

BARBARA WIEWIÓRAZakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Podatność jęczmienia jarego na porażenie przez *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. sprawcę plamistości liści

Susceptibility of spring barley to infection of *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. the causal agent of spot blotch

Badania dotyczyły podatności jęczmienia jarego w różnych fazach rozwojowych na plamistość liści powodowaną przez *Bipolaris sorokiniana*. Obejmowały ocenę wschodów polowych po inokulacji ziarna, określenie wpływu fazy rozwojowej, w której ma miejsce infekcja na wystąpienie plamistości liści w doświadczeniu polowym oraz wpływu porażenia roślin przez *B. sorokiniana* na plon i zdrowotność materiału nasiennego. Ponadto przeprowadzono laboratoryjną ocenę odporności wybranych odmian na plamistość liści. Wykonane analizy wykazały, że inokulacja ziarniaków grzybem *B. sorokiniana* spowodowała obniżenie wschodów polowych u wszystkich badanych odmian. Największe nasilenie plamistości liści w porównaniu do poletek kontrolnych obserwowano na roślinach inokulowanych w czasie kłoszenia i kwitnienia. Ponadto stwierdzono, że plon ziarna, a zwłaszcza jego porażenie przez *B. sorokiniana* zależały od fazy rozwojowej jęczmienia, w której nastąpiła infekcja. Spośród badanych odmian najbardziej odporne na plamistość liści w warunkach laboratoryjnych były odmiany Lailla i Prosa, a najbardziej podatne okazały się odmiany Rastik i Widawa.

Słowa kluczowe: *Bipolaris sorokiniana*, faza rozwojowa, infekcja, jęczmień jary, plamistość liści, podatność

The research concerned susceptibility of spring barley to infection of *Bipolaris sorokiniana* in relationship to plant development stage. The aim of this study was the estimation of emergence after seed inoculation and influence of plant development stage on occurrence of leaf spot in a field experiment. The effects of plant infections by *B. sorokiniana* on seed yield and seed health were also investigated. According to our results, the emergence of all examined cultivars decreased after seed inoculation of fungal solution of *B. sorokiniana*. The highest incidence of infection, in comparison to the control, was observed on plants inoculated at heading and flowering. It was also found that seed yield and seed infection by *B. sorokiniana* is strongly influenced by plant development stage, in which infection occurs. The most resistant cultivars, in the laboratory conditions, were Lailla and Prosa while the most susceptible were Rastik and Widawa.

Key words: *Bipolaris sorokiniana*, growth stage, infection, leaf spot, seed health, spring barley, susceptibility

WSTĘP

Grzyb *Bipolaris sorokiniana* jest znanym patogenem jęczmienia i sprawcą powszechnie występujących chorób podsuszkowych, plamistości liści oraz czernienia kłosów. Patogen ten występuje powszechnie w uprawach nie tylko jęczmienia, ale również pszenicy i wielu gatunków traw na całym świecie (Kiesling, 1985). Jęczmień jest podatny na infekcję w każdej fazie wzrostu. Spadek plonu może dochodzić nawet do ponad 30% i jest następstwem porażenia korzeni, dolnych międzywęźli, liści, kłosów, a w nich ziarna (Eng-Chong-Pua i in., 1985; Grey i Mathre, 1984). Objawy plamistości liści najliczniej pojawiają się w regionach, w których podczas sezonu wegetacyjnego utrzymuje się wysoka wilgotność i temperatura pomiędzy 22° i 30°C (Fletcher i Steffenson, 1994; Ghazvini i Tekauz, 2007).

Źródłem infekcji może być zarówno materiał siewny, jak i gleba. W przypadku porażonego ziarna infekcja następuje za pośrednictwem grzybni zlokalizowanej między plewkami, a okrywą owocowo-nasienną oraz przez konidia zanieczyszczające powierzchnię ziarniaków (Kumar i in., 2001). Częstotliwość zakażenia ziarna przez *B. sorokiniana* zależy od ilości materiału infekcyjnego znajdującego się w otoczeniu roślin podczas kwitnienia i formowania ziarna. Najczęściej są to konidia przenoszone przez prądy powietrza z porażonych liści. Duża wilgotność sprzyja porażeniu aparatu asymilacyjnego liści, zarodnikowaniu i zakażeniu ziarna w kłosach (Couture i Sutton, 1978). Z porażonego ziarna wyrastają chore siewki, a na pochwach i blaszkach liściowych grzyb tworzy konidia powodujące wtórne infekcje.

