Wpływ obniżonej wilgotności gleby na transpirację i oddychanie jęczmienia i pszenicy jarej*

Influence of a reduced humidity of the soil on transpiration and respiration of barley and spring wheat

BRONISŁAW GEJ

Od dawna znany jest fakt, że zaopatrzenie w wodę ma ogromne znaczenie w życiu roślin lądowych. Badania nad tym zagadnieniem są prowadzone od wielu lat i w dalszym ciągu nie przestają być aktualne. Woda pobierana z gleby jest głównym składnikiem wszystkich aktywnych tkanek roślinnych i niewielki nawet niedobór wody w podłożu bardzo silnie odbija się na wzroście i pokroju rośliny. Już na tej podstawie można sądzić, że pewien deficyt wodny wpływać powinien na przebieg procesów fizjologicznych w roślinie.

Wahania w zawartości wody w tkankach w znacznym stopniu oddziałują na produkcję masy roślinnej, gdyż jak stwierdzili między innymi W.A. Brilliant (1924), R.H. Dastur (1924, 1925), I.M. Wasiljew (1929) i H. Walter (1928), proces fotosyntezy zależy bardzo silnie od uwodnienia tkanek liści.

Niedobór wody wpływa również i na przemiany związków w roślinie. H. Molisch (1921) i I.M. Wasiljew (1931) zaobserwowali, że częściowa utrata wody w tkankach powodowała hydrolizę skrobi na cukry rozpuszczalne. Później K. Mothes (1928, 1931) stwierdził, że rozpadowi ulegają również związki białkowe, wskutek czego zwiększa się w roślinach zawartość aminokwasów.

Stopień uwodnienia tkanek wpływa także na intensywność oddychania. W.S. Iljin (1923) wykazał, że stopniowemu zwiększaniu zawartości wody w nasionach towarzyszy wzmożenie oddychania, a przy stopniowym ich odwodnieniu oddychanie słabnie. W przypadku zielonych liści lub łodyg, zaobserwował on, że odwrotnie niż w nasionach, pierwszym fazom wędnięcia towarzyszy wzmożenie oddychania.

Potrzeby wodne roślin określa się często na podstawie zależności między ilością wody wytranspirowanej w jednostce czasu a przyrostem suchej masy, czyli przez oznaczenie współczynnika transpiracji. Od czasu A.F. Schimpera (1898) w praktyce rolniczej zakorzeniło się mniemanie, że rośliny mniej wrażliwe na suszę glebową mniej transpirują i po tej linii niekiedy szła selekcja odmian. Nagromadzone póź-

*Praca niniejsza została podjęta z inicjatywy prof. dr M. Korczewskiego.

niej fakty (L.J. Briggs i H.L. Shantz 1914, 1916, N.A. Maksimow 1952) wykazały bardzo dużą zmienność współczynnika transpiracji w zależności od warunków bytowania roślin, stwierdzono bowiem, że wahania współczynnika transpiracji nawet u tej samej odmiany były nieraz większe niż różnice w transpiracji między odmianami. Niemniej jednak uważa się dotąd, że współczynnik transpiracji może być do pewnego stopnia jednym z mierników określających stopień wrażliwości na suszę u różnych odmian.

Zagadnienie reakcji roślin uprawnych na niedobór wody jest aktualne w naszym kraju (szczególnie po ostatnim okresie posuchy w latach 1951-1952), ze względu na dużą ilość gleb lekkich, niezdolnych do magazynowania wody (ok. 60% wszystkich gleb).

Celem niniejszej pracy była próba znalezienia wskaźników fizjologicznych odporności odmian na suszę i dlatego porównywano wielkość transpiracji i natężenie oddychania u odmian jęczmienia i pszenicy, przy różnej wilgotności podłoża.

MATERIAŁ I METODA DOŚWIADCZENIA

Do doświadczenia użyto dwóch odmian jęczmienia dwurzędowego jarego „Kazimierski” i „Browarny PZHR” oraz dwóch odmian pszenicy jarej — „Ostka Chłopska” i „Opolska”.

Jęczmień „Kazimierski” (*Hordeum sativum*, var. *nutans*) pochodzi z „Morawskiej Hanny” i wg S. Barbackiego i E. Bilskiego (1952) pod względem plenności i wartości browarnej zaliczyć go można do drugiej klasy. Autorzy ci podkreślają jednak, że w stosunku do okresu przedwojennego, jęczmień „Kazimierski” stale podnosi swoją klasę i powinien być w dalszym ciągu sprawdzany i badany.

Druga odmiana jęczmienia „Browarny PZHR” (*H. sativum*, var. *nutans*), pochodząca z „Isarii”, jest typem bawarskim, bardziej uniwersalnym od „Hannackiego” i udaje się na różnych glebach (z wyjątkiem najslabszych). Jest jedną z czołowych odmian polskich, uznaną jako wzorzec, chociaż ostatnio z roku na rok spada jego plenność i wartość browarna (S. Barbacki i E. Bilski, 1952).

Pszenica „Ostka Chłopska” (*Tr. vulgare*, var. *erythrospermum*) zaliczana jest przez Ruebenbauera (Barbacki i wsp. 1952) pod względem wartości gospodarczej do pszenic jarych pierwszej grupy. Jest to odmiana średniowieczna, stosunkowo mało wymagająca, dająca dość wysokie i stałe plony oraz odznacza się małą wrażliwością na niepomyślne warunki rozwojowe. Była bardzo często używana w badaniach polowych (A. Lityński i K. Saloni 1935, M. Różański 1938, J. Przyborowski i Z. Nawrocki 1939).

