

WPŁYW DEFICYTU WODNEGO NA WSKAŹNIKI WYMIANY GAZOWEJ, PRODUKCYJNOŚĆ I ZDROWOTNOŚĆ ZIARNA ODMIAN PSZENICY OZIMEJ

Jacek Olszewski, Agnieszka Pszczółkowska, Tomasz Kulik,
Gabriel Fordoński, Krystyna Płodzień, Adam Okorski,
Joanna Wasielewska

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. W latach 2004-2005 mierzono intensywność fotosyntezy, transpiracji, międzykomórkowe stężenie CO₂ oraz przewodność szparkową dwóch odmian pszenicy ozimej. Ponadto określono zasiedlenie grzybami ich ziarniaków. Wykazano, że deficyt wody spowodował obniżenie wskaźników wymiany gazowej, cech biometrycznych i masy ziarna. Stwierdzono niższe zasiedlenie ziarna obu odmian pszenicy przez patogeny grzybowe na obiektach z niedoborem wody w pierwszym roku badań. W kolejnym roku zależności nie były jednoznaczne.

Słowa kluczowe: deficyt wodny, pszenica ozima, fotosynteza, transpiracja, przewodność szparkowa, międzykomórkowe stężenie CO₂, zdrowotność ziarna, BIO-PCR

WSTĘP

Rośliny rosnące w naturalnych warunkach środowiska, a także uprawiane w szklarni i pod osłonami stale narażone są na działanie czynników, które mogą wywoływać niekorzystne dla nich skutki. Prowadzi to do zmian składu chemicznego nasion oraz znacznego obniżenia plonu i pogorszenia jego jakości [Kacperska 1991, Grzesiuk i Górecki 1994, Ozturk i Ayolin 2004]. Spośród stresowych czynników abiotycznych obniżających plonowanie roślin istotne znaczenie ma niedobór wody podczas wegetacji [Skrabka 1992, Starck i in. 1995, Grzesiuk i in. 1999]. Przyczyną deficytu wodnego roślin jest brak dostępnej wody w podłożu oraz susza atmosferyczna towarzysząca często wysokim temperaturom, a także przewaga procesu transpiracji nad absorpcją wody [Boczek i Szlendak 1992, Fordoński i in. 1994]. Skutkiem suszy jest częste uszkodzenie fotosystemów (zwłaszcza PS II), hamujące proces fotosyntezy, od przebiegu którego

zależy wielkość plonu rolniczego [Nalborczyk 1989, Starck i in. 1995]. Intensywność fotosyntezy może być zachwiana przez prawie każdy niekorzystny czynnik środowiskowy [Starck 1995].

Celem podjętych badań było określenie wpływu deficytu wodnego na kształtowanie cech morfologicznych, parametrów wymiany gazowej oraz zdrowotność ziarna odmian pszenicy ozimej.

MATERIAŁ I METODY

Dwuczynnikowe doświadczenie wazonowe przeprowadzono w latach 2004-2005 w szklarni UWM w Olsztynie w 6 powtórzeniach. Czynnikiem doświadczenia były: dwie odmiany pszenicy ozimej – Sukces i Tonacja oraz dwa poziomy uwilgotnienia – optymalny 60-70% kapilarnej pojemności wodnej (kpw) i 30-35% kpw.

Zakres badań:

- pomiary wskaźników wymiany gazowej (intensywności fotosyntezy, transpiracji, przewodności szparkowej oraz stężenia międzykomórkowego CO₂) za pomocą przenośnego analizatora gazowego LI-COR 6400,
- ocena zdrowotności ziarna metodą tradycyjną oraz technikami molekularnymi (BIO-PCR, SCAR-PCR) po uprzednio dokonanej izolacji DNA,
- określenie wybranych cech biometrycznych roślin.

