przyrost		Ciężar	Przyrost					
1955	Optimum wody	Opolska	3,24		13,49	10,25		21,53	8,04		26,72	5,19		30,71	3,99		23,94	6,77	17,75	381
		Chłopicka	2,26		13,21	10,95		22,47	9,26		30,07	7,60		39,28	9,21		28,39	10,89	28,09	388
	Susza I	Opolska			9,67	6,43		14,96	5,29		20,63	5,67		22,98	2,35		17,10	5,88	19,63	300
		Chłopicka			10,55	8,29		17,80	7,25		24,28	6,48		33,37	9,09		23,44	9,93	30,41	327
	Susza II	Opolska						14,33	0,84		15,74	1,41		18,32	2,58		15,62	2,70	21,32	127
		Chłopicka						16,54	3,33		18,35	1,81		24,53	6,18		19,17	5,36	29,04	185
Przedział ufności			0,37		0,96			2,42			2,22			2,27			1,60	1,32		
1956	Optimum wody	Opolska	2,12	1,32	16,63	14,51	6,88	29,89	13,26	6,08	38,47	8,58	5,59	37,53	—	2,80	26,01	11,52	23,99	480
		Chłopicka	2,14	1,44	15,42	13,28	7,18	32,14	18,72	6,56	46,47	14,33	7,60	46,33	—	4,00	31,95	14,38	36,11	438
	Susza I	Opolska			9,11	6,99	4,86	17,84	8,73	2,94	24,51	6,67	2,92	24,72	0,21	1,75	17,35	7,37	22,32	330
		Chłopicka			11,98	9,84	4,84	19,27	7,29	3,57	36,40	17,13	3,84	35,59	—	2,62	24,06	11,53	38,28	301
	Susza II	Opolska						20,93	4,30	5,26	25,09	4,16	2,85	22,94	—	2,28	18,45	4,49	23,04	195
		Chłopicka						21,78	6,36	5,64	34,08	12,30	4,55	35,30	1,22	3,25	26,31	8,99	38,08	236
1958	Susza III	Opolska									37,14	7,25	5,97	34,24	—	3,59	26,28	7,96	19,53	408
		Chłopicka									43,51	11,37	6,96	46,47	2,96	3,85	34,60	11,87	35,45	335
	Przedział ufności			—	0,06	2,13		1,11	2,76		0,93	2,94		1,21	2,67		0,61	1,71	1,50	
	Optimum wody	Opolska			10,71		4,16	25,35	14,61	4,57	38,71	13,36	6,84	44,49	5,78	3,64	28,53	15,96	37,63	424
		Chłopicka			9,91		3,26	27,94	18,03	7,24	42,53	14,59	8,22	47,12	4,59	5,20	29,99	17,13	39,28	436
	Susza I	Opolska			6,39		3,40	15,08	8,69	3,44	25,81	10,73	4,11	27,67	1,86	2,18	18,97	8,71	26,99	323
1959		Chłopicka			6,29		2,92	15,82	9,53	5,80	29,56	13,74	5,70	36,41	6,85	4,89	22,74	13,67	35,83	382
	Susza II	Opolska						20,11	9,37	4,81	23,96	3,85	4,13	28,42	4,46	2,38	21,96	6,46	34,18	189
		Chłopicka						22,60	12,69	7,12	32,25	9,65	6,05	34,64	2,39	4,29	23,64	10,99	43,88	250
	Przedział ufności					1,01		0,76	2,18		1,10	2,77		1,41	2,20		1,04	1,58	1,67	
	Optimum wody	Opolska	1,25	0,90	12,74	11,49	5,67	21,92	9,18	7,10	29,73	7,81	6,07	33,93	4,20	4,01	24,66	9,27	23,65	392
		Chłopicka												38,19		5,45	27,86	10,33	25,25	409
1959	Susza I	Opolska			9,55	8,30	3,81	14,30	4,75	3,83	20,53	6,23	2,96	27,65	6,92	3,39	20,26	7,39	23,92	309
		Chłopicka												32,66		4,90	24,50	8,16	22,35	365
	Przedział ufności													2,40		0,93	1,82	1,61		

* W r. 1956 sprzętu roślin dokonano czwartego dnia po rozpoczęciu się dojrzałości woskowej.

** Przyrost obliczony na podstawie plonu roślin sprzątniętych na początku krzewienia, przy optymalnym zaopatrzeniu w wodę.

TABELA 3

Ogólna zawartość wody (w %) w części nadziemnej roślin

Rok	Kombinacja	Odmiana pszenicy	Faza wegetacji			
			Początek krzewienia	Początek strzelania w źdźbło	Początek kłoszenia	Koniec dojrzalości mlecznej
1955	Optimum wody	Opolska Chłopicka	86,3 ± 0,4 87,1 ± 0,2	84,5 ± 0,2 86,5 ± 0,3	72,1 ± 0,5 71,8 ± 0,1	66,2 ± 0,5 63,3 ± 0,8
	Susza I	Opolska Chłopicka	— —	80,7 ± 0,3 82,0 ± 0,3	73,7 ± 0,1 71,4 ± 1,0	66,9 ± 0,7 64,7 ± 0,3
	Susza II	Opolska Chłopicka	— —	— —	65,7 ± 0,2 68,7 ± 0,3	63,4 ± 0,5 64,9 ± 0,5
	Optimum wody	Opolska Chłopicka	86,3 ± 0,2 86,8 ± 0,2	80,8 ± 0,2 82,7 ± 0,9	71,9 ± 0,3 72,6 ± 0,3	54,0 ± 0,2 56,1 ± 0,5
1956	Susza I	Opolska Chłopicka	— —	74,2 ± 0,2 76,9 ± 0,4	70,2 ± 0,2 72,5 ± 0,1	57,5 ± 0,2 60,3 ± 0,1
	Susza II	Opolska Chłopicka	— —	— —	63,0 ± 0,5 67,7 ± 0,2	53,3 ± 1,2 56,6 ± 0,2
	Optimum wody	Opolska Chłopicka	— —	85,2 ± 0,3 85,0 ± 0,2	74,6 ± 0,4 73,5 ± 0,3	61,7 ± 0,4 62,1 ± 0,3
	Susza I	Opolska Chłopicka	— —	80,0 ± 0,7 81,3 ± 0,1	78,7 ± 0,7 75,6 ± 0,2	66,1 ± 1,1 65,5 ± 0,7
1958	Susza II	Opolska Chłopicka	— —	— —	70,5 ± 0,4 67,3 ± 0,7	62,9 ± 1,1 63,1 ± 0,2
	Optimum wody	Opolska Chłopicka	88,1 ± 0,2	79,9 ± 0,1	74,6 ± 0,7	71,1 ± 0,3
	Susza I	Opolska Chłopicka	—	76,8 ± 0,5	73,4 ± 0,8	72,1 ± 0,3
	Susza II	Opolska Chłopicka	—	—	—	—

słomy, jak i ziarna. W r. 1958, w którym „Opolska” miała najwyższe plony, nie wystąpiły już istotne różnice między odmianami ani w plonie słomy, ani w plonie ziarna (przy plonie „Chłopskiej” nie niższym niż w 1956 r.).