Patogen przeżywa jako grzybnia w zainfekowanych nasionach lub jako saprotrof na obumarłych tkankach roślinnych (Barba i in., 2002). W ziarniakach grzybnia może zachować żywotność do czterech lat (Christensen, 1963). Oprócz tego *B. sorokiniana* jest fakultatywnym pasożytem, który może żyć saprotroficznie w glebie. Przeżywa w postaci grubościennych przetrwalników, które są głównym czynnikiem sprawczym zgnilizny korzeni (Clark i Wallen, 1969). Grzyb ten charakteryzuje się zdolnością wytwarzania toksyny zwanej helminthosporalem oraz wydzielania poligalaktouranazy, celulazy i pektynoesterazy (Nakijima i in., 1998). Kachlicki (1995) donosi, że najczęściej występującą i aktywną fitotoksyną tego gatunku jest prehelminthosporol, który odgrywa ważną rolę w patogenezie wpływając na osłabienie lub nawet zabicie komórek rośliny (Lilijeroth i in., 1993).

Szkodliwość *B. sorokiniana* zależy nie tylko od warunków pogody, ale przede wszystkim od podatności odmian (Grey i Mathre, 1984; Łacicowa i Pięta, 1991). Równie ważnym zagadnieniem jest patogeniczna specjalizacja tego gatunku, którą po raz pierwszy opisał Christensen (1922). Powszechnie wiadomo, że populacje tego patogena charakteryzują się dużą zmiennością wirulencji. Valjavec-Gratian i Steffenson (1997) w swojej pracy oznaczyli trzy patotypy dla tego gatunku. Podobne wyniki uzyskali Arabi i Jawhar (2004) opisując obecność w Syrii trzech grup wirulencji wśród 11 izolatów badanych przy użyciu 10 różnych genotypów jęczmienia. W Australii zaś Meldrum i wsp. (2004) zidentyfikowali sześć patotypów wśród badanych 34 izolatów. Występowanie i szkodliwość *B. sorokiniana* dla upraw jęczmienia jarego zależy od bardzo wielu

czynników zwłaszcza od rejonu upraw, warunków pogodowych, podatności odmian, jak również patotypów patogena występujących na tym rejonie oraz ich wirulencji.

Celem badań było określenie wschodów polowych po inokulacji ziarna oraz wpływu fazy rozwojowej, w której ma miejsce infekcja grzybem *B. sorokiniana* na wystąpienie plamistości liści w doświadczeniu polowym oraz na plon ziarna i jego porażenie przez tego patogena. Ponadto przeprowadzono ocenę odporności wybranych odmian na plamistość liści powodowaną przez *B. sorokiniana* w warunkach laboratoryjnych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły ziarniaki 12 odmian jęczmienia jarego otrzymane od hodowców (Antek, Barke, Bryl, Hanka, Johan, Justina, Lailla, Prosa, Rastik, Refren, Ryton i Widawa), które posłużyły do założenia doświadczenia polowego prowadzonego w latach 2006–2008 na polu doświadczalnym w Radzikowie. Inokulację ziarna oraz roślin w fazie krzewienia, strzelania w źdźbło, kłoszenia i kwitnienia wykonano używając inokulatu (zawiesina zarodników konidialnych grzyba *B. sorokiniana*) o stężeniu $2,5 \times 10^5$ zarodników w 1 ml roztworu. Kontrolę stanowiły rośliny nieinokulowane.

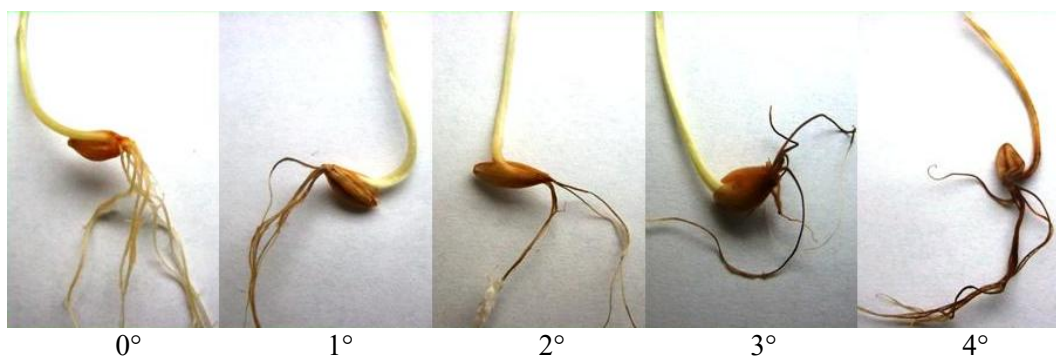
Inokulat przygotowywano w oparciu o jednozarodnikową kulturę grzyba *B. sorokiniana*, który wcześniej wyizolowano z ziarna i inkubowano przez 14 dni w temperaturze 24°C i przemiennym oświetleniu NUV 360 nm i ciemności (12h/12h). Wcześniej oznaczono patogeniczność kilku izolatów, którą określono na próbie 100 ziarniaków jęczmienia odmiany Scarlett inokulowanych zawiesiną zarodników konidialnych o stężeniu $2,5 \times 10^5$ w 1 ml roztworu. Po dziewięciu dniach oznaczono liczbę ziarniaków nieskiełkowanych oraz skiełkowanych, ale porażonych — zbrunatniałe korzenie i część nadziemna. Wybrano izolat najsilniej patogeniczny w stosunku do odmiany Scarlett (52% ziarniaków nieskiełkowanych i 34% porażonych), który użyto do dalszych badań.