Jako drugiej odmiany użyto pszenicy „Opolskiej” (*Tr. vulgare* var. *lutensces*) która należy do pszenic bezostnych. T. Ruebenbauer (1952) zalicza „Opolską” do trzeciej grupy pszenic, ponieważ ma ona średnią plenność ziarna, bardzo niską plenność słomy i wymaga lepszych stanowisk. Odznacza się sztywną słomą, odporną

na wyleganie. Do uprawy polowej w kraju weszła w szerszym zakresie dopiero po wojnie.

Doświadczenia przeprowadzono w hali vegetacyjnej w wazonach „wagnerowskich”, napełnionych 8 kg piasku wiślanego zmieszanego z 1 kg ziemi ogrodowej. Pełna pojemność wodna wymieszanej gleby wynosiła 230%. Przed wysiewem wszystkie wazony doprowadzono do 50% wilgotności w stosunku do pełnej pojemności wodnej.

W doświadczeniu zastosowano, od chwili wschodów przez cały okres vegetacji, dwa poziomy wilgotności gleby: I — 70% pojemności wodnej, w pełni zaspokajający potrzeby wodne zbóż i II — 35% pojemności wodnej, stwarzający warunki względnej suszy. Wszystkie 4 odmiany zbóż występujące w wymienionych kombinacjach wilgotnościowych miały po 10 powtórzeń, czyli łącznie założono 80 wazonów. Połowę wazonów (po 5 w każdej kombinacji) przeznaczono do oznaczania transpiracji w ciągu całego okresu vegetacyjnego, a następnie z wazonów tych zebrano plon ziarna. Z pozostałych wazonów pobierano w fazie strzelania w źdźbło i w fazie kłoszenia-kwitnienia próbki liści do oznaczenia oddychania.

Po skielkowaniu nasion dano pierwszą dawkę pożywki mineralnej (w przeliczeniu na 1 wazon): 0,30 g N w postaci roztworu saletry wapniowej, 0,60 g K_2O w postaci roztworu 40% soli potasowej, 0,50 g P_2O_5 w postaci roztworu 16% superfosfatu, 0,03 g MgO w postaci roztworu $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$.

Po 3 tygodniach od wykiełkowania dano drugą dawkę pożywki, 0,30 g N na wazon, również w postaci roztworu saletry wapniowej.

Transpirację oznaczano codziennie lub przy słabym parowaniu co drugi dzień, metodą ważenia wazonów na wadze pomostowej o nośności do 20 kg, z dokładnością do 10 gramów. Za wskaźnik transpiracji przyjęto stratę na wadze 1 wazonu, od momentu ostatniego podlewania.

Intensywność oddychania określano metodą Pettenkofera. Do pomiarów oddychania pobierano w godzinach przedpołudniowych próbki liści 5 — 8 g świeżej masy (z drugiego piętra od góry), umieszczano je na 3 1/2 godz. w czarnych kolbkach (pojemn. 200 ml) i zanurzano w łaźni wodnej o stałej temperaturze 25°C. W oznaczeniach oddychania, możliwe było ze względów technicznych stosowanie tylko jednego powtórzenia.

Wydzielający się z liści dwutlenek węgla był absorbowany przez 100 ml 0,2637 n $Ba(OH)_2$ w rurach Pettenkofera. Niezobojętniony $Ba(OH)_2$ miareczkowano 0,1968 n HCl wobec fenoltaleiny. Wyniki miareczkowania przeliczono na mg CO_2 wydzielonego przez 1 g świeżej i 1 g suchej masy liści w ciągu godziny. Po wyjęciu próbek z aparatu Pettenkofera oznaczano ich suchą masę w 100°C. Na tej podstawie wyliczono procentową zawartość wody w liściach.

Po dojrzewaniu roślin oznaczono w obu kombinacjach wodnych plon ziarna oraz wagę 1000 ziarn, a w powietrznie suchej masie ziarna oznaczono azot ogólny metodą Kjeldahla.

W czasie całego okresu wegetacji mierzono codziennie o godz. 13⁰⁰ temperaturę powietrza w °C i przy pomocy psychrometru Augusta wilgotność względną w procentach. Termometr i psychrometr były stale przymocowane do wózka obok wazonów.

OPIS DOŚWIADCZEŃ

Przebieg wegetacji

Nasiona wysadzono 11.IV.1953 r. po 28 sztuk na wazon. Po wschodach w dn. 23.IV. rośliny przerzedzono, pozostawiając po 20 sztuk w wazonie. Od 30.IV zróżnicowano podlewanie na dwa poziomy wodne: 70⁰/₀ i 35⁰/₀ wilgotności w stosunku do pełnej pojemności wodnej.

W kombinacji o obniżonej wilgotności gleby w wazonach stwierdzono, że początek kłoszenia jęczmienia nastąpił o 2 dni później w porównaniu z serią o dużej wilgotności. Następnie jednak rozwój jęczmienia w warunkach względnej suszy uległ przyspieszeniu, tak że w rezultacie trwale obniżenie wilgotności w wazonach nie wpłynęło na ogólną długość okresu wegetacyjnego. U badanych pszenic nie zaobserwowano wyraźnych różnic odmianowych w przebiegu faz rozwojowych. Ich rozwój w obu kombinacjach odbywał się podobnie i zakończył się w jednakowym czasie.

W czasie wegetacji u obu odmian pszenicy stwierdzono słabe porażenie mączniakiem. Wyraźnych różnic w nasileniu zaatakowanych roślin mączniakiem między 35⁰/₀ a 75⁰/₀ wilgotnością gleby nie zaobserwowano.