Podobnie jak przyrost suchej masy części nadziemnej — kształtowały się przyrosty masy korzeni. W fazie pełnej dojrzałości masa korzeni była zawsze już mniejsza niż w poprzednim okresie rozwoju roślin.

Deficyt wodny w czasie krzewienia roślin wywarł zarówno bezpośredni, jak i następny wpływ ujemny na wysokość plonów u obu odmian (tab. 2). „Ostka Chłopska” zareagowała na suszę glebową w tej fazie głównie obniżką plonów słomy. Należy podkreślić, że u „Opolskiej” spadek plonu ziarna był prawie dwukrotnie większy niż u „Chłopskiej”. Ciężar 1000 nasion w tej kombinacji był znacznie większy u pszenicy ościstej w porównaniu z bezostną (z wyjątkiem plonu 1959 r.).

Ujemny wpływ następny niedoboru wody w czasie strzelania w źdźbło szczególnie wyraźnie przejawiał się w plonie nasion, przy czym „Opolska” zareagowała o wiele silniej niż „Ostka Chłopska”. W porównaniu z „Ostką Chłopską” zmniejszyła się znacznie zarówno ilość nasion, jak i ich ciężar.

Przeciętne (średnie z 4 lat doświadczeń) plony powietrznie suchej masy części nadziemnej w kombinacji „susza II” wynosiły u „Opolskiej” — 62,5%, a u „Ostki Chłopskiej” — 74,9% w stosunku do plonów w warunkach optymalnych. Odpowiednie plony ziarna u „Opolskiej” — 39,8%, a u „Ostki Chłopskiej” — 58,6%.

Sucha masa korzeni u obu odmian spadała nieprzerwanie od okresu suszy w czasie strzelania w źdźbło do końca wegetacji, przy czym u „Ostki Chłopskiej” spadek ten był łagodniejszy niż u „Opolskiej” i przy końcu wegetacji (1958 r.) sucha masa korzeni była u pszenicy ościstej prawie dwukrotnie większa w porównaniu z bezostną.

Po okresie suszy w fazie wypełniania się nasion ogólny plon końcowy u „Ostki Chłopskiej” był podobny jak u roślin kontrolnych, jednak stosunek ciężaru nasion do słomy wskazuje na zaburzenia w tych warunkach w odpływie asymilatów z części wegetatywnej do generatywnej. U „Opolskiej”, w odróżnieniu od „Chłopskiej”, końcowy plon cz. nadziemnej był nieco mniejszy niż w kombinacji kontrolnej.

U „Chłopskiej” pod wpływem „suszy III” zmniejszyła się ilość nasion, przy jednakowym — w porównaniu z kontrolą — ich ciężarze. Natomiast u „Opolskiej” uległy zmniejszeniu zarówno ilość, jak i ciężar nasion.

W omawianej kombinacji nie stwierdzono różnic w plonie korzeni między odmianami.

Zmiany w ogólnej zawartości wody w części nadziemnej

W miarę starzenia się roślin zawartość wody u obu odmian we wszystkich kombinacjach ulegała zmniejszeniu (tab. 3). W warunkach optymalnych różnice między odmianami leżą przeważnie w granicach błędu. Tylko w niektórych przypadkach ogólna zawartość wody u „Ostki Chłopickiej” była nieco wyższa niż u „Opolskiej”.

Niedobór wody w fazie krzewienia powodował początkowo obniżenie się procentowej zawartości wody u obu odmian. Później jednak zanikło już następce działanie tego niedoboru i do końca wegetacji nie obserwowano wyraźnych różnic w uwodnieniu tkanek w stosunku do roślin kontrolnych.

Różnice w ogólnej zawartości wody u obu odmian były w tych warunkach w większości przypadków nieznaczne. Jedynie w 1956 r. zawartość ta u „Ostki Chłopickiej” była wyższa niż u „Opolskiej”.

W kombinacji „susza II” obie odmiany pszenic zawierały w czasie strzelania w źdźbło i kłoszenia-kwitnienia mniej wody niż w warunkach optymalnych. W fazie wypełniania się nasion różnica ta już zanikła i zawartość wody w obu kombinacjach była prawie jednakowa.

W latach 1955 i 1956 „Ostka Chłopicka” (w omawianej kombinacji) zawierała wyższy procent wody w części nadziemnej niż „Opolska”. W r. 1958 prawidłowości tej nie obserwowano.

W kombinacji „susza III” zawartość wody przy końcu fazy wypełniania się nasion była następująca: „Opolska” — $39,4 \pm 1,2\%$, a „Ostka Chłopicka” — $47,9 \pm 0,8\%$. W kombinacji tej obie odmiany zawierały mniej wody niż w warunkach optymalnych, ale deficyt wodny u „Chłopickiej” był mniejszy niż u „Opolskiej”.

Zawartość wody wolnej i związanej w młodych liściach oraz straty wody nad H_2SO_4 (dośw. 1956 r.)

Dane przedstawione w tabeli 4 wykazują, że od krzewienia do kwitnienia malała zawartość wody wolnej w młodych liściach obu odmian. Zmniejszało się również i ogólne uwodnienie tych organów, lecz w mniejszym stopniu niż spadała procentowa zawartość wody wolnej. Stąd też zawartość wody związanej w badanym okresie ulegała zwiększeniu.

W fazie kwitnienia względna zawartość wody związanej w liściach VI piętra była około dwukrotnie większa niż zawartość wody wolnej.

Spośród trzech badanych faz rozwojowych — jedynie w fazie strzelania w źdźbło — „Ostka Chłopicka” zawierała więcej wody związanej i odpowiednio mniej wody wolnej w porównaniu z „Opolską”.

Zawartość wody wolnej i związanej w liściach oraz straty wody nad H_2SO_4 (dośw. 1956 r.)