Inokulację w warunkach polowych wykonywano w godzinach wieczornych, gdy temperatura powietrza spadała poniżej 20°C. Przez 3–4 dni po inokulacji rośliny spryskiwano wodą, w celu zapewnienia odpowiedniej wilgotności dla skiełkowania zarodników patogena. Do oceny porażenia przez choroby zastosowano 9 stopniową skalę zalecaną przez COBORU, gdzie 9° to brak objawów, a 1° to 50% powierzchni liści z objawami chorobowymi (Kaczyński i in., 1998). Po zbiorach oznaczono plon z poletka o powierzchni 1m² i oceniono zasiedlenie ziarna zebranego w doświadczeniu polowym przez gatunek *B. sorokiniana*.

Analizę fitopatologiczną wykonano na 200 ziarniakach, które wykładano na płytki Petriego z pożywką PDA. Inkubacja przebiegała w termostacie o stałej temperaturze 20°C i przemiennym oświetleniu NUV 360 nm 12h/12h ciemności. Po 15–20 dniach od przeszczepienia kultur na płytki plastikowe z podłożem agarowo-ziemniaczanym i inkubacji w podanych wyżej warunkach, stymulujących zarodnikowanie określono na nasionach liczbę kolonii gatunku *Bipolaris sorokiniana*.

Metoda laboratoryjna określenia podatności odmian na *B. sorokiniana* polegała na ocenie porażenia 7-dniowych siewek według skali 5-stopniowej (rys. 1) i wyliczeniu wskaźnika chorobowego według wzoru (Łacicowa, 1969):

$$\text{Wskaźnik chorobowy} = \frac{\text{suma iloczynów liczbowych wskaźników skali i liczby siewek odpowiadającej danemu wskaźnikowi}}{\text{ogólna liczba badanych siewek} \times \text{najwyższy wskaźnik cyfrowy skali}} \times 100$$

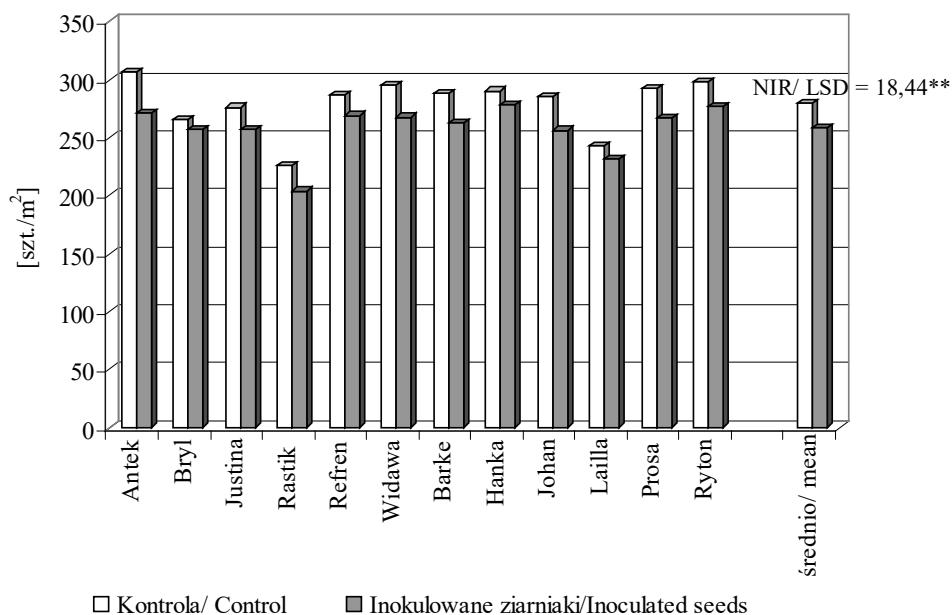


Rys. 1. Skala porażenia siewek
Fig. 1. Rating scale for assessing of seedling infection

Analizy statystyczne przeprowadzono w Systemie SAS® w wersji 1.9 (SAS Institute Inc., 2004 a, 2004 b).