Zbiór jęczmienia dokonano 4.VII, a pszenicy 10.VII.1953. Cały czas wegetacji od momentu skielkowania do dojrzewania u jęczmienia trwał 81 dni, a u pszenicy 87 dni.

Ryc. 1. Temperatura i wilgotność względna powietrza w okresie wegetacyjnym 1953 r.

1 — temperatura powietrza w °C o godz. 13; 2 — wilgotność względna w %

Jak należało się spodziewać, obniżona wilgotność gleby wywarła duży wpływ na wzrost roślin. Średnia wysokość jęczmienia odmiany „Kazimierski” obniżyła się o 16,5 cm, tj. o 21,00/0 w stosunku do roślin z kombinacji o dużym zaopatrzeniu w wodę, a u odmiany „Browarny PZHR” o 8,3 cm, tj. o 10,70/0. Odnosne dane z obniżenia wysokości roślin wynoszą: dla pszenicy „Opolskiej” — 21,2 cm, czyli 26,60/0, a dla „Ostki Chłopickiej” — 15,1 cm, czyli 16,60/0.

Zmiany temperatury i wilgotności powietrza w otoczeniu wazonów w czasie okresu wegetacji przedstawia ryc. 1. Rycina ta wskazuje, że w pierwszej połowie wegetacji (w maju) były duże wahania temperatury od $+5^{\circ}$ do $+28^{\circ}\text{C}$, natomiast w drugiej połowie okresu wegetacyjnego temperatura była bardziej wyrównana i wynosiła (w czerwcu) średnio $+24^{\circ}\text{C}$.

Transpiracja

Przebieg transpiracji u badanych roślin przedstawiono w tabelach 1 i 2 oraz na ryc. 2 i 3. Z tabeli 1 i z ryc. 2 wynika, że przy jednakowej wilgotności gleby w wazonach obie badane odmiany jęczmienia transpirowały podobnie. Zaobserwowane niewielkie różnice w intensywności transpiracji są w granicach błędu doświadczenia. Przytoczone dane wskazują więc, że u jęczmienia nie zaobserwowano poważniejszych różnic odmianowych w wielkości transpiracji. W ciągu całego okresu wegetacyjnego, przy obfitym zaopatrzeniu gleby w wodę, transpiracja z wazonu u jęczmienia „Kazimierskiego” była prawie taka sama jak i u jęczmienia „Browarnego PZHR”. Podobnie nie stwierdzono wyraźnych różnic w wielkości transpiracji u obu odmian jęczmienia w warunkach słabego zaopatrzenia gleby w wodę.

TABELA 1

Transpiracja u dwóch odmian jęczmienia jarego w czasie wegetacji przy różnej wilgotności gleby w wazonie (średnie w kg wody z 5 powtórzeń)

Wilgot- ność gleby	Odmiana jęczmienia	22.IV-6.V 15 dni	7.V-21.V 15 dni	22.V-4.VI 14 dni	5.VI-19.VI 15 dni	20.VI-4.VII 15 dni	Razem 74 dni
70%	„Kazi- mierski”	1,56	3,64	3,86	5,03	3,53	$17,62 \pm 0,41$
	„Browarny PZHR”	1,70	3,69	3,75	4,72	3,45	$17,31 \pm 0,66$
35%	„Kazi- mierski”	1,24	2,26	2,14	3,04	2,71	$11,39 \pm 0,23$
	„Browarny PZHR”	1,33	2,39	2,11	2,94	2,52	$11,29 \pm 0,42$

Istotna różnica w wielkości transpiracji wystąpiła w zależności od stopnia uwilgotnienia gleby w wazonach. Jak przewidywano, obniżona wilgotność przyczyniła się do zmniejszenia transpiracji jęczmienia. U obu odmian w kombinacji o obniżonej wilgotności transpiracja zmniejszyła się prawie w jednakowym stopniu.

Ryc. 2. Przebieg dziennej transpiracji u jęczmienia jarych przy różnej wilgotności gleby w wazonach (średnie w g z 5 powtórzeń)

1 — transpiracja jęczmienia „Kazimierski” przy 70% wilgotności; 2 — transpiracja jęczmienia „Browarny PZHP” przy 70% wilgotności; 3 — transpiracja jęczmienia „Kazimierski” przy 35% wilgotności; 4 — transpiracja jęczmienia „Browarny PZHP” przy 35% wilgotności

Ryc. 3. Przebieg dziennej transpiracji u pszenicy jarych przy różnej wilgotności gleby w wazonach (średnie w g z 5 powtórzeń)

1 — transpiracja pszenicy „Ostka Chłopicka” przy 70% wilgotności; 2 — transpiracja pszenicy „Opolska” przy 70% wilgotności; 3 — transpiracja pszenicy „Ostka Chłopicka” przy 35% wilgotności; 4 — transpiracja pszenicy „Opolska” przy 35% wilgotności

TABELA 2

Transpiracja u dwóch odmian pszenicy jarej w czasie wegetacji przy różnej wilgotności gleby w wazonie (średnie w kg z 5 powtórzeń)

Wilgotność gleby	Odmiana pszenicy	22.IV —5.V 14 dni	6.V—19.V 14 dni	20.V —1.VI 13 dni	2.VI —14.VI 13 dni	15.VI —27.VI 13 dni	28.VI —10.VII 13 dni	Razem 80 dni
70%	„Ostka Chłopicka”	1,64	2,86	3,99	3,51	4,40	3,51	19,91 ± 0,32
	„Opolska”	1,65	2,79	4,23	3,56	4,18	3,32	19,73 ± 0,25
35%	„Ostka Chłopicka”	1,21	1,79	2,40	2,42	3,08	2,43	13,25 ± 0,34
	„Opolska”	1,18	1,72	2,46	2,44	3,04	2,27	13,11 ± 0,13

Wyniki doświadczenia przytoczone w tabeli 2 i przedstawione na ryc. 3 wykazują, że i u badanych pszenic w kombinacjach o tej samej wilgotności gleby w wazonach nie ma wyraźnych różnic odmianowych pod względem intensywności transpiracji. Zarówno przy 70% wilgotności, jak i przy trwałej 35% wilgotności „Ostka Chłopicka” i „Opolska” transpirowały podobnie.