Kombi- nacja	Odmiana pszenicy	Rodzaj wody	F a z a w e g e t a c j i					
			Początek krzewienia (liście II piętra)		Początek strzel. w źdźbło (liście IV piętra)		Początek kwitnienia (liście VI piętra)	
			% wody w stos. do św. masy	w stos. do og. zawart. wody	% wody w stos. do św. masy	w stos. do og. zawart. wody	% wody w stos. do św. masy	w stos. do og. zawart. wody
Optimum wody	Opolska	Woda ogółem	86,2 ± 0,3	100,0%	84,2 ± 0,6	100,0%	77,2 ± 0,5	100,0%
		Woda wolna	50,3 ± 3,6	58,4%	42,0 ± 0,9	49,9%	26,9 ± 3,1	34,8%
		Woda związana	35,9 ± 3,6	41,6%	42,2 ± 0,9	50,1%	50,3 ± 3,1	65,2%
		Strata wody nad H_2SO_4	23,1 ± 2,2	26,7%	21,7 ± 3,6	24,6%	37,6 ± 2,3	47,9%
	Ostka Chłopicka	Woda ogółem	86,9 ± 0,2	100,0%	83,0 ± 0,4	100,0%	76,8 ± 0,5	100,0%
		Woda wolna	51,9 ± 1,4	59,7%	35,9 ± 1,5	43,3%	28,2 ± 1,8	36,7%
		Woda związana	35,0 ± 1,4	40,3%	47,1 ± 1,5	56,7%	48,6 ± 1,8	63,3%
		Strata wody nad H_2SO_4	16,1 ± 0,9	18,7%	14,9 ± 3,0	18,0%	26,7 ± 2,4	34,7%
Susza I	Opolska	Woda ogółem			79,3 ± 0,3	100,0%	74,1 ± 0,2	100,0%
		Woda wolna			35,7 ± 1,1	45,0%	22,3 ± 0,7	30,1%
		Woda związana			43,6 ± 1,1	55,0%	51,8 ± 0,7	69,9%
		Strata wody nad H_2SO_4			19,4 ± 2,3	24,5%	35,7 ± 3,1	46,8%
	Ostka Chłopicka	Woda ogółem			78,8 ± 0,2	100,0%	75,5 ± 0,4	100,0%
		Woda wolna			29,2 ± 2,0	37,2%	26,1 ± 0,8	34,6%
		Woda związana			49,2 ± 2,0	62,8%	49,4 ± 0,8	65,4%
		Strata wody nad H_2SO_4			14,1 ± 0,7	17,9%	31,6 ± 0,7	44,0%
Susza II	Opolska	Woda ogółem					75,4 ± 0,5	100,0%
		Woda wolna					23,2 ± 0,8	30,8%
		Woda związana					52,2 ± 0,8	69,2%
		Strata wody nad H_2SO_4					31,3 ± 2,4	41,6%
	Ostka Chłopicka	Woda ogółem					75,2 ± 0,1	100,0%
		Woda wolna					21,7 ± 1,0	28,9%
		Woda związana					53,5 ± 1,0	71,1%
		Strata wody nad H_2SO_4					20,2 ± 1,4	26,8%

Po okresie suszy w fazie krzewienia obserwowano w liściach obu odmian mniejszą zawartość wody ogółem i wody wolnej, aniżeli w warunkach „optimum wody”. Natomiast procentowa zawartość wody związanej nie uległa zmianie.

Deficyt wody w fazie strzelania w źdźbło spowodował u obu odmian zmniejszenie względnej zawartości wody wolnej, a zwiększenie zawartości wody związanej, szczególnie u „Ostki Chłopickiej”.

Z danych tabeli 4 wynika również, że ścięte liście odmiany „Opolska” we wszystkich kombinacjach traciły znacznie więcej wody nad kwasem siarkowym niż liście „Ostki Chłopickiej”, pomimo jednakowej u obu odmian ogólnej zawartości wody.

Przebieg transpiracji w latach 1955—1956

W pierwszej połowie okresu wegetacyjnego 1955 roku temperatura była znacznie niższa niż w 1956 r. (ryc. 1). Natomiast druga połowa tego okresu charakteryzowała się wyższą temperaturą w 1955 r. niż w 1956 r. Bardzo podobnie jak układ temperatury w omawianym czasie kształtowały się wahania niedosytu wilgotności powietrza. W związku z takim układem warunków atmosferycznych, maksimum natężenia transpiracji roślin (ryc. 3) wystąpiło w r. 1956 odpowiednio wcześniej (w czasie strzelania w źdźbło) niż w r. 1955 (w okresie kłoszenia). W obu latach, mniej więcej do połowy fazy strzelania w źdźbło, w warunkach optymalnych, „Opolska” i „Ostka Chłopicka” transpirowały na ogół z jednakową intensywnością. Później jednak, prawie do końca wegetacji,

Ryc. 3. Transpiracja roślin w czasie wegetacji 1955 i 1956 r. (średnie dekadowe). Optymalne zaopatrzenie w wodę. 1 — „Opolska” w 1955 r.; 2 — „Ostka Chłopicka” w 1955 r.; 3 — „Opolska” w 1956 r.; 4 — „Ostka Chłopicka” w 1956 r.

TABELA 5

Transpiracja i współczynniki transpiracji roślin przy różnym zaopatrzeniu w wodę

Rok	Kombinacja	Odmiana pszenicy	Sumaryczna transpiracja w kg	Sumar. parow. z wazonu bez roślin w kg	Wielkość współczynnika transpiracji w fazie:					
					2-3 liści	Początek krzewienia	Początek strzelania w źdźbło	Początek kłoszenia	Koniec dojrzałości młecznej	Cały okres wegetacji
1955	Optimum wody	Opolska	10,76 ± 0,41	3,35	253 ± 15	513 ± 44	365 ± 10	280 ± 10	372 ± 42	351 ± 7
		Chłopicka	13,25 ± 0,27		364 ± 13	346 ± 13	411 ± 6	258 ± 3	303 ± 5	338 ± 16
	Susza I	Opolska	7,93 ± 0,30	2,77			282 ± 18	317 ± 5	325 ± 20	345 ± 13
		Chłopicka	10,79 ± 0,42				274 ± 6	269 ± 6	334 ± 34	323 ± 6
	Susza II	Opolska	7,46 ± 0,08	2,65				274 ± 50	507 ± 62	408 ± 12
		Chłopicka	8,81 ± 0,20					252 ± 26	485 ± 22	360 ± 10
	Optimum wody	Opolska	15,51 ± 0,32	3,65		424 ± 5	316 ± 4	440 ± 16	455 ± 25	413 ± 10
		Chłopicka	17,64 ± 0,30			390 ± 9	350 ± 18	363 ± 7	361 ± 22	381 ± 12
1956	Susza I	Opolska	9,61 ± 0,65	3,10			215 ± 5	415 ± 17	478 ± 44	389 ± 10
		Chłopicka	13,67 ± 0,93				210 ± 4	543 ± 46	310 ± 3	385 ± 9
	Susza II	Opolska	9,18 ± 0,26	2,85				401 ± 65	584 ± 72	397 ± 13
		Chłopicka	13,24 ± 0,31					345 ± 36	290 ± 27	376 ± 11
	Susza III	Opolska	13,17 ± 0,65	3,10					400 ± 41	385 ± 8
		Chłopicka	15,05 ± 0,48						302 ± 26	324 ± 7

transpiracja „Ostki Chłopickiej” była większa niż „Opolskiej”. Stąd też i sumaryczna transpiracja pszenicy ościstej była większa w porównaniu z bezostną (tab. 5).