WYNIKI

Wschody polowe były oceniane na poletkach kontrolnych oraz na poletkach, gdzie wysiewano materiał siewny inokulowany zawiesiną zarodników *B. sorokiniana* przez trzy kolejne lata: 2006, 2007 i 2008. Wartości tego parametru istotnie różniły się pomiędzy kontrolą i inokulowanym ziarnem i kształtowały się średnio na poziomie 279,6 roślin/m² na poletkach kontrolnych i 258,3 roślin/m² na poletkach, gdzie wysiewano inokulowane ziarniaki. Spośród badanych odmian najlepsze wschody na kontroli obserwowano dla odmian Antek i Ryton (odpowiednio 306,7 i 298,2 roślin/m²), a naj słabsze dla odmiany Rastik — 225,9 roślin/m². Na poletkach, gdzie wysiewano ziarniaki inokulowane również najlepiej wschodziło ziarno odmiany Ryton (średnio 276,7 roślin/m²) oraz Hanka (średnio 278,8 roślin/m²), zaś naj słabiej odmiany Rastik — 204,2 roślin/m² (rys. 2). Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że inokulacja ziarniaków spowodowała obniżenie wschodów polowych u wszystkich badanych odmian. Stwierdzono, że wschody roślin na poletkach, gdzie wysiewano inokulowane ziarno, były niższe średnio o 21,3 szt./m² (zakres od 8,4 dla odmiany Bryl do 35,1 szt./m² dla odmiany Antek).



* Istotne dla $\alpha = 0,05$; ** Istotne dla $\alpha = 0,01$

* Significant for $\alpha = 0.05$; ** Significant for $\alpha = 0.01$

Rys. 2. Wschody polowe na poletkach kontrolnych i obsianych ziarnem inokulowanym
Fig. 2. Field emergence on control plots and plots where inoculated sowing material was used

Plamistość liści powodowana przez *B. sorokiniana* była oceniana również przez trzy sezony wegetacyjne w latach 2006, 2007 i 2008. Objawy tej choroby przy naturalnej infekcji w niewielkim nasileniu wystąpiły zarówno w roku 2006 jak i 2008. Także wysiew inokulowanego materiału siewnego oraz przeprowadzenie inokulacji w różnych fazach rozwojowych roślin nie spowodowało spodziewanych efektów w postaci znacznego uszkodzenia blaszki liściowej. Przyczyną słabego rozwoju choroby były niesprzyjające warunki pogodowe w czasie inokulacji i po jej wykonaniu zarówno w roku 2006 jak i 2008. W obu tych latach prowadzenia doświadczenia, w czasie wegetacji jęczmienia średnia dobową temperaturę powietrza i sumę opadów od kwietnia do czerwca (okres przeprowadzania inokulacji) była podobna (od 9,2°C do 18,3°C w 2006 i od 9,4°C do 19,0°C w 2008). Różnice dotyczyły tylko temperatury w lipcu (23,4°C w 2006 i 19,5°C w 2008) oraz sum opadów w lipcu (4,6 mm w 2006 i 62,5 mm w 2008) i sierpniu (189,8 mm w 2006 i 51,4 mm w 2008). Najkorzystniejsze warunki dla rozwoju choroby wystąpiły w 2007 roku, kiedy to obok sprzyjającej rozwojowi choroby średniej temperatury powietrza w czerwcu (19,1°C), wystąpiły obfitsze opady (72,2 mm) w porównaniu do tego okresu w roku 2006 i 2008 (tab. 1). We wszystkich latach prowadzenia oceny, największe nasilenie plamistości liści w porównaniu do poletek kontrolnych obserwowano na roślinach inokulowanych w czasie kłoszenia i kwitnienia: średni stopień porażenia odpowiednio 7,60 i 7,62. Na poletkach kontrolnych z naturalną infekcją praktycznie nie obserwowano

objawów choroby (średni stopień porażenia od 8,4 dla odmiany Hanka do 9,0 dla odmiany Rastik). Analizy statystyczne wykazały istotne różnice w występowaniu objawów chorobowych na poletkach kontrolnych i poletkach, gdzie została przeprowadzona inokulacja ziarna i roślin (tab. 2). Można zatem stwierdzić, że na porażenie roślin przez tego patogena mają wpływ nie tylko warunki pogodowe w czasie wegetacji, ale również faza rozwojowa, w której zachodzi proces infekcji.