Uzyskane wyniki wskazują jedynie, że przy obu poziomach wodnych w przebiegu dziennej transpiracji u pszenicy „Ostki Chłopickiej” obserwowano w porównaniu z transpiracją u „Opolskiej” nieznaczne różnice, leżące w granicach błędu.

Jeśli porównamy wielkość transpiracji badanych odmian jęczmienia z transpiracją odmian pszenicy jarej, przy jednakowej wilgotności gleby i w tym samym czasie, to stwierdzimy, że suma wyparowanej wody jest ok. 50% większa u pszenic. Można by stąd ogólnie wywnioskować, że pszenice jare transpirują nieco intensywniej, a w związku z tym, wymagają w jednakowym okresie wegetacyjnym więcej wody niż jęczmiona jare.

Należy jeszcze zwrócić uwagę na amplitudę wahań w transpiracji roślin przy niskim i przy wysokim poziomie wilgotności gleby w wazonach. Okazuje się, że wahania te zarówno u jęczmienia, jak i u pszenicy są wyraźnie mniejsze przy małej wilgotności gleby w porównaniu z dużą wilgotnością. Przy 35% wilgotności gleby wystąpiła mniejsza zależność intensywności transpiracji roślin od temperatury i wilgotności powietrza, natomiast przy 70% wilgotności zależność ta uwidacznia się bardzo wyraźnie. W warunkach dobrego zaopatrzenia w wodę, podczas dni pogodnych i ciepłych, rośliny transpirowały bardzo silnie, wobec czego ich gospodarka wodą była bardzo nieoszczędna, natomiast przy małej zawartości wody w wazonach reakcja roślin na wyższą temperaturę i mniejszą wilgotność atmosfery była znacznie słabsza.

Oddychanie

Zmiany intensywności oddychania oraz zmiany zawartości wody w liściach jęczmienia przy dwóch poziomach wilgotności gleby w wazonach są przedstawione w tabeli 3 i 4, natomiast te same dane odnośnie liści pszenicy są przytoczone w tabeli 5 i 6.

TABELA 3

Zawartość wody i oddychanie liści jęczmienia odm. „Kazimierski” przy różnej wilgotności gleby w wazonach

Data oznacz.	Faza wegetacji	Zawartość wody w próbce (%) przy różnym poziomie wody			mg CO ₂ /g świeżej m. i godz. przy różnym poziomie wody			mg CO ₂ /g suchej m. i godz. przy różnym poziomie wody		
		I-70%	II-35%	Różnica I-II	I-70%	II-35%	Różnica II-I	I-70%	II-35%	Różnica II-I
11.V	Koniec krzewienia	88,8	87,6	-1,2	0,77	0,97	+0,20	6,86	7,85	+0,99
14.V	Strzelanie w źdźbło	88,6	87,2	-1,4	0,58	0,62	+0,04	5,13	5,15	+0,02
22.V	„	85,7	83,7	-2,0	0,48	0,59	+0,11	3,32	3,58	+0,26
26.V	„	84,7	84,2	-0,5	0,48	0,46	-0,02	2,73	2,87	+0,14
6.VI	Kłoszenie	77,2	76,2	-1,0	0,70	0,80	+0,10	3,05	3,35	+0,30

TABELA 4

Zawartość wody i oddychanie liści jęczmienia odm. „Browarny PZHR” przy różnej wilgotności gleby w wazonach

Data oznacz.	Faza wegetacji	Zawartość wody w próbce (%) przy różnym poziomie wody			mg CO ₂ /g świeżej m. i godz. przy różnym poziomie wody			mg CO ₂ /g suchej m. i godz. przy różnym poziomie wody		
		I-70%	II-35%	Różnica I-II	I-70%	II-35%	Różnica II-I	I-70%	II-35%	Różnica II-I
16.V	Strzelanie w źdźbło	83,5	88,0	+0,5	0,55	0,60	+0,05	4,81	5,07	+0,26
19.V	„	87,0	85,7	-1,3	0,58	0,70	+0,12	4,45	4,89	+0,44
3.VI	Kłoszenie	79,1	79,2	+0,1	0,63	0,67	+0,04	3,00	3,19	+0,19
6.VI	„	77,9	75,8	-2,1	0,66	0,72	+0,06	2,98	2,98	+0,00
11.VI	Początek dojrzewania	77,0	77,6	+0,6	0,62	0,70	+0,08	2,69	3,13	+0,44

Wyniki oznaczeń wydzielania dwutlenku węgla przez liście jęczmienia jarego, podane w tabeli 3 i 4, wykazują, że w warunkach obniżonej wilgotności gleby oddychanie liści było nieco intensywniejsze niż przy dobrym zaopatrzeniu gleby w wodę. Takie wyniki uzyskano zarówno przy przeliczeniu intensywności oddychania na gram świeżej masy (z wyjątkiem jednego przypadku, tab. 3), jak i w przeliczeniu na suchą masę liści. Jednocześnie należy stwierdzić, że wyższe natężenie oddychania było połączone z nieco mniejszą zawartością wody w liściach jęczmienia (z wyjątkiem dwóch wyników w tabeli 4).