Wielkości współczynnika transpiracji ulegały w czasie wegetacji dość znacznym wahaniom. Podobne wahania stwierdzono również porównując obie odmiany. Można jedynie podkreślić, że w drugiej połowie okresu wegetacji (począwszy od fazy strzelania w źdźbło) współczynniki transpiracji „Ostki Chłopickiej” były niższe niż u „Opolskiej”. Różnice w wielkości współczynników transpiracji u obu odmian obliczone za cały okres wegetacji są jednak w granicach błędu doświadczenia.

Przebieg transpiracji roślin w warunkach deficytu wodnego w fazie krzewienia (ryc. 4) miał podobny charakter jak przy „optimum wody”.

Ryc. 4. Transpiracja roślin w czasie wegetacji 1955 i 1956 r. (średnie dekadowe) Deficyt wodny w fazie krzewienia. 1 — „Opolska” w 1955 r.; 2 — „Ostka Chłopicka” w 1955 r.; 3 — „Opolska” w 1956 r.; 4 — „Ostka Chłopicka” w 1956 r.

W tych warunkach stwierdzono również podobne wahania w wielkości współczynnika transpiracji w poszczególnych fazach rozwojowych. Oczywiście susza w fazie krzewienia spowodowała obniżenie transpiracji w tej fazie, ale obniżenie to było bardziej wyraźne u „Opolskiej” niż u „Ostki Chłopickiej”. Procentowy spadek ogólnej transpiracji wynosił w r. 1955 dla „Opolskiej” — 26,4%, a dla „Chłopickiej” — 18,5%; w r. 1956 — dla „Opolskiej” — 38,0%, a dla „Chłopickiej” — 22,3%.

Podobnie niedobór wody w fazie strzelania w źdźbło spowodował obniżenie wielkości transpiracji roślin w tej i w następnych fazach wegetacji (ryc. 5). W tych warunkach wielkości współczynników transpiracji u obu odmian różniły się nieznacznie. Jedynie w czasie wypełniania się nasion w 1956 r. współczynnik ten był prawie dwukrotnie większy u „Opolskiej” niż u „Ostki Chłopickiej”.

W czasie „suszy III” transpiracja obniżyła się w jednakowym stopniu

Ryc. 5. Transpiracja roślin w czasie wegetacji 1955 i 1956 r. (średnie dekadowe) Deficyt wodny w fazie strzelania w źdźbło. 1 — „Opolska” w 1955 r.; 2 — „Ostka Chłopska” w 1955 r.; 3 — „Opolska” w 1956 r.; 4 — „Ostka Chłopska” w 1956 r.

u obu odmian, mimo iż „Ostka Chłopska” wyparowała więcej wody niż „Opolska”.

Wielkość współczynnika transpiracji była w tych warunkach większa u pszenicy bezostnej niż u ościstej.

Zmiany w zawartości chlorofilu w młodych liściach (dośw. 1955 r.)

W warunkach optymalnego zaopatrzenia roślin w wodę zawartość chlorofilu w młodych liściach (z wyjątkiem przeliczenia na świeżą masę) była mniej więcej jednakowa u obu odmian i nie ulegała dużym zmianom w czasie wegetacji (tab. 6). Zawartość ta zwiększyła się jednak wyraźnie w czasie kwitnienia.

Po deficycie wodnym w fazie krzewienia, poczynając od końca strzelania w źdźbło, zawartość chlorofilu w liściach była wyższa niż w warunkach optymalnych. W serii roślin „susza I” w większości przypadków nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości chlorofilu między badanymi odmianami. Jedynie, podobnie jak przy „optimum wody”, w czasie kwitnienia liście „Ostki Chłopskiej” zawierały więcej chlorofilu niż liście „Opolskiej”.

Przy deficycie wodnym w fazie strzelania w źdźbło — zawartość chlorofilu w młodych liściach było pod koniec tej fazy niższa niż w warunkach optymalnych. W tej kombinacji w czasie kwitnienia liście VI piętra „Ostki Chłopskiej” zawierały więcej chlorofilu niż liście „Opolskiej”.

TABELA 6

Zawartość chlorofilu w młodych liściach (dośw. 1955 r.)

Kombinacja	Odmiana pszenicy	Zawartość chlorofilu				
		w przelicze- niu na:	w fazie wegetacji:			
		początek krze- wienia (liście III + IV piętra)	koniec krzewie- nia (liście IV + V piętra)	pełne strzelanie w źółbto (liście IV + V piętra)	koniec strzelania w źółbto (liście V + VI piętra)	koniec kwitnie- nia (liście VI piętra)
Optimum wody	Opolska	— 59,6 ± 3,5 15,2 ± 0,5	0,76 ± 0,02 47,2 ± 4,4 13,9 ± 0,4	0,91 ± 0,02 49,7 ± 2,2 15,6 ± 0,2	0,91 ± 0,03 40,0 ± 2,4 14,4 ± 0,6	4,29 ± 0,06 45,0 ± 3,0 21,8 ± 0,9
	Chłopicka	— 60,6 ± 2,7 14,3 ± 0,2	0,69 ± 0,02 46,3 ± 4,9 13,0 ± 0,5	0,78 ± 0,03 42,8 ± 4,4 14,2 ± 0,4	0,87 ± 0,04 38,3 ± 1,8 12,6 ± 0,7	4,53 ± 0,02 53,7 ± 0,7 20,0 ± 0,6
Susza I	Opolska		0,96 ± 0,04 47,8 ± 2,3 16,3 ± 0,9	0,97 ± 0,04 48,4 ± 3,4 15,3 ± 0,3	1,06 ± 0,02 47,3 ± 0,8 16,6 ± 0,5	1,43 ± 0,06 50,9 ± 0,3 23,4 ± 1,2
	Chłopicka		0,84 ± 0,07 46,0 ± 2,4 14,9 ± 0,6	0,98 ± 0,03 43,0 ± 1,2 18,3 ± 0,6	1,18 ± 0,03 49,1 ± 3,5 18,4 ± 1,8	1,81 ± 0,19 61,3 ± 4,5 27,2 ± 3,1
Susza II	Opolska				0,77 ± 0,01 32,0 ± 1,2 10,8 ± 0,1	1,32 ± 0,03 47,5 ± 0,7 15,5 ± 3,0
	Chłopicka				0,61 ± 0,1 28,9 ± 0,3 9,2 ± 0,2	1,63 ± 0,0 53,7 ± 0,8 —

Intensywność oddychania liści (dośw. 1958 r.)