Pomiary intensywności fotosyntezy, transpiracji, przewodności szparkowej oraz stężenia międzykomórkowego CO₂ wykonano w kilkudniowych odstępach, powtarzając pomiar pięciokrotnie. Analizy przeprowadzono przy użyciu przenośnego analizatora gazowego LI-COR 6400 (DMP AG S.A. LTD). Wskaźniki oznaczono przy stałym stężeniu CO₂, wynoszącym 400 ppm, i oświetleniu 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Źródło fotonów stanowiła lampa „LED Light Source”, emitująca światło o spektrum pików głównego skoncentrowanego w paśmie 670 nm i drugiego mniejszego – 465 nm. Pomiarów dokonano w wybranych fazach rozwojowych roślin pszenicy ozimej na liściu flagowym, a w pracy zaprezentowano średnie wartości dla określonej fazy wzrostu. Temperatura panująca w szklarni podczas pomiaru wskaźników wymiany gazowej oscylowała w granicach 25-30°C.

Do analizy zdrowotności ziarna metodą tradycyjną (sztucznych kultur) wybrano losowo po 100 ziarniaków pszenicy ozimej z każdego obiektu. W celu usunięcia przypadkowych zanieczyszczeń ziarniaki płukano przez 15-20 minut pod bieżącą wodą i odkazano powierzchniowo w 70% alkoholu etylowym i 1% podchlorynie sodowym, następnie ziarniaki płukano trzykrotnie w sterylnej wodzie destylowanej. Tak przygotowany materiał został wyłożony na płytki Petriego z zestaloną pożywką PDA. Płytki przechowywano przez 7-10 dni w cieplarni w temperaturze 20-23°C, a następnie przeszczepiano fragmenty wyrosłych grzybni na skosy z pożywką PDA. Ostatecznie wyrosłe kultury grzybowe oznaczono do rodzaju i gatunku grzyba na podstawie cech morfologicznych pod mikroskopem optycznym, posługując się dostępnymi pracami monograficznymi Ellisa [1971], Gilmana [1957] oraz Kwaśnej i in. [1991].

Wyrosłe z ziarniaków wyłożonych na pożywkę PDA fragmenty strzępek grzybni (żywe inokulum patogenów mających potencjalne zdolności infekcyjne) izolowano na oddzielne szalki Petriego do analiz BIO-PCR. Po 2-3 dniach pobierano skalpelem strzępki grzybni do moździerzy porcelanowych i rozcierano w ciekłym azocie. Izolację

DNA wykonano metodą CTAB [Nicholson i in. 1996]. Reakcja PCR została przeprowadzona z dostępnymi w literaturze [Parry i Nicholson 1996, Hue i in. 1999] primerami.

Opracowanie statystyczne dokonano w oparciu o test wielokrotny, łączący średnie o wartościach podobnych, uszeregowanych w grupy jednorodne przy poziomie istotności $\alpha = 0,01$. Do obliczeń użyto programu „STATISTICA” w wersji 6.0.

WYNIKI

Wyniki badań własnych wykazały, że niedobór wody w podłożu u odmian pszenicy ozimej Tonacja i Sukces spowodował obniżenie niektórych wartości cech biometrycznych (tab. 1). Stwierdzono istotne różnice w przypadku masy ziarna z rośliny. Obniżeniu uległa również liczba kłosów z rośliny i wysokość roślin. Ponadto wykazano, że obie testowane odmiany charakteryzowały się podobnymi wartościami cech biometrycznych i reagowały w ten sam sposób na niedobór wody w glebie.

Tabela 1. Niektóre cechy biometryczne pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanego uwilgotnienia podłoża (średnie z lat 2004-2005)

Table 1. Biometric characters of winter wheat under conditions of different soil moisture contents (means of 2004-2005)

Odmiana Cultivar	Pojemność wodna gleby Water capacity of soil %	Wysokość roślin Plant height cm	Liczba kłosów z rośliny, szt. Number of ears per plant	Liczba ziaren w kłosie, szt. Number of kernels per ear	Masa ziarniaków z rośliny Kernel weight per plant g
Tonacja	60-70	70,3 AB*	2,2 B	21,1 A	1,6 B
	30-35	65,9 A	1,7 A	19,3 A	0,9 A
Sukces	60-70	74,0 B	2,2 B	18,2 A	1,7 B
	30-35	66,0 A	1,6 A	17,7 A	0,9 A
Średnia dla odmian – Mean for cultivars					
Tonacja		68,1 A	1,9 A	20,2 A	1,2 A
Sukces		70,0 A	1,9 A	17,9 A	1,32 A
Średnia dla kapilarnej pojemności wodnej – Mean for capillary water capacity					
	60-70%	72,1 B	2,2 B	19,7 A	1,6 B
	30-35%	66,0 A	1,7 A	18,5 A	0,9 A