Dalej należy zauważyć, że natężenie oddychania liści jęczmienia malało w późniejszych terminach zbioru, ale już przy końcu okresu kłoszenia intensywność oddychania znowu była nieco wyższa. Słabnięcie natężenia oddychania w miarę wzrostu roślin jęczmienia łatwiej można obserwować przy przeliczaniu ilości wydzielanego CO_2 na gram suchej masy liści, natomiast w przeliczeniu na świeżą masę było ono mniej widoczne lub zmniejszania się intensywności oddychania nie zaobserwowano zupełnie (tab. 4).

Jeśli porównamy intensywność wydzielania CO_2 przez liście jęczmienia odmiany „Kazimierski” z oddychaniem jęczmienia „Browarnego PZHR” przy 70% wilgotności albo przy 35% wilgotności gleby w wazonach, to wydaje się, że natężenie oddychania u obu odmian jest podobne. Dokładne porównanie oddychania z tych odmian nie jest możliwe, ponieważ ze względów technicznych nie zawsze udało się przeprowadzić równoległe oznaczenia w tym samym terminie. Dlatego też te oznaczenia powinny być sprawdzone w dalszych badaniach.

TABELA 5

Zawartość wody i oddychanie liści pszenicy odm. „Ostka Chłopicka” przy różnej wilgotności gleby w wazonach

Data oznacz.	Faza wegetacji	zawartość wody w próbce (%) przy różnym poziomie wody			mg CO_2 /g świeżej m. i godz. przy różnym poziomie wody			mg CO_2 /g suchej m. i godz. przy różnym poziomie wody		
		I—70%	II—35%	Różnica II—I	I—70%	II—35%	Różnica II—I	I—70%	II—35%	Różnica II—I
13.V	Początek strzelania w źdźbło	87,6	85,7	-1,9	0,76	0,84	+ 0,08	6,09	6,03	- 0,06
15.V	Strzelanie w źdźbło	87,9	86,7	-1,2	1,04	0,96	-0,08	8,56	7,23	- 1,23
19.V	„	84,9	84,3	-0,6	0,91	0,98	+ 0,07	6,02	6,27	+ 0,25
9.VI	Początek kłoszenia	74,4	73,7	-0,7	1,08	1,18	+ 0,10	4,22	4,48	+ 0,26
20.VI	Koniec kłoszenia	71,3	71,2	-0,1	1,12	1,10	-0,02	3,90	3,81	- 0,09

TABELA 6

Zawartość wody i oddychanie liści pszenicy odm. „Opolska” przy różnej wilgotności gleby w wazonach

Data oznacz.	Faza vegetacji	Zawartość wody w próbce (%) przy różnym poziomie wody			mg CO ₂ /g świeżej m. i godz. przy różnym poziomie wody			mg CO ₂ /g suchej m. i godz. przy różnym poziomie wody		
		I—70 ⁰ / ₀	II—35 ⁰ / ₀	Różnica I—II	I—70 ⁰ / ₀	II—35 ⁰ / ₀	Różnica II—I	I—70 ⁰ / ₀	II—35 ⁰ / ₀	Różnica II—I
20.V	Strzelanie w źdźbło	84,5	82,6	—1,9	0,75	0,98	+ 0,23	4,85	5,63	+ 0,78
29.V	„	79,2	77,7	—1,5	0,92	1,12	+ 0,20	4,43	5,02	+ 0,59
9.VI	Początek kłoszenia	73,9	72,9	—1,0	0,96	1,28	+ 0,32	3,66	4,73	+ 1,07
20.VI	Koniec kłoszenia	70,2	69,7	—0,5	1,10	1,27	+ 0,17	3,70	4,20	+ 0,50

Tabele 5 i 6 przedstawiają wyniki oznaczeń wydzielania CO₂ przez badane pszenice. Podobnie jak u jęczmienia, obniżona wilgotność gleby w wazonach spowodowała zmniejszenie zawartości wody w liściach i wzmożenie oddychania, ale tylko u pszenicy „Opolskiej”. Natomiast pszenica „Ostka Chłopicka” nie reagowała w oddychaniu na słabsze zaopatrzenie gleby w wodę. Stwierdzono bowiem u tej odmiany pszenicy niewielkie różnice „in plus” i „in minus” między kombinacjami o 70⁰/₀ i 35⁰/₀ wilgotności gleby w ilości wydzielonego dwutlenku węgla przez liście.

W miarę następowania faz rozwojowych u pszenicy malała procentowa zawartość wody w liściach i spadało natężenie wydzielania CO₂ w przeliczeniu na gram suchej masy liści. Przy przeliczeniu ilości wydzielanego CO₂ na gram świeżej masy natężenie oddychania pszenic, w okresie od strzelania źdźbła do kłoszenia, utrzymywało się mniej więcej na tym samym poziomie.

Reasumując, można by stwierdzić, że zarówno przy dużej, jak i przy niskiej wilgotności gleby w wazonach zaobserwowano w natężeniu oddychania tylko drobne różnice odmianowe. Wystąpiły, wydaje się, większe różnice rodzajowe, a mianowicie oddychanie liści pszenicy było trochę intensywniejsze niż oddychanie liści jęczmienia.