Tabela 1

Średnia temperatura i suma opadów w czasie wegetacji jęczmienia jarego w latach 2006–2008 na tle danych z wielolecia
Mean temperature and sums of precipitation during vegetation of spring barley in the years 2006–2008 in comparison to long-term averages

Miesiące Months	Średnia dobowa temperatura [C°] Mean daily temperatures [°C]				Suma opadów [mm] Precipitation sums [mm]			
	2006	2007	2008	wielolecie long-term 1976–2008	2006	2007	2008	wielolecie long-term 1976–2008
Kwiecień — April	9,2	9,7	9,4	8,5	38,8	20,0	30,2	30,8
Maj — May	14,3	15,7	14,0	14,5	52,0	63,2	56,6	46,1
Czerwiec — June	18,3	19,1	19,0	17,3	29,0	72,2	15,0	58,0
Lipiec — July	23,4	19,1	19,5	19,0	4,6	94,8	62,5	72,5
Sierpień — August	18,1	19,3	18,8	18,4	189,8	58,2	51,4	55,7
Średnia temperatura i suma opadów Mean temperature and sums of precipitation	16,7	16,6	16,1	15,5	314,2	308,4	215,7	263,1

Tabela 2

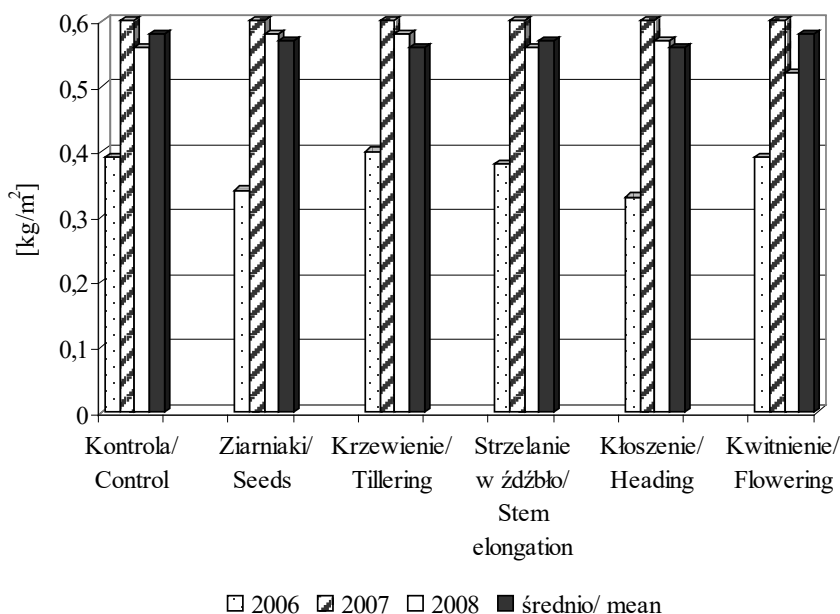
Wpływ inokulacji ziarna i roślin *B. sorokiniana* na występowanie plamistości liści na roślinach w doświadczeniu polowym
Influence of seed and plant inoculation by *B. sorokiniana* on leaf spot occurrence in field experiment

Odmiana Cultivar	Kontrola Control	Inokulacja — Inoculation					NIR LSD
		ziarniaki seed	krzewienie tillering	strzelanie w źdźbło stem elongation	kłoszenie heading	kwitnienie flowering	
Antek	8,76	8,27	8,10	8,17	7,77	7,67	NS
Bryl	8,93	8,33	7,60	8,33	7,83	7,73	NS
Justina	8,83	8,50	7,43	8,07	8,00	7,53	NS
Rastik	9,00	8,33	8,40	8,17	7,33	7,67	NS
Refren	8,76	8,07	7,53	8,27	7,00	7,43	NS
Widawa	8,60	8,27	7,93	8,00	7,50	7,67	NS
Barke	8,76	8,53	8,00	8,17	7,70	7,70	NS
Hanka	8,40	8,50	7,93	7,83	7,83	7,53	NS
Johan	8,50	8,33	8,00	7,90	7,33	7,43	NS
Lailla	8,43	8,33	8,10	7,93	7,00	7,93	NS
Prosa	8,67	7,83	7,90	8,43	7,93	7,67	NS
Ryton	8,83	8,50	8,27	8,50	8,00	7,67	NS
Średnio Mean	8,70	8,32	7,93	8,15	7,60	7,62	0,504**