* grupy jednorodne A, AB, B – według testu LSD Fishera ($\alpha = 0,01$) – A, AB, B – homogenous groups according to Fisher's LSD test ($\alpha = 0.01$)

Wskaźniki wymiany gazowej: intensywność fotosyntezy, transpiracji, stężenie międzycytkowego CO_2 i przewodnictwo szparkowe u obu odmian uległy obniżeniu w warunkach deficytu wody, zarówno w pierwszym jak i drugim roku badań (tab. 2 i 3). Spadek intensywności fotosyntezy i transpiracji na obiektach z niedoborem wody był znaczący szczególnie w 2004 roku i pogłębiał się w miarę dojrzewania roślin. Wykazano ponadto spadek poziomu fotosyntezy i transpiracji liści pszenicy w fazie wypełniania ziarna w stosunku do pomiarów wykonanych w fazie kłoszenia. Podobne zależności przebiegu fotosyntezy i transpiracji stwierdzono również w 2005 roku.

Tabela 2. Wskaźniki wymiany gazowej liści pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanego uwilgotnienia podłoża (2004 r.)

Table 2. Parameters of gas exchange in winter wheat leaves under conditions of different soil moisture contents (2004)

Odmiana Cultivar	Pojemność wodna gleby Water capacity of soil %	Fotosynteza Photosynthesis $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$			Transpiracja Tran- spiration $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$			Międzykomórkowe stężenie CO ₂ Inter- cellular CO ₂ concentration $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$			Przewodnictwo szparkowe Stomatal conductance $\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$		
		I*	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
		Tonacja	60-70 kpw	16,7 B**	15,1 B	11,4 B	4,7 B	3,6 B	2,4 B	358 B	263 B	204 B	0,31 B
	30-35 kpw	5,1 A	3,6 A	0,9 A	0,9 A	0,3 A	0,1 A	128 A	104 A	73 A	0,04 A	0,03 A	0,04 A
Sukces	60-70 kpw	13,1 B	14,5 B	12,7 B	2,9 B	2,4 B	2,0 B	259 B	242 B	94 B	0,18 A	0,22 A	0,02 A
	30-35 kpw	4,2 A	6,1 A	3,3 A	0,7 A	0,3 A	0,4 A	97 A	52 A	38 A	0,02 A	0,02 A	0,02 A
Średnia dla odmian – Mean for cultivars													
	Tonacja	10,9 A	9,4 A	6,2 A	2,8 B	2,0 A	1,3 A	243 B	184 A	139 B	0,18 A	0,20 A	0,08 B
	Sukces	9,1 A	9,1 A	6,8 A	1,9 A	1,4 A	1,1 A	194 A	173 A	84 A	0,11 A	0,13 A	0,03 A
Średnia dla kapilarnej pojemności wodnej – Mean for capillary water capacity													
	60-70%	14,9 B	14,8 B	12,1 B	3,8 B	3,0 B	2,2 B	309 B	253 B	149 B	0,25 B	0,30 B	0,07 B
	30-35%	4,7 A	4,9 A	2,1 A	0,8 A	0,3 A	0,3 A	113 A	78 A	56 A	0,03 A	0,03 A	0,03 A

* I – faza kłoszenia (55 BBCH) – ear formation (55 BBCH)

II – faza kwitnienia (65 BBCH) – flowering (65 BBCH)

III – faza wypełniania ziarna (73-75 BBCH) – grain filling (73-75 BBCH)

** grupy jednorodne A, AB, B – według testu LSD Fishera ($\alpha = 0,01$) – A, AB, B – homogenous groups according to Fisher's LSD test ($\alpha = 0.01$)

Tabela 3. Wskaźniki wymiany gazowej liści pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanego uwilgotnienia podłoża (2005 r.)