Natężenie oddychania liści V i VI piętra roślin będących w warunkach optymalnego zaopatrzenia w wodę było mniej więcej jednakowe u obu odmian (tab. 7) i nie ulegało wyraźnej zmianie w ciągu wegetacji, jeśli wyniki oznaczeń przeliczono na świeżą czy suchą masę liści. W przeliczeniu zaś na zawartość azotu białkowego oddychanie liści z tego samego piętra było intensywniejsze w fazie kłoszenia aniżeli w fazie strzelania w źdźbło, przy czym intensywność oddychania u „Opolskiej” była większa niż u „Ostki Chłopickiej”. Procentowa zawartość azotu białkowego była nieco wyższa na korzyść liści pszenicy ościstej (tab. 8). We wszystkich kombinacjach — w przeliczeniu na jednostkę N-białkowego — w miarę starzenia się, liście (VI piętra) pobierały więcej tlenu niż w poprzednim okresie wegetacji.

TABELA 7

Intensywność oddychania młodych liści (dośw. 1958 r.)

Kombinacja	Odmiana pszenicy	µl O ₂ w przeliczeniu na:	Ilość pobranego tlenu w fazie:		
			Początek strzelania w źdźbło (liście V piętra)	Koniec strzelania w źdźbło (liście VI piętra)	Koniec kłoszenia (liście VI piętra)
Optimum wody	Opolska	g św. m.	503 ± 3	560 ± 31	501 ± 23
		g such. m.	2225 ± 55	2971 ± 33	2670 ± 52
		mg N-białk.	—	109,9 ± 1,1	121,2 ± 0,3
	Ostka Chłopicka	g św. m.	504 ± 24	547 ± 38	630 ± 23
		g such. m.	2160 ± 53	2269 ± 56	2683 ± 20
		mg N-białk.	—	67,6 ± 2,9	107,1 ± 2,8
Susza I	Opolska	g św. m.	395 ± 15	756 ± 3	853 ± 0
		g such. m.	1802 ± 67	3064 ± 22	3090 ± 24
		mg N-białk.	—	86,1 ± 0,5	97,1 ± 1,1
	Ostka Chłopicka	g św. m.	547 ± 34	756 ± 35	914 ± 52
		g such. m.	2171 ± 68	2964 ± 97	3275 ± 176
		mg N-białk.	—	80,1 ± 1,8	114,6 ± 9,4
Susza II	Opolska	g św. m.		1066 ± 60	696 ± 72
		g such. m.		3840 ± 229	2707 ± 10
		mg N-białk.		161,8 ± 12,2	147,8 ± 2,1
	Ostka Chłopicka	g św. m.		555 ± 36	636 ± 18
		g such. m.		2513 ± 157	2604 ± 138
		mg N-białk.		91,1 ± 8,3	113,9 ± 7,2

Badane liście „Ostki Chłopickiej” z kombinacji „susza I” oddychały na ogół intensywniej aniżeli takie same liście z „optimum wody” (wyjątek stanowiły liście V piętra badane na początku strzelania w żdźbło). Oddychanie liści „Opolskiej” niewiele różniło się w obu kombinacjach. W kombinacji — deficyt wodny w fazie krzewienia — nie stwierdzono istotnej różnicy w natężeniu oddychania między obu badanymi odmianami pszenicy. Jedynie w tej kombinacji w jednym przypadku liście „Ostki Chłopickiej” zawierały niższy procent azotu białkowego niż liście „Opolskiej”.

W większości przypadków natężenie oddychania liści przy „suszy II” wzrosło u obu odmian w porównaniu z intensywnością oddychania w warunkach „optimum wody”. Wzrost ten był wyraźniejszy u „Opolskiej” niż u „Ostki Chłopickiej”.

Po okresie deficytu wodnego w fazie strzelania w żdźbło intensywność oddychania liści VI piętra, w miarę ich starzenia się, wyraźnie spadała u „Opolskiej”, a u „Ostki Chłopickiej” przejawiała się raczej tendencja odwrotna.

TABELA 8

Zawartość N-białkowego w liściach (w % such. masy)

Kombinacja	Odmiana pszenicy	% N-białk. w fazie:	
		Koniec strzel. w żdźbło (liście VI piętra)	Koniec kłoszenia (liście VI piętra)
Optimum wody	Opolska Chłopicka	2,68	2,19
		3,35	2,51
Susza I	Opolska Chłopicka	3,56	3,18
		3,70	2,86
Susza II	Opolska Chłopicka	2,38	1,94
		2,77	2,29

Bezwzględne wielkości pobieranego tlenu w różnych fazach rozwojowych we wszystkich kombinacjach były przeważnie większe u „Opolskiej” niż u „Ostki Chłopickiej”, szczególnie w przeliczeniu na jednostkę azotu białkowego.

Zawartość białka w badanych liściach z kombinacji „susza II” (podobnie jak przy „optimum wody”) była u „Ostki Chłopickiej” nieco większa niż u „Opolskiej” (tab. 8).

DYSKUSJA

Przedstawione wyniki doświadczeń (w warunkach wazonowych) wykazały, że przy optymalnym zaopatrzeniu w wodę badane odmiany często nie plonują jednakowo. W latach 1955, 1956 i 1959 plon końcowy „Ostki Chłopickiej” był większy od „Opolskiej”. Natomiast w r. 1958 różnice między odmianami leżały blisko granicy błędu doświadczalnego. Jest rzeczą możliwą, że odmienne zachowanie się „Opolskiej” w r. 1958 było wynikiem innego pochodzenia nasion. Wpływ pochodzenia (warunków uprawy) nasion na plony roślin został stwierdzony przez Listowskiego i in. (1956) między innymi w badaniach nad „Ostką Kleszczewską”.

Pod koniec wegetacji „Ostka Chłopicka” wykazywała intensywniejszy wzrost niż „Opolska”. Różne więc plonowanie obu badanych odmian było wynikiem głównie różnic w intensywności wzrostu w późniejszych fazach rozwoju.

Różnice w plonie ziarna na korzyść „Ostki Chłopickiej” były wynikiem większego ciężaru ziaren skutkiem lepszego ich wypełnienia.