* Istotne dla $\alpha = 0,05$; ** Istotne dla $\alpha = 0,01$

* Significant for $\alpha = 0.05$; ** Significant for $\alpha = 0.01$

Oszacowano również średni plon ziarna z poletka dla każdej z badanych odmian i stwierdzono, że przeprowadzenie inokulacji ziarna i roślin nie wpłynęło istotnie na wielkość plonu, a jedynie na jego porażenie przez *B. sorokiniana*. Wartości uzyskanego plonu jęczmienia wahały się średnio od 0,56 kg/poletko dla roślin inokulowanych w czasie krzewienia i kłoszenia do 0,58 kg/poletko dla kontroli oraz dla roślin inokulowanych w czasie kwitnienia (rys. 3). Obserwowano jednak zróżnicowanie plonowania w zależności od roku zbioru i stwierdzono, że wszystkie badane odmiany uzyskały najlepszy plon w roku 2007, zaś najgorsze plonowanie obserwowano w roku 2006.



NIR dla kombinacji = 0,086; LSD for combinations = 0.086

NIR dla lat = 0,026**; LSD for years = 0.026**

* Istotne dla $\alpha = 0,05$; ** Istotne dla $\alpha = 0,01$

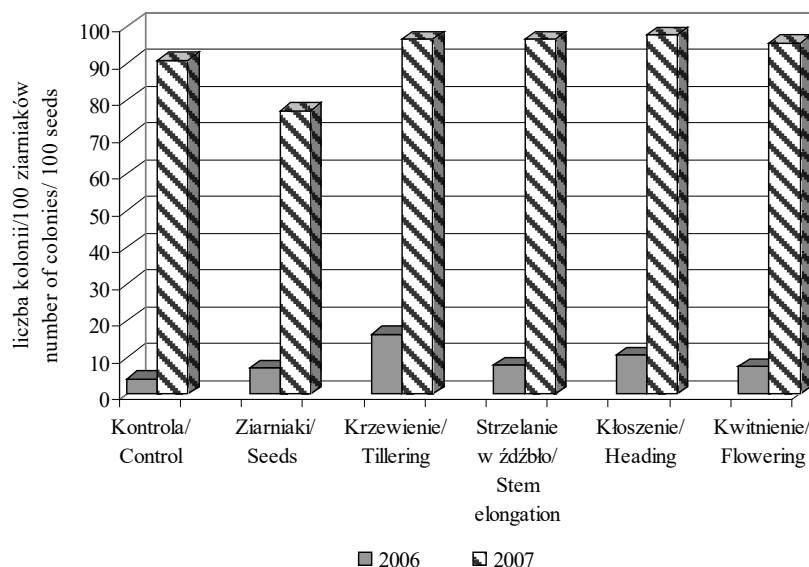
* Significant for $\alpha = 0,05$; ** Significant for $\alpha = 0,01$

Rys. 3. Plon z poletka badanych odmian jęczmienia jarego po inokulacji materiału siewnego i roślin
Fig. 3. Yield of spring barley cultivars after inoculation of sowing material and plants

W 2006 roku obserwowano zróżnicowanie plonowania pomiędzy badanymi kombinacjami, które wahało się średnio od 0,33 kg zebranych z poletek, na których inokulację przeprowadzono w czasie kłoszenia do 0,40 kg/poletko dla kombinacji z inokulacją w czasie krzewienia. Stwierdzono, że wysiew inokulowanych ziarniaków oraz infekcja roślin w czasie kłoszenia wpłynęła na niewielkie obniżenie plonowania odpowiednio o średnio 0,05 kg/poletko i 0,06 kg/poletko. Inokulacja roślin wykonana w pozostałych, badanych fazach rozwojowych nie spowodowała zmian w plonowaniu jęczmienia. Niewielkie różnice w plonowaniu obserwowano w 2007 roku, które wahały się pomiędzy badanymi kombinacjami: od 0,71 kg/poletko dla roślin inokulowanych w czasie krzewienia do 0,82