Table 3. Parameters of gas exchange in winter wheat leaves under conditions of different soil moisture contents (2005)

Odmiana Cultivar	Pojemność wodna gleby Water capacity of soil %	Fotosynteza Photosynthesis $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$			Transpiracja Transpiration $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$			Międzykomórkowe stężenie CO ₂ Intercellular CO ₂ concentration $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$			Przewodnictwo szparkowe Stomatal conductance $\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$		
		I*	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
		Tonacja	60-70 kpw	15,0 B**	16,4 A	13,0 B	4,9 C	4,5 B	2,6 BC	333 B	232 B	140 C	0,58 B
	30-35 kpw	11,8 A	10,2 A	8,3 A	3,7 B	2,0 A	1,3 A	282 A	134 A	102 AB	0,05 A	0,06 A	0,06 A
Sukces	60-70 kpw	15,9 B	12,9 A	14,4 B	4,2 BC	3,1 AB	3,6 C	348 B	198 B	131 BC	0,59 B	0,12 AB	0,19 AB
	30-35 kpw	12,4 A	9,8 A	8,4 A	2,7 A	1,9 A	2,2 AB	286 A	129 A	91 A	0,06 A	0,07 A	0,04 A
Średnia dla odmian – Mean for cultivars													
	Tonacja	13,4 A	13,3 B	10,7 A	4,3 A	3,3 B	2,0 A	308 A	183 A	121 A	0,32 A	0,13 B	0,14 A
	Sukces	13,9 A	11,6 A	11,4 A	4,0 A	2,6 A	2,5 A	315 A	166 A	117 A	0,32 A	0,09 A	0,13 A
Średnia dla kapilarnej pojemności wodnej – Mean for capillary water capacity													
	60-70%	15,5 B	14,7 B	13,7 B	4,6 B	3,8 B	3,1 B	341 B	215 B	136 B	0,59 B	0,16 B	0,21 B
	30-35%	12,1 A	10,0 A	8,4 A	3,2 A	2,0 A	1,8 A	284 A	132 A	97 A	0,06 A	0,07 A	0,05 A

objaśnienia jak w tabeli 2 – explanations, see Table 2

Obie testowane odmiany pszenicy ozimej charakteryzowały się podobnymi wartościami badanych wskaźników. Stwierdzono również, że w taki sam sposób zareagowały na niedobór wody w glebie zarówno w 2004, jak i 2005 roku.

Z przebiegiem fotosyntezy i transpiracji wiążą się: międzykomórkowe stężenie CO₂ oraz przewodnictwo szparkowe. Wskaźniki te charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami na obiektach z optymalnym poziomem uwodnienia w obu latach badań.

Analizy mikologiczne ziarna pszenicy ozimej w 2004 roku wykazały większe porażenie grzybami ziarna obu odmian pochodzących z obiektów kontrolnych (tab. 4). W następnym roku badań podobną zależność stwierdzono jedynie w przypadku odmiany Sukces (tab. 5). Natomiast u odmiany Tonacja wyodrębniono ponad dwukrotnie więcej izolatów na obiekcie z deficytem wody. Na badanych ziarniakach stwierdzono między innymi występowanie *Penicillium*, *Fusarium proliferatum*, *Fusarium poae*. Obecność *Fusarium poae* została potwierdzona analizami BIO-PCR, w wyniku których patogenne DNA ze wszystkich 6 izolatów dało wynik pozytywny w reakcji łańcuchowej polimerazy z primerami typu SCARs specyficznymi dla tego gatunku (rys. 1 i 2). Wielkość otrzymanego produktu po reakcji PCR wyniosła 220 pz.

Tabela 4. Liczba izolatów grzybów w ziarnie pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanego uwilgotnienia podłoża (2004 r.)

Table 4. Number of fungal isolates in winter wheat grain under conditions of different soil moisture contents (2004)

Gatunek grzyba – Fungal species	Kontrola – Control 60-70% kpw (CWC)	Deficyt wody – Water deficit 30-35% kpw (CWC)
Tonacja		
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fr.) de Wries	1	
<i>Fusarium poae</i> (Peck) Wollenw.	5	1
<i>Penicillium</i> spp.	3	5
Razem – Total	9	6
Sukces		
<i>Alternaria alternata</i> Keissler Nees	2	
<i>Aspergillus</i> spp.	1	
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fr.) de Wries	2	1
<i>Fusarium poae</i> (Peck) Wollenw.	1	
<i>Penicillium</i> spp.	5	4
Razem – Total	11	5

W roku 2005 stwierdzono więcej izolatów niż w roku poprzednim, a znaczny ich udział stanowiły grzyby potencjalnie patogeniczne należące do rodzaju *Fusarium*. Gatunkiem dominującym było *Fusarium proliferatum*, którego wcześniej nie wykrywano na ziarnie w warunkach klimatycznych Polski. Gatunek ten występuje powszechnie na terenie Europy południowej (Hiszpania). Należy jednak przypuszczać, że do pojawienia się tego gatunku mogła przyczynić się wysoka temperatura panująca w szklarni podczas prowadzenia eksperymentu.