Plon ziarna

Plon ziarna i jego charakterystykę przedstawiono w tabeli 7. Z danych tej tabeli wynika, że przy takiej samej zawartości wody w wazonach badane odmiany jęczmienia dały nieco zróżnicowany plon ziarna, a mianowicie przy 70⁰/₀ wilgotności gleby jęczmień „Kazimierski” plonował podobnie jak i „Browarny PZHR”, natomiast przy 35⁰/₀ wilgotności podłoża plon ziarna jęczmienia „Kazimierskiego” był trochę wyższy niż plon jęczmienia „Browarnego PZHR”. Zawartość azotu

ogólnego w ziarnie była zawsze większa u jęczmienia „Browarnego PZHR” niż u jęczmienia „Kazimierskiego” zarówno przy dobrym, jak i przy gorszym zaopatrzeniu gleby w wodę.

TABELA 7

Średni plon ziarna z wazonu i ‰ azotu w nasionach badanych zbóż przy niejednakowej wilgotności gleby

Wilgotność gleby w wazonie	Roślina	Powietrznie sucha masa ziarn w g	Plon ziarna w ‰ stos. do dużej wilgot. = 100 ‰	Waga 1000 ziarn w g	Przeciętna liczba ziarn z wazonu	Azot ogólny (w ‰)
70 ‰	Jęczmień jary „Kazimierski”	17,03 ± 0,59	100 ‰	41,13	414	1,28
	„Browarny PZHR”	16,47 ± 0,60	100 ‰	37,83	435	1,36
35 ‰	„Kazimierski”	15,65 ± 0,54	91,9 ‰	38,60	405	1,51
	„Browarny PZHR”	13,39 ± 0,83	81,3 ‰	36,93	363	1,69
70 ‰	Pszenica jara „Ostka Chłop.”	11,33 ± 0,82	100 ‰	30,16	376	1,52
	„Opolska”	11,20 ± 0,53	100 ‰	27,61	406	1,53
35 ‰	„Ostka Chłop.”	8,97 ± 0,43	79,2 ‰	29,04	309	1,82
	„Opolska”	8,78 ± 0,72	78,4 ‰	25,00	351	1,82

U badanych odmian pszenic w warunkach obfitego zaopatrzenia gleby w wodę plon ziarna był wyższy (lecz o niższej procentowej zawartości azotu) niż przy słabej wilgotności podłoża. Natomiast przy jednakowej wilgotności gleby plon ziarna i zawartość azotu w nasionach były takie same u pszenicy „Ostki Chłopickiej” jak i u „Opolskiej”. Pszenica „Ostka Chłopicka” w obu kombinacjach zapotrzebowania gleby w wodę charakteryzowała się drobniejszym ziarnem i o mniejszej wadze 1000 ziarn niż pszenica „Opolska”. Przy obu poziomach wodnych jęczmienia dały wyższe plony ziarna i o większej wadze 1000 ziarn niż pszenice. Pod wpływem trwałej obniżonej wilgotności gleby procentowy spadek plonu ziarna u jęczmienia odmiany „Kazimierski” był niewielki (o 8,10/0), u „Browarnego PZHR” — większy (o 18,70/0, a u badanych pszenic jeszcze większy, lecz wyrównany (ok. 210/0). Jest rzeczą charakterystyczną, że wymienione rośliny zbożowe mogą być uszeregowane pod względem procentowej zawartości azotu w ziarnie w odwrotnej kolejności niż pod względem spadku ilości ziarna.

Omówienie wyników

Przeprowadzone badania miały charakter wstępny i uzyskane wyniki należy traktować jako orientacyjne.

Dotychczasowe obserwacje wykazały, że trwale obniżenie wilgotności w wazonach spowodowało obniżenie intensywności transpiracji, a tym samym i mniejsze

zużycie wody zarówno przez badane odmiany jęczmienia, jak i przez pszenice. Pod wpływem bowiem braku wody w glebie bilans wodny rośliny ma tendencję do ujemnego kształtowania się, co z kolei prowadzi do uruchomienia urządzeń (np. szparek) zmierzających do obniżenia natężenia parowania (cyt. za Fr. Górskim 1955).

W opisanym doświadczeniu czynnikiem kontrolowanym, zmiennym była zawartość wody w glebie, ale wilgotność powietrza, temperatura i światło pozostały czynnikami nie kontrolowanymi, oddziałującymi na natężenie transpiracji niezależnie od suszy glebowej. Nie jest jednak pewne, czy to oddziaływanie przebiega identycznie dla każdej odmiany. Z porównania przebiegu transpiracji z wykresem temperatury i wilgotności w atmosferze otaczającej wazon doświadczalny można wnioskować, że wahania w intensywności transpiracji u badanych zbóż zależały w większym stopniu od działania czynników meteorologicznych niż od różnic w zawartości wody w wazonach.

A. Listowski i in. (1956) porównując transpirację roślin hodowanych w wazonach przy optymalnej 60-procentowej wilgotności i przy stałej 25-procentowej wilgotności, zaobserwowali, że pszenica „Opolska” ma istotnie wyższy współczynnik produktywności od „Ostki Chłopskiej”, ale nie stwierdzili wyraźnego związku między wysokością spadku plonu w warunkach stałej, niskiej wilgotności gleby a ograniczeniem transpiracji u badanych odmian pszenicy jarej.

Wyniki badań uwiarygodniły dalej, że jęczmiona i pszenice jare, hodowane przy różnej zawartości wody w glebie, zawierały niejednakową zawartość wody w liściach, co z kolei prowadziło do niejednakowego natężenia oddychania. P. Strebeyko (1956) na podstawie danych z literatury oświadcza, że nawet nieznaczne zmiany w zawartości wody w tkankach powodują wyraźne zmiany w intensywności oddychania.