kg/poletko dla kombinacji z inokulacją roślin w czasie kwitnienia. Największy spadek plonu w porównaniu do kontroli obserwowano na poletkach, gdzie rośliny inokulowano w czasie krzewienia — średnio o 0,07 kg. Ponadto stwierdzono, że rok ten charakteryzował się najlepszymi warunkami pogodowymi dla rozwoju jęczmienia, gdyż uzyskany plon ze wszystkich badanych kombinacji był wyższy niż w latach 2006 i 2008. W 2008 roku plon z poletka w zależności od kombinacji wahał się 0,52 kg dla inokulacji w czasie kwitnienia do 0,58 kg dla kombinacji z inokulowanymi ziarniakami i roślinami w czasie krzewienia (rys. 3). Różnice w plonowaniu pomiędzy badanymi kombinacjami były niewielkie i wynosiły średnio od 0 do 0,04 kg. W trakcie trzech lat badań obserwowane różnice plonowania pomiędzy badanymi kombinacjami okazały się jednak nieistotne statystycznie. Istotne różnice obserwowano jedynie pomiędzy latami zbioru, gdzie najlepszy okazał się rok 2007, a najgorszy 2006.

Inokulacja grzybem *B. sorokiniana* w różnych fazach rozwoju jęczmienia istotnie wpłynęła na zdrowotność ziarna, a zwłaszcza na porażenie przez *B. sorokiniana*. Analiza zdrowotności ziarniaków zebranych w 2006 roku wykazała, że najsilniej porażone przez tego patogena były ziarniaki zebrane z roślin inokulowanych w fazie krzewienia (średnio 16,4 kolonii/100 ziaren) (rys. 4).



NIR dla kombinacji = 13,89**; LSD for combinations = 13.89**

NIR dla lat = 1,49** ; LSD for years = 1.49**

* Istotne dla $\alpha = 0,05$; ** Istotne dla $\alpha = 0,01$

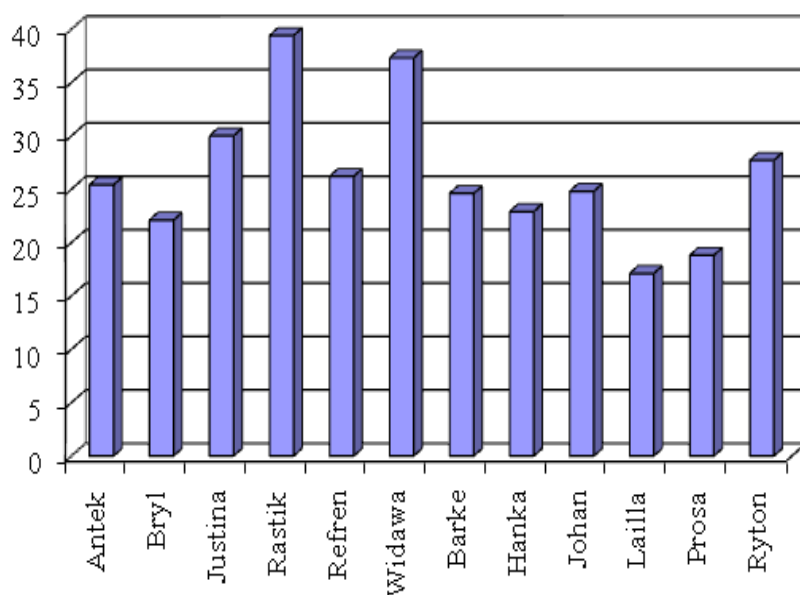
* Significant for $\alpha = 0.05$; ** Significant for $\alpha = 0.01$

Rys. 4. Wpływ inokulacji ziarna i roślin na porażenie przez *B. sorokiniana* materiału siewnego zebranego w doświadczeniu polowym

Fig. 4. Influence of sowing material and plant inoculation by *B. sorokiniana* on infection by this pathogen of seeds harvested in field experiments

Przeprowadzona w tym samym czasie analiza ziarniaków z roślin kontrolnych wykazała porażenie na poziomie 4,2 kolonii/100 ziaren. Spośród badanych odmian *B. sorokiniana* najczęściej izolowano z ziarniaków odmiany Antek i Bryl, zwłaszcza zebranych z roślin inokulowanych w czasie krzewienia i strzelania w źdźbło. Oceniając zdrowotność ziarna zebranego w doświadczeniu polowym w 2007 roku stwierdzono, że wszystkie badane próby ziarniaków były w bardzo dużym stopniu zasiedlone przez *B. sorokiniana*. Najsilniej zasiedlone były ziarniaki zebrane z roślin inokulowanych w fazie kłoszenia (średnio 97,6 kolonii/100 ziaren). Najmniej licznie, chociaż także w znacznej ilości gatunek ten wystąpił na inokulowanym ziarnie – średnio 77,1 kolonii/100 ziaren (rys. 4). W zależności od fazy, w której przeprowadzono inokulację, patogen ten stanowił od 51,6 do 82,0% wszystkich zidentyfikowanych grzybów. Najczęściej był on izolowany z ziarna odmiany Prosa i Hanka, zebranego z roślin inokulowanych w czasie strzelania w źdźbło, kłoszenia oraz kwitnienia.