Różnice (jeśli istniały) w plonie korzeni były w dużym stopniu skorelowane z plonami części nadziemnej. Mimo dużego błędu, jakim są obciążone plony korzeni, różnice między odmianami są udowodnione. Jest rzeczą charakterystyczną, że gdy „Ostka Chłopicka” miała większy plon masy nadziemnej, to i życie jej korzeni było dłuższe niż u „Opolskiej”. Możliwość nieco wcześniejszego obumierania korzeni u „Opolskiej” w porównaniu z „Ostką Chłopicką” (co zaznaczyło się najwyraźniej w r. 1956) może w pewnym stopniu wyjaśniać różnice w nagromadzaniu suchej masy części nadziemnej u tych odmian.

Ponieważ nie obserwowano dużych różnic w długości poszczególnych faz rozwojowych i obumieranie liści u obu odmian przebiegało w jednakowym czasie, wyższe więc plony „Ostki Chłopickiej” w porównaniu z „Opolską” mogą być tłumaczone głównie większą fotosyntezą efektywną w ostatnim okresie wegetacji pszenicy ościstej. Dodatnią rolę ości w procesie nagromadzania masy organicznej u pszenicy w okresie wypełniania się nasion, w zależności od okresowej suszy glebowej, wykazały badania Asana, Saini i Ray (1958) oraz Asana i Saini (1958).

Badane odmiany różniły się ilością wytranspirowanej wody w czasie wegetacji oraz wielkością współczynnika transpiracji (liczoną za okres od końca kłoszenia do początku dojrzałości woskowej). Wyniki te wskazują, że w czasie dojrzewania „Ostka Chłopicka” gospodarowała wodą bardziej „ekonomicznie” niż „Opolska”.

Interesującą jest rzeczą, że młode liście „Opolskiej” umieszczone nad stęż. kwasem siarkowym tracą więcej wody niż liście „Ostki Chłopickiej”.

kiej". Na początku kwitnienia, kiedy obserwowano znaczny spadek zawartości wody wolnej, liście „Opolskiej” traciły w ciągu 4 godzin nie tylko wodę wolną, lecz nawet dużą część tzw. wody związanej. Tymczasem u „Ostki Chłopickiej” straty te nie przekraczały zawartości „wody wolnej”. Wydaje się więc, że liście „Chłopickiej” posiadają wyższą zdolność do utrzymywania wody niż liście „Opolskiej”.

Różnice między badanymi odmianami zaznaczyły się również w in-

TABELA 9

Dynamika plonów części nadziemnej w liczbach względnych (w %)

Plon końcowy przy „optimum wody” przyjęto za 100%

Rok	Kombinacja	Odmiana pszenicy	Faza rozwoju						
			Początek krzewienia	Początek strzelania w źdźbło	Początek kłoszenia	Koniec dojrzał. młecz.*	Dojrzałość końcowa		
							Część nadziemna	Stoma	Nasiona
1955	Optimum wody	Opolska	10,6	43,9	70,1	87,0	100,0	100,0	100,0
		Chłopicka	5,8	33,6	57,2	76,6	100,0	100,0	100,0
	Susza I	Opolska	—	31,5	48,7	67,2	74,8	71,4	86,9
		Chłopicka	—	26,9	45,3	61,8	85,0	82,6	91,2
	Susza II	Opolska	—	—	46,7	51,3	60,0	65,2	39,9
		Chłopicka	—	—	42,1	46,7	62,4	67,5	49,2
1956	Optimum wody	Opolska	5,6	44,3	79,6	102,5	100,0	100,0	100,0
		Chłopicka	4,6	33,3	69,4	100,3	100,0	100,0	100,0
	Susza I	Opolska	—	24,3	47,5	65,3	65,9	66,7	64,0
		Chłopicka	—	25,9	41,6	78,6	76,8	75,3	80,2
	Susza II	Opolska	—	—	55,8	66,9	61,1	70,9	39,0
		Chłopicka	—	—	47,0	73,6	76,1	82,3	62,5
	Susza III	Opolska	—	—	—	98,9	91,2	101,1	69,1
		Chłopicka	—	—	—	93,9	100,3	104,2	82,5
1958	Optimum wody	Opolska	—	24,1	57,0	87,0	100,0	100,0	100,0
		Chłopicka	—	21,0	59,3	90,3	100,0	100,0	100,0
	Susza I	Opolska	—	14,4	33,9	58,0	62,2	66,5	54,6
		Chłopicka	—	13,3	33,6	62,7	77,3	75,8	79,8
	Susza II	Opolska	—	—	45,2	53,9	63,9	76,9	40,5
		Chłopicka	—	—	48,0	68,4	73,5	78,8	64,2
1959	Optimum wody	Opolska	3,7	37,5	64,6	87,6	100,0	100,0	100,0
		Chłopicka	—	—	—	—	100,0	100,0	100,0
	Susza I	Opolska	—	28,1	42,1	60,5	81,5	82,1	79,7
		Chłopicka	—	—	—	—	85,5	87,9	79,0

*) Sprzętu roślin w tej fazie 1956 r. dokonano w opóźnionym terminie.

tensywności oddychania młodych liści. Liście „Opolskiej” w warunkach dobrego zaopatrzenia w wodę oddychały intensywniej (szczególnie w przeliczeniu na jednostkę azotu białkowego) niż liście „Ostki Chłopickiej”.

W warunkach deficytu wodnego rośliny wykazywały zahamowanie wzrostu i spadek plonów (tab. 9).

Wpływ deficytu wodnego w fazie krzewienia przejawiał się bezpośrednio w czasie jego trwania, jak też i w następnych fazach wegetacji. W miarę rozwoju roślin ten wpływ następczy uwiódrczył się głównie w spadku plonu słomy. Natomiast wpływ następczy deficytu w fazie strzelania w źdźbło przejawiał się silnie do końca wegetacji i odbił się bardziej ujemnie na plonie nasion aniżeli słomy.

Deficyt wodny, niezależnie od fazy na jaką przypadał, wywierał do okresu kłoszenia na ogół jednakowy na obie odmiany wpływ bezpośredni, jak i następczy. Natomiast po kłoszeniu wpływ następczy był znacznie większy u „Opolskiej” niż u „Ostki Chłopickiej”.

Analogicznie też jak w optymalnych warunkach wodnych, korzenie „Opolskiej” w kombinacjach „suszowych” obumierały znacznie szybciej aniżeli korzenie „Ostki Chłopickiej”.

Niezależnie od fazy, w której rośliny wykazywały deficyt wodny, „Ostka Chłopicka” — mimo znacznie większej ilości wytranspirowanej wody, gospodarowała nią „ekonomiczniej”, szczególnie w końcowym okresie wegetacji, niż „Opolska”. Na przyczyny tego zjawiska może składać się szereg czynników, podobnie jak w przypadku różnic w plonach między odmianami, gdy badane pszenice rosły w warunkach optymalnych.