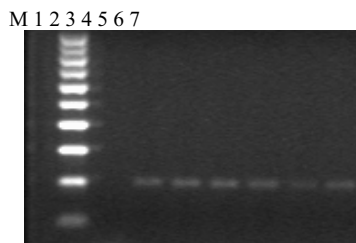
W 2005 roku przeprowadzono analizy molekularne na DNA pochodzącym z młodej 2-3-dniowej grzybni. Przypuszczano, że może ona należeć do rodzaju *Fusarium*. W oparciu o specyficzne dla tego rodzaju startery (PL58SL, PL28SL) 6 kultur u odmiany Tonacja zidentyfikowano jako *Fusarium* spp. Wielkość uzyskanego produktu po reakcji PCR wyniosła 339 pz. (rys. 3). Jako *Fusarium poae* zidentyfikowano 5 kultur,

jedną w warunkach kontrolnych, natomiast 4 – w warunkach niedoboru wody. Zastosowana para starterów Fp82F/Fp82R w reakcji łańcuchowej polimerazy umożliwiła amplifikację fragmentu DNA o wielkości 220 pz. (rys. 4).

Tabela 5. Liczba izolatów grzybów w ziarnie pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanego uwilgotnienia podłoża (2005 r.)

Table 5. Number of fungal isolates in winter wheat grain under conditions of different soil moisture contents (2005)

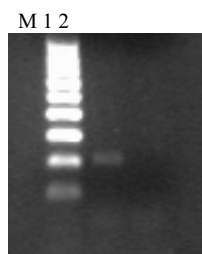
Gatunek grzyba – Fungal species	Kontrola – Control 60-70% kpw (CWC)	Deficyt wody – Water deficit 30-35% kpw (CWC)
Tonacja		
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fr.) de Wries	2	1
<i>Fusarium graminearum</i> Schwabe	1	6
<i>Fusarium poae</i> (Peck) Wollenw.	1	6
<i>Fusarium proliferatum</i> (Matsushima) Nirenberg	6	15
<i>Penicillium</i> spp.	3	4
Razem – Total	13	32
Sukces		
<i>Acremonium</i> spp.		1
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fr.) de Wries		5
<i>Fusarium graminearum</i>	3	
<i>Fusarium poae</i> (Peck) Wollenw.	1	1
<i>Arthrinium phaeospermum</i> (Corda) M.B. Ellis	1	
<i>Penicillium</i> spp.	13	9
<i>Verticillium albo-atrum</i>	1	
Grzybnie drożdżoidalne – Yeast-like mycelia		1
Razem – Total	19	16



M – marker – marker, 1 – kontrola negatywna – negative control
2-6 – *F. poae* – kontrola – *F. poae* – control
7 – *F. poae* – stres wodny – *F. poae* – water stress

Rys. 1. Produkt po reakcji PCR z ziarna pszenicy ozimej odmiany Tonacja ze specyficzną parą starterów (Fp82R/Fp82R) dla *Fusarium poae* w warunkach stresu wodnego w 2004 r.

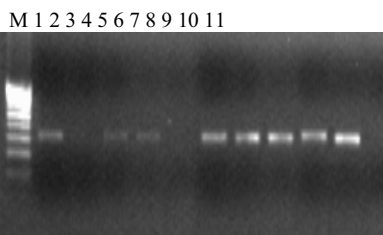
Fig. 1. PCR product obtained from winter wheat (cv. Tonacja) grain with *Fusarium poae* – specific primers (Fp82R/Fp82R) under water stress conditions in 2004



M – marker – marker, 1 – *F. poae*
2 – kontrola negatywna – negative control

Rys. 2. Produkt po reakcji PCR z ziarna pszenicy ozimej odmiany Sukces ze specyficzną parą starterów (Fp82R/Fp82R) dla *Fusarium poae* w warunkach stresu wodnego w 2004 r.