W.N. Żółkiewicz (1955) w doświadczeniu polowym stwierdził wyraźnie, że przy deficycie wodnym gleby oddychanie pszenic ozimych było wzmożone, a procesy syntezy zahamowane. B. Gej (1957) zaobserwował u zerwanych liści tytoniu, że po wstępnym zwiednięciu liści następowało wzmożenie wydzielania dwutlenku węgla i wzrastała zawartość cukrów redukujących, a dopiero wówczas gdy strata wody sięgała ok. 40% początkowej zawartości, oddychanie silnie spadło.

Przytoczone dane z literatury potwierdzają więc uzyskane wyniki niniejszych badań dotyczących zwiększania się intensywności oddychania przy pewnym, nawet minimalnym niedoborze wody w liściach, jaki powstał wskutek obniżonej wilgotności gleby.

Wzmożenie oddychania liści, jakie zaobserwowano przy obniżonej wilgotności gleby, można wytłumaczyć zmianą kierunku działania enzymów w tkankach (A.I. Oparin 1934) powstającą w wyniku zmniejszania się zawartości wody w liściach. Wzmaga się wówczas wspomniana we wstępie hydroliza polisacharydów i innych substancji, a ich synteza zostaje zmniejszona, co prowadzi do zwiększania ilości materiałów oddechowych w tkance i do wzrostu intensywności oddychania.

Wielu badaczy wskazuje więc na to, że organy wegetatywne dobrze zaopatrzone w wodę reagują na straty wody przyspieszeniem oddychania. Obserwowane przez G.W. Schneidera i N.F. Childersa (1941) chwilowe zmniejszanie się intensywności oddychania liści jabłoni pod wpływem częściowej utraty wody było prawdopodobnie związane z zamknięciem się szparek i w związku z tym z utrudnioną wymianą gazową liści z otoczeniem. Po początkowym obniżeniu oddychania następowało jednak znane już wzmożenie intensywności oddychania liści.

W niniejszych badaniach wazonowych małe zaopatrzenie gleby w wodę spowodowało niewielkie zmniejszenie się zawartości wody w liściach. W tych warunkach intensywność oddychania ściętych liści przy dwóch poziomach wilgotności gleby była u badanych odmian zbliżona, jednak z pewną tendencją do wzmożenia oddychania przy niskiej zawartości wody w wazonie. Zjawisko to szczególnie uwidoczniło się u pszenicy „Opolskiej”, natomiast nie stwierdzono różnicy w natężeniu oddychania przy różnej wilgotności gleby u pszenicy „Ostki Chłopickiej”.

Badania nad wpływem okresowej suszy glebowej na zmiany w natężeniu oddychania u pszenic będą kontynuowane.

Stopień zaopatrzenia roślin w wodę wpłynął również na jakość ziarna. Zarówno u badanych odmian jęczmienia, jak i u pszenic ziarno pochodzące z roślin utrzymanych na obniżonej wilgotności gleby było bardziej szkliste i posiadało wyższą procentową zawartość azotu, a niższą wagę 1000 nasion i mniejszą liczbę ziarn z wazonu. Inni badacze, jak np. A. Listowski i in. (1956), również podają, że w wyniku suszy następowało w doświadczeniu wazonowym istotne zwiększenie się procentu azotu u wszystkich badanych przez nich odmian jęczmienia lub obserwowano wyższy procent białka u pszenic jarych. S. Lewicki (1937) podaje wiele analiz ziarna jęczmienia pochodzącego z różnych okolic kraju i twierdzi, że na zmienność zawartości białka w ziarnie i na różnice w wadze 1000 nasion ma znacznie większy wpływ środowisko niż dziedziczne właściwości odmiany. Według Lewickiego nie ma współzależności między zawartością białka a wagą 1000 ziarn u jęczmienia i te cechy ziarn nie mogą służyć do charakterystyki odmian. W niniejszych badaniach jęczmiona dały wyższe plony ziarna niż pszenice, co tłumaczy ogólnie znany fakt, że w tych samych warunkach wegetacji jęczmień jest mniej wymagający pod względem zaopatrzenia w wodę i pokarm niż pszenica. Obniżona wilgotność w glebie prowadzi do zmniejszenia aktywności fotosyntezy i jak wykazali P. Strebeyko i H. Domańska (1957), niewielkie nawet różnice rzędu 1 — 20% w zawartości wody w tkankach mogą spowodować 2 lub 3-krotne różnice we wzroście pędów i korzeni, a tym samym prowadzą do znacznej i wyraźnej obniżki plonów. Wobec tego wydaje się, że wielkość plonu rośliny pozostanie nadal jednym z najważniejszych kryteriów odporności roślin na suszę.

Autor składa serdeczne podziękowanie prof. dr H. Bireckiej za cenne uwagi dokonane w czasie przygotowywania niniejszej pracy do druku.

SUMMARY

The aim of the present experiments, carried out in soil containers, was to compare the amount of transpiration and the intensity of respiration of the spring barley „Kazimierski” with barley variety „Browarny PZHR” and the spring wheat „Ostka Chłopicka” with the wheat variety „Opolska”. The comparison was done at two humidity levels of the soil, viz. at 70% and 35% of total water capacity of the soil. These two levels of soil humidity were maintained during the whole time of the experiments. The comparison of the amount of transpiration and of the intensity of respiration was done in attempting to found physiological indices for drought resistance of the crop varieties studied.

The amount of transpiration was determined by daily weighing the soil containers with plants and calculating the amount of the transpired water from the differences in the two consecutive weights. Five replicated were always used.