W kombinacjach „suszowych” (podobnie jak przy „optimum wody”) „Ostka Chłopicka” wykazywała wyższą zdolność do utrzymywania wody przez liście niż „Opolska”. W ten sposób potwierdzała by się hipoteza Maksimowa (1952), że przyczyna różnej odporności roślin na deficyt wodny może tkwić, między innymi, prawdopodobnie w różnych właściwościach plazmy. Omawiane wyniki doświadczeń potwierdzają również pogląd Henckla i Nowosielewej (1955), że odmiany roślin bardziej odporne na suszę odznaczają się wyższą zdolnością do utrzymywania wody niż odmiany wrażliwe.

W omawianych badaniach obserwowano wyraźny wpływ następczy deficytu wodnego w fazie krzewienia się na zwiększanie się zawartości chlorofilu w liściach obu odmian. Giubbieniet (1952) twierdzi, że dotychczas nie wyjaśniono ściśle korelacji między zawartością wody i chlorofilu w liściach. Jest rzeczą możliwą, że susza w czasie krzewienia wywołała zahamowanie wzrostu komórek liści, które kształtowały się w tym okresie. Stąd też względna zawartość chlorofilu w tych liściach była większa niż w warunkach optymalnego zaopatrzenia w wodę.

W większości przypadków w warunkach suszy liście pszenic oddychały intensywniej niż przy „optimum wody”, co potwierdzałoby obserwacje Mothesa (1928) dotyczące oddychania liści wykazujących deficyt wodny.

Wszystkie badane wskaźniki omówione wyżej miały na celu wyjaśnienie różnic większej odporności „Ostki Chłopickiej” na deficyt wodny niż „Opolskiej”.

Można przypuszczać, że ta różnica w odporności częściowo tkwi we właściwościach plazmy, co się przejawia w zdolności do utrzymywania wody, w intensywności oddychania itp. Wydaje się jednak, że główna przyczyna tkwi we właściwościach biologicznych i fizjologicznych występujących w późnym okresie ich życia, tzn. od końca kłoszenia do dojrzewania nasion. Te różnice we właściwościach są prawdopodobnie uwarunkowane w głównej mierze poprzednimi fazami cyklu ontogenetycznego. Nie małą też rolę, wydaje się, odgrywa tutaj dynamika wzrostu systemu korzeniowego. Warunki doświadczeń wazonowych ograniczają możliwość bardziej szczegółowych badań w tym zakresie. Warto by przeprowadzić na ten temat badanie w warunkach bardziej naturalnych, a mianowicie w warunkach polowych.

STRESZCZENIE I WNIOSKI

Przeprowadzone doświadczenia w warunkach wazonowych wskazują, że:

1. W optymalnych warunkach zaopatrzenia w wodę —
 - a. „Ostka Chłopicka” najczęściej daje wyższe plony niż „Opolska”,
 - b. różnice w nagromadzaniu masy przejawiają się głównie w późniejszym okresie wegetacji na korzyść „Ostki Chłopickiej”,
 - c. korzenie obumierają szybciej u pszenicy bezostnej niż ościstej,
 - d. zapotrzebowanie wody jest większe u „Ostki Chłopickiej”, ale gospodaruje nią oszczędniej niż „Opolska”,
 - e. liście „Ostki Chłopickiej” posiadają większą zdolność do utrzymywania wody niż liście „Opolskiej”,
 - f. intensywność oddychania liści u badanej pszenicy ościstej jest najczęściej niższa niż u bezostnej,
2. W warunkach deficytu wodnego w fazie krzewienia, strzelania w źdźbło lub wypełniania się nasion —
 - a. „Ostka Chłopicka” wykazuje większą odporność niż „Opolska”, co przejawia się w większym plonie nasion, słomy i korzeni u pszenicy ościstej,
 - b. deficyt wodny w fazie krzewienia lub strzelania w źdźbło wy-

wiera do okresu kłoszenia na ogół jednakowy ujemny wpływ na plon obu odmian, po wykłoszeniu się zaś wpływ ten odbija się silniej na wielkości plonów „Opolskiej” niż „Ostki Chłopickiej”,

c. w tych warunkach również korzenie „Opolskiej” obumierają szybciej niż u „Chłopickiej”,

d. badana oścista w kombinacjach „suszowych” gospodaruje „ekonomiczniej” pobraną wodą i wykazuje większą zdolność utrzymywania jej przez liście niż pszenica bezostna,

e. deficyt wodny powoduje najczęściej wzmożenie oddychania liści u obu odmian.

3. Różnice niejednakowej odporności badanych odmian na okresowy deficyt wodny prawdopodobnie związane są z:

a. odmiennymi właściwościami plazmy, co przejawia się między innymi w różnej zdolności do utrzymywania wody,

b. właściwościami biologicznymi i fizjologicznymi występującymi w późniejszym okresie rozwoju i uwarunkowanymi być może poprzednimi fazami cyklu ontogenetycznego. Właściwości te uwidaczniają się w dynamice wzrostu systemu korzeniowego i w wielkości efektywnej fotosyntezy.

Pani prof. dr H. Bireckiej serdecznie dziękuję za cenne wskazówki i krytyczne uwagi udzielane mi w czasie wykonywania doświadczeń i opracowywania wyników.

*Zakład Fizjologii Roślin SGGW
w Warszawie*

(Wpłynęło: 6.10.1960 r.)

SUMMARY

The object of the investigations was to find the reasons for unequal drought resistance of two varieties of spring wheat Opolska and Ostka Chłopicka.

Pot-experiments were done during five years with part of the plants cultivated at 60 percent soil moisture and the remainder subjected to water deficit for 16—21 day periods (15—20 percent soil moisture — withering of leaves) when the plants were in the stage of tillering, shooting or seed formation.

The following data were determined during the growth period: intensity of weight increment of the aerial part of plant and roots, changes in water content, quantities of free and bound water in leaves, transpiration level, changes of transpiration coefficient, water retention capacity,

chlorophyll content and respiration intensity of leaves located at respective level on the stalk.

It was found that both under optimal conditions of water supply and periodical water deficit, the Ostka Chłopicka variety is marked by a bigger increase of dry weight by the end of the growth period and a slower dying of roots, thereby by a higher final yield than the Opolska variety.

Moreover, Ostka Chłopicka can manage somewhat more economically its water resources and displays a greater water retention capacity of leaves as compared with Opolska.

Respiration intensity is usually a little lower in Ostka Chłopicka (awned-variety) than in unawned wheat — Opolska.

Periodical water deficit is more harmful to Opolska than Ostka Chłopicka variety. It was found that starting with the ear formation the yields of straws, roots and seeds are greater in Ostka Chłopicka than in Opolska. In general water deficit increased respiration of leaves equally in the two varieties.