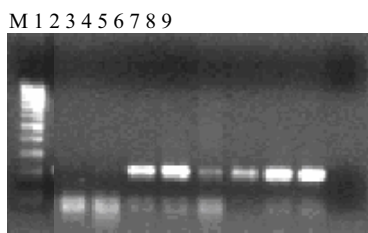
Fig. 2. PCR product obtained from winter wheat (cv. Sukces) grain with *Fusarium poae* – specific primers (Fp82R/Fp82R) under water stress conditions in 2004



M – wzorec masy molekularnej – molecular mass standard, 1-3 – Sukces – kontrola – cv. Sukces – control, 4 – Sukces – stres wodny – cv. Sukces – water stress, 5 – Tonacja – kontrola – cv. Tonacja – control, 6-9 – Tonacja – stres wodny – cv. Tonacja – water stress, 10 – kontrola pozytywna – positive control, 11 – kontrola negatywna – negative control

Rys. 3. Produkt po reakcji PCR z ziarna pszenicy ozimej ze specyficzną parą starterów (PL58SL/PL28SL) dla *Fusarium* spp. w warunkach stresu wodnego w 2005 r.

Fig. 3. PCR product obtained from winter wheat grain with *Fusarium* spp. – specific primers (PL58SL/PL28SL) under water stress conditions in 2005



M – wzorec masy molekularnej – molecular mass standard, 1-2 – Sukces – kontrola – cv. Sukces – control, 3 – Sukces – stres wodny – cv. Sukces – water stress, 4 – Tonacja – kontrola – cv. Tonacja – control, 5 – 8 – Tonacja stres wodny – cv. Tonacja – water stress, 9 – kontrola negatywna – negative control

Rys. 4. Produkt po reakcji PCR z ziarna pszenicy ozimej ze specyficzną parą starterów (Fp82R/Fp82R) dla *Fusarium poae* w warunkach stresu wodnego w 2005 r.

Fig. 4. PCR product obtained from winter wheat grain with *Fusarium poae* – specific primers (Fp82R/Fp82R) under water stress conditions in 2005

DYSKUSJA

Wielkość i jakość plonu rolniczego zależą między innymi od przebiegu procesu fotosyntezy, jak również transportu i dystrybucji asymilatów [Austin i in. 1977, Nalborczyk 1989, Starck i in. 1995]. Intensywność fotosyntezy może być jednak zachwiana przez prawie każdy niekorzystny czynnik środowiskowy [Starck 1995]. Jednym z takich czynników jest deficyt wody w glebie, który wynika z układu warunków pogodowych.

Badania własne wykazały, że niedobór wody spowodował zmniejszenie intensywności fotosyntezy, transpiracji, stężenia międzykomórkowego CO₂ oraz przewodnictwa szparkowego u roślin. Również we wcześniejszych doświadczeniach przeprowadzonych przez Pszczółkowską i in. [2003] stwierdzono, że rośliny uprawiane w warunkach niedoboru wody zareagowały zmniejszeniem intensywności fotosyntezy. Podobne relacje zaobserwowali Gej i in. [1994] w badaniach dotyczących reakcji fizjologicznych roślin bobiku na niedostatek wody w glebie. Susza powoduje zróżnicowane obniżenie intensywności fotosyntezy, a jednocześnie ogranicza przyrost masy w częściach wegetatywnych roślin oraz w nasionach, szczególnie w pierwszej połowie fazy kwitnienia roślin [Gej i in. 1994]. Fotosynteza liścia flagowego w badaniach dotyczących odmian pszenicy odpornych i wrażliwych na suszę była wyższa na obiektach nawadnianych niż na obiektach z niedostatkami wody [Inoue i in. 2004]. Ponadto autorzy stwierdzili redukcję międzykomórkowego CO₂ i przewodności szparkowej u obu odmian na obiektach nie nawadnianych.