The intensity of respiration was calculated from the amount of CO₂ liberated by samples of fresh leaves (weight 5 — 8 g) in Pettenkofer's apparatus.

After the ripening of the plants the seeds were gathered, their 1000 corn weight was determined and also the total nitrogen amount. The experiments have indicated that the transpiration was in all plants higher in soil with higher humidity level. It was also stated that spring wheats transpire somewhat more intensively than spring barleys. No differences in the intensity of transpiration were found at the some humidity levels of the soil among different varieties of wheats or barleys.

It was also found that the intensity of respiration of spring crops was somewhat higher at 35% humidity level of the soil than at 70%. The scanty data do not allow to state with varieties of the same species at the same humidity level. Finally it was observed that lower humidity degrees of the soil causes lowering of the yield and the seeds are smaller but with higher percent amount of nitrogen.

After the discussion of the results obtained the author comes to the conclusion that the changes in transpiration due to low humidity level of the soil could not be regarded as indication of the drought resistance of the investigated spring crops varieties. However, the small differences in the intensity of respiration between the wheat varieties „Ostka Chłopicka” and „Opolska” at different humidity level of the soil could be most probably regarded as one of the indices of the differential susceptibility to drought.

LITERATURA

1. Barbacki S., Bilski E., Ruebenbauer T., 1952, Wyniki doświadczeń z odmianami zbóż wykonane w latach 1946—49, Warszawa, PWRiL.
2. Briggs L. J., Shantz H. L., 1914, Relative water requirement of plants, *Jour. Agr. Res.* 3: 1—63.
3. Briggs L. J., Shantz H. L., 1916, Daily transpiration during the normal growth period and its correlation with weather, *Jour. Agr. Res.* 7: 155—213.

4. Brilliant W. A., 1924, La teneur en eau dans les feuilles et l'énergie assimilatrice, *Compt. Rend.* 178: 2122—2125.
5. Dastur R. H., 1924, Water content a factor in photosynthesis, *Ann. of Bot.* 38: 779—788.
6. Dastur R. H., 1925, The relation between water content and photosynthesis, *Ann. of Bot.* 39: 769—786.
7. Gej B., 1957, Wstępne badania nad oddychaniem liści tytoniu Virginia w czasie suszenia, *Przem. Spoż.* 11 (7): 302—305.
8. Iljin W. S., 1923, Einfluss des Welkens auf die Atmung der Pflanzen, *Flora* 116: 379—403.
9. Górski Fr., 1955, *Zarys fizjologii roślin. cz. I*, Kraków, PWN.
10. Lewicki S., 1937, Badania nad wartością ziarn jęczmienia plonu 1935 r., Puławy, PINGW.
11. Listowski A., Czarnowski J., Kaczorkówna S., Sawicka G., 1956, Wrażliwość na suszę glebową pszenicy jarej, jęczmienia jarego i owsa uprawianych w Polsce, *Rocz. Nauk Roln.* 72-A-3: 373—421.
12. Lityński A., Saloni K., 1935, Dobór odmian pszenicy jarej (wyniki doświadczeń polowych), Warszawa.
13. Maksimow N. A., 1952, *Izbrannyje raboty po zasuchoustojczivosti i zimostojkosti rastenij*, t. I, A.N. SSSR, Moskwa.
14. Molisch H., 1921, Über den Einfluss der Transpiration auf das Verschwinden der Stärke in den Blättern, *Ber. d. dtsh. Bot. Ges.* 39: 339—344.
15. Mothes K., 1928, Die Wirkung des Wassermangels auf den Eiweissumsatz in höheren Pflanzen, *Ber. d. dtsh. Bot. Ges.* 46: 59—67.
16. Mothes K., 1931, Zur Kenntnis des N-Stoffwechsels höherer Pflanzen, *Planta* 12: 685—731.
17. Oparin A. I., 1934, Diebstwieje fermentow w żywej kletkie, *Uspiechi Chimii* 3 (2): 200—216.
18. Przyborowski J., Nawrocki Z., 1939, Doświadczenia z odmianami pszenicy jarej w latach 1936—38, Warszawa.
19. Różański M., 1938, Wyniki doświadczeń odmianowych z pszenicą jarą za trzecie lat 1933—1935, Puławy.
20. Schimper A. F., 1898, *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage*, Jena, Fischer.
21. Schneider G. W. i Childers N. F., 1941, Influence of soil moisture on photosynthesis, respiration and transpiration of apple leaves, *Plant Physiol.* 16: 565—583.
22. Strebeyko P., 1956, Woda i światło w życiu rośliny, PWRiL, Warszawa.
23. Strebeyko P. i Domańska H., 1957, Wpływ wahań bilansu wodnego liści na wzrost owsa i rzepaku, *Roczn. Nauk Roln.* 75-A-3: 339—365.
24. Walter H., 1928, Die Bedeutung des Wassersättigungszustandes für die CO₂-Assimilation der Pflanzen, *Ber. d. dtsh. Bot. Ges.* 46: 530—539.
25. Wasiłjew I. M., 1929, Issledowanija nad zasuchoustojczivostju u pszenic, *Tr. po prikl. bot. genet. i selek.* 22 (1): 147—218.
26. Wasiłjew I. M., 1931, Wlijanije zasuchi na prewraszczenija uglewodow w rastenijach, *Tr. po prikl. bot. genet. i selek.* 27 (5): 47—69.
27. Żółkiewicz W. N., 1955, Wlijanije oroszenia na obmien wieszczestw u jarowej pszenicy w swiazi s jeje produktivnostju, *Fizjol. rastenij* 2 (2): 123—131.