Judging by the results of the experiments it may be inferred that the reasons for different drought resistance (in the field) in the studied varieties are probably connected with different properties of the protoplasm (different water retention capacity) as well as with the different properties of the plants as regards the process of accumulation of the organic mass by the end of the vegetation period (different root growth and different effective photosynthesis).

LITERATURA

1. Aleksiejew A. M., Gusiew N. A., 1955, Fizjol. rast. 2(3):215—220.
2. Asana R. D., Saini A. D., Ray D., 1958, Physiol. plantar. 11(4):655—665.
3. Asana R. D., Saini A. D., 1958, Physiol. plantar. 11(4):666—674.
4. Ashton F. M., 1956, Plant physiol. 31(4):266—274.
5. Babuszkina L. N., 1959, Fizjol. rast. 6(4):480—483.
6. Brilliant A. W., 1924, Compt. rend. Acad. Sci. Paris 178:2122—2125.
7. Buchinger A., 1927, Fortschr. Landwirtsch. 2(11):344—350.
8. Collorio H. M., 1928, Planta 5:1—27.
9. Cormak R. G. N., 1950, Agronomy Journ. 42(7):361—362.
10. Dastur R. H., 1925, Ann. of Bot. 39:767—786.
11. Eremiejew G. H., 1948, Dokł. WASCHIL 10:19—23.
12. Gej B., 1957, Przem. Spoż. 11(7):302—305.
13. Gej B., 1959, Acta Agrobotan. 8:201—215.
14. Gej B., 1962, Acta Agrobotan. 11:31—46.
15. Giubbieniet J., 1952, Chlorofii a roślina (tłum. z ros.) Warszawa, PWRiL.
16. Golonka Z., Świętochowski B., 1954, Uprawa roślin, Warszawa, PWRiL.
17. Haber E. S., 1938, Research. Bull. Nr 243, 55—72, Ames, Iowa.

18. Henckel P. A., Nowosielewa A. N., 1955, Fizjol. rast. 2(3):199—208.
19. Iljin W. S., 1923, Flora 116:379—403.
20. Iljin W. S., 1930, Planta 10:170—184.
21. Iljin W. S., 1957, Annual Rev. of Plant Physiol. 8:257—274.
22. Iwanow P. K., 1948, Jarowaja pszenica, Moskwa, Ogiz-Sielch.
23. Jermakow A. J., Arasimowicz W. W., Smirnowa-Ikonnikowa M. I., Murri I. K., 1952, Metody biochimizeskowo issledowanija rastenii, Moskwa—Leningrad, Sielchozgis.
24. Kaloyereas S. A., 1958, Plant physiol. 33(3):232—233.
25. Kołkunow W. W., 1905, Izw. Kijew. politechn. in-ta, 5(4):1—82.
26. Kuryłowicz B., 1926—27, Roczn. N. Roln. i Leśnych 16:340—410.
27. Levitt J., 1951, Annual Rev. of Plant Physiol. 2:245—268.
28. Listowski A., 1952 a, Roczn. N. Roln. 65:7—32.
29. Listowski A., 1952 b, Roczn. N. Roln. 65:33—45.
30. Listowski A., 1955, Okresy krytyczne w gospodarce wodnej roślin. Zesz. probl. nauki polskiej III:55—85.
31. Listowski A., Czarnowski J., Kaczorkówna S., Sawicka G., 1956, Roczn. N. Roln. 72-A-3:373—421.
32. Maksimow N. A., 1926, Fizjologiczeskije osnovy zasuchoustojczivosti rastenij, Leningrad, Izd. Wsesojuzn. in-ta prikl. bot.
33. Maksimow N. A., 1944, Razwitiye uczenija o wodnom režimie i zasuchoustojczivosti rastenij ot Timirjazewa do naszych dnij. 4-e Timirjazew. cztjenje, M.-L. Izd. AN SSSR.
34. Maksimow N. A., 1952, Izbrannyje raboty po zasuchoustojczivosti i zimostojkosti rastenij. I. Moskwa, AN SSSR.
35. Milthorpe F. L., Spencer E. J., 1957, J. Exptl. Bot. 8(24):413—437.
36. Mothes K., 1928, Ber. d. dtsh. Bot. Ges. 46:59—67.
37. Northen H. F., 1938, Plant physiol. 13:658—660.
38. Nosatowski A., 1952, Pszenica (Biologia), Warszawa, PWRiL (tłum. z ros.).
39. Official and tentative methods of analysis of the A.O.A.C. 1945, Assoc. of Offic. Agric. Chem., Washington.
40. Oparin A. I., 1934, Uspiechi chimii 3(2):200—216.
41. Petrie A. H. K., Wood J. G., 1938, Ann. of Bot. N. S. 2(5):33—60.
42. Polster H., Reichenbach H., 1957, Biol. Zbl. 76(6):700—721.
43. Ralski E., Majlert W., Przeglasiński A., Kopański R., 1957, Szczegółowa uprawa roślin. Warszawa, PWRiL.
44. Rogoziński A., 1930, Roczn. N. Roln. i Leśnych 24:241—280.
45. Ruebenbauer T., Młodzianowska D., 1956, Roczn. N. Roln. 72-D:219—286.
46. Schimper A. F., 1898, Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage, Jena, Fischer.
47. Schneider G. W., Childers N. F., 1941, Plant physiol. 16:565—583.
48. Skazkin F. D., Łowczinowska E. I., Miller M. S., Anikijew W. W., 1958, Praktikum po fizjologii rastenij. Moskwa, Sowietskaja Nauka.
49. Stocker O., 1948, Planta 35(5/6):445—466.
50. Stocker O., 1956, Handbuch der Pflanzenphysiologie (Ruhland), Berlin, Springer-Verlag 3:696—741.
51. Strebeyko P., Domańska H., 1954, Roczn. N. Roln. 68-A-3:517—538.
52. Strebeyko P., Domańska H., 1957, Roczn. N. Roln. 75-A-3:339—365.
53. Udolska N. L., 1936, Zasuchoustojcziwost sortow jarowej pszenicy. Omsk, OMGIZ.

54. Walter O. A., 1934, Tr. Labor. in-ta fizjoł. rast. 5.
55. Wasiljewa N. G., 1955, Fizjoł. rast. 2(3):209—214.
56. Woodhams D. H., Kozłowski T. T., 1954, Amer. J. Bot. 41(4):316—320.
57. Żółkiewicz W. N., 1955, Fizjoł. rast. 2(2):123—131.
58. Żółkiewicz W. N., 1957, w zbiorze prac: Biolog. osnovy orosz. zemled. 519—535, Moskwa, AN SSSR.