Czynniki stresowe powodują zaburzenia we wzroście roślin. Na skutek niedostatku wody następuje zamieranie liści połączone z ich zrzucaniem oraz zasychaniem i opadaniem kwiatów, a także zawiązków owoców. Prowadzi to do spadku lub nawet braku plonu. Zdaniem Kocoń i Sułek [2004] w warunkach niedoboru wody w podłożu plon ziarna ulega redukcji średnio o około 30%. Spadek plonu jest typową reakcją na stres wodny, ponieważ dochodzi do ograniczania natężenia intensywności fotosyntezy oraz procesów wzrostu roślin [Lu i Zhang 1998, Starck 2002]. Aktywność fotosyntetyczna liścia flagowego jest szczególnie ważna podczas tworzenia ziarniaków, gdy liście dolne zaczynają zasychać [Inoue 2004].

W badaniach własnych w warunkach stresu wodnego na ziarnie pszenicy ozimej odmian: Tonacja i Sukces stwierdzono mniejszą liczbę izolatów grzybowych aniżeli na obiekcie kontrolnym. Według Fordońskiego i in. [1994] warunki stresowe na ogół sprzyjają porażeniu roślin przez czynniki chorobotwórcze, ponieważ odporność roślin ulega zmniejszeniu. Pszczółkowska i in. [2003] podają, że stres wodny spowodował wzrost zasiedlenia grzybami nasion grochu siewnego.

Badania własne przeprowadzone metodą mikroskopową wykazały obecność izolatów grzybowych gatunku *Fusarium poae* – potencjalnie patogenicznego – na ziarnie pszenicy ozimej, co zostało potwierdzone poprzez analizy BIO-PCR. Uzyskano pozytywny wynik w reakcji łańcuchowej polimerazy z primerami typu SCAR, specyficznymi dla tego gatunku. Otrzymany produkt po reakcji PCR wynosił 220 pz. i był zgodny z wynikami uzyskanymi przez Parry'ego i Nicholsona [1996].

Startery SCARs, które zostały opracowane dla patogenów grzybowych, nie amplifikują roślinnego DNA, a pozwalają na identyfikację patogenu bezpośrednio w tkance żywiciela bez ich izolacji z czystych kultur. Możliwe jest również wykrycie początkowych faz infekcji i porażenia tkanek, kiedy jeszcze nie ma objawów chorobowych [Chełkowski i Witkowska 1999].

Analizy molekularne oparte między innymi na reakcji PCR mogą być pomocne w przewidywaniu występowania choroby. Znane są badania, które wskazują na przydatność tej metody do detekcji patogenów u pszenicy ozimej, gdzie nie obserwowano objawów chorobowych [Turner i in. 1998].

WNIOSKI

1. Deficyt wody wpłynął niekorzystnie na badane cechy biometryczne, powodując zmniejszenie wysokości roślin, masy ziarniaków oraz liczby kłosów z rośliny u testowanych odmian pszenicy ozimej.

2. Pod wpływem niedoboru wody stwierdzono znaczne obniżenie fotosyntezy, transpiracji, przewodności szparkowej i międzykomórkowego stężenia CO₂ u pszenicy ozimej.

3. Na ziarniakach pszenicy ozimej odnotowano obecność gatunków z rodzaju *Fusarium*. Nie wykazano natomiast jednoznacznego wpływu deficytu wody na wzrost zasiedlenia ziarna przez grzyby.

PIŚMIENNICTWO

- Austin R.B., Erich J.A., Ford M.A., Blackwell R.D., 1977. The fate of the dry matter, carbohydrates and ¹⁴C lost from the leaves and stems of the wheat during grain filling. *Ann. Bot.* 41, 1309-1321.
- Boczek J., Szlendak E., 1992. Wpływ stresów roślinnych na porażenie roślin przez szkodniki. PAN Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych, *Post. Nauk Rol.* 2(237), 1-17.
- Chełkowski J., Witkowska I., 1999. Identyfikacja patogenów grzybowych zbóż i badanie ich różnorodności genetycznej za pomocą łańcuchowej reakcji polimerazy (PCR). *Post. Nauk Rol.* 4, 49-60.
- Fordoński G., Górecki R.J., Bieniaszewski T., Majchrzak B., 1994. Wpływ tiuramu na kiełkowanie, wigor nasion i zdrowotność siewek roślin strączkowych w warunkach stresu chłodnowodnego. *Mat. konf. Uszlachetnianie materiałów nasiennych, PAN – ART Olsztyn*, 81-88.
- Gej B., Balcerzak K., Węgrzynowska A., 1994. Physiological responses of field bean plants to the water deficit in soil. *Agriculture* 27, 21-35.
- Gilman J.C., 1957. *A manual of soil fungi*. The Iowa State University, Ames USA.
- Ellis M.B., 1971. *Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute Kew, Surrey, England.
- Grzesiuk S., Górecki R.J., 1994. *Fizjologia plonów*. ART Olsztyn.
- Grzesiuk S., Koczowska I., Górecki R.J., 1999. *Fizjologiczne podstawy odporności roślin na choroby*. Wyd. II, ART Olsztyn.
- Hue F.-X., Huerre M., Rouffault M.A., Bievre C., 1999. Specific Detection of *Fusarium* Species in Blood and Tissues by PCR Technique. *J. Clinical Microbiology* 37(8), 2434-2438.
- Inoue T., Inanaga S., Sugimoto Y., An P., Eneyi A.E., 2004. Effect of drought on ear and flag leaf photosynthesis of two wheat cultivars differing in drought resistance. *Photosynthetica* 42(4), 559-565.
- Kapierska A., 1991. Odporność roślin na stresowe abiotyczne czynniki środowiska i metody jej oceny. *Post. Nauk Rol.* 1-2(91), 21-32.
- Kocoń A., Sułek A., 2004. Wpływ nawożenia azotem na plon i niektóre parametry jakościowe ziarna pszenicy jarej rosnącej w warunkach niedoboru wody w podłożu. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E, Agricultura* LIX(1), 471-478.

- Kwaśna H., Chełkowski J., Zajkowski P., 1991. Grzyby. Tom XXII (Flora Polska). PAN Instytut Botaniki Warszawa – Kraków.
- Lu C.M., Zhang J.H., 1998. Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition in wheat plants. *Austr. J. Plant. Physiol.* 25, 883-892.
- Nalborczyk E., 1989. Fizjologiczne podstawy produktywności roślin. *Biul. IHAR* 171-172, 133-134.
- Nicholson P., Lees A.K., Maurin N., Parry D.W., Rezanoor H.N., 1996. Development of PCR assay to identify and quantify *Microdochium nivale* var. *nivale* and *Microdochium nivale* var. *majus* in wheat. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 48, 257-271.
- Ozturk A., Ayolin F., 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 190, 93-99.
- Parry D.W., Nicholson P., 1996. Development of a PCR assay to detect *Fusarium poae* in wheat. *Plant Pathology* 45, 383-391.
- Pszczółkowska A., Olszewski J., Fordoński G., Płodzień K., 2003. Wpływ stresu wodnego i mineralnego na zdrowotność nasion wybranych odmian grochu siewnego i łubinu żółtego. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 2(1), 101-113.
- Skrabka H., 1992. Roślina a środowisko. Wybrane działy z fizjologii roślin. AR Wrocław.
- Starck Z., 1995. Współzależność pomiędzy fotosyntezą i dystrybucją asymilatów a tolerancją roślin na niekorzystne warunki środowiska. *Post. Nauk Rol.* 3, 19-35.
- Starck Z., 2002. Mechanizmy integracji procesów fotosyntezy i dystrybucji biomasy w niekorzystnych warunkach środowiska. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 481, 111-123.
- Starck Z., Chołuj D., Niemyska B., 1995. Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. Wyd. SGGW Warszawa.
- Turner A.S., Lees A.K., Rezanoor H.N., Nicholson P., 1998. Refinement of PCR – detection of *Fusarium avenaceum* and evidence from DNA marker studies for phenetic relatedness to *Fusarium tricinctum*. *Plant Pathology* 47, 278-288.

EFFECT OF WATER DEFICIT ON GAS EXCHANGE PARAMETERS, PRODUCTIVITY AND GRAIN HEALTH OF WINTER WHEAT CULTIVARS

Abstract. The rate of photosynthesis and transpiration, intercellular CO₂ concentration, and stomatal conductance of two cultivars of winter wheat were determined in the study. The severity of fungal infection of the grain was also estimated. It was found that water deficit decreased the values of gas exchange parameters, biometric characters and grain weight. In the first year the number of fungal isolates in wheat grain of both cultivars was lower under water stress conditions. However, in the next year the findings were ambiguous.

Key words: water deficit, winter wheat, photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration, grain health, BIO-PCR

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 20.12.2007