Przeprowadzone badania laboratoryjne na siewkach i wyliczony wskaźnik chorobowy dla poszczególnych odmian, pozwolił na uszeregowanie badanych odmian pod względem ich odporności na plamistość liści. Najniższy wskaźnik chorobowy uzyskano dla odmiany Lailla (17,1) i Prosa (po 18,8), a co za tym idzie odmiany te w warunkach laboratoryjnych okazały się najbardziej odporne na plamistość liści powodowaną przez *B. sorokiniana*. Najbardziej podatne na tę chorobę okazały się odmiany Rastik (wskaźnik chorobowy 39,4) i Widawa (wskaźnik chorobowy 37,3) (rys. 5).



Rys. 5. Wskaźnik chorobowy podatności badanych odmian jęczmienia jarego na *B. sorokiniana*
 Fig. 5. Disease index of spring barley cultivars susceptibility to *B. sorokiniana*

DYSKUSJA

Grzyb *B. sorokiniana* atakuje rośliny w każdej fazie wzrostu, a spadek plonu może wahać się od 20% do 80% (Duveiller i Gilchrist, 1994), ale może również dojść do 100% strat w czasie dogodnych warunków środowiska dla rozwoju infekcji (Srivastava i in., 1971). Jęczmień jest podatny na infekcję w każdej fazie wzrostu, jednak nie znaleziono żadnych informacji mówiących o tym, w którym momencie rozwoju roślina jest najbardziej wrażliwa na atak patogena i kiedy odpowiada na ten atak największym spadkiem plonu i jego zdrowotności. Duveiller i wsp. (1998) stwierdzili jednak, że istnieje zależność pomiędzy występowaniem choroby, wysokością roślin i ich wczesnością. Również Joshi i wsp. (2002) badając pszenicę obserwowali, że później dojrzewające genotypy wydają się być odporne, bo unikają infekcji, ponieważ cykl rozwojowy rośliny nie jest zsynchronizowany z cyklem rozwojowym patogena.

Przeprowadzone badania własne wykazały, że porażenie ziarna przez gatunek *Bipolaris sorokiniana* ma istotny wpływ na obniżenie wschodów polowych. W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono, że wschody polowe były niższe od kontroli od 3,2 do 11,4% (średnio 7,6%) w zależności od odmiany. Potwierdzają to badania Łacicowej (1990) oraz Szymera i wsp. (1984) nad zdrowotnością nasion jęczmienia jarego oraz wpływem mikroorganizmów zasiedlających ziarno na zdolność kiełkowania i wschody polowe. Autorzy ci stwierdzili, że wraz z obniżeniem zdrowotności materiału siewnego następował spadek wartości obu tych parametrów. Wschody polowe uległy obniżeniu o ponad 30%, a uwzględniając wypadanie siewek na skutek infekcji, obsada roślin na plantacji zmniejszyła się znacznie poniżej optimum przewidzianego dla gatunku. Powszechnie wiadomo, że infekcja siewek następuje za pośrednictwem grzybni zlokalizowanej między plewkami, a okrywą owocowo-nasienną oraz przez konidia zanieczyszczające powierzchnię ziarniaków (Kumar i in., 2001), czyli przyczyną słabszych wschodów polowych jest głównie zasiedlony materiał siewny.

Podczas obserwacji polowych stwierdzono, że plamistość liści przy naturalnej infekcji wystąpiła w niewielkim nasileniu zarówno w roku 2006 jak i 2008. Także wysiew inokulowanego materiału siewnego oraz przeprowadzenie inokulacji w różnych fazach rozwojowych roślin nie spowodowało większego uszkodzenia roślin. Przyczyną słabego rozwoju choroby były niesprzyjające warunki pogodowe w czasie inokulacji i po jej wykonaniu. Mimo, że patogen rozwija się w szerokim zakresie temperatury od 4°C do 36°C (optimum 24–28°C) (Surin i in., 2001), to znaczącą rolę w rozwoju choroby odgrywają opady i chociaż przez kilka dni po inokulacji rośliny spryskiwano wodą, w celu zapewnienia odpowiedniej wilgotności dla rozwoju choroby, to nie przyniosło to pożądanego efektu. Najkorzystniejsze warunki dla rozwoju choroby były w 2007 roku, kiedy to obok sprzyjającej rozwojowi choroby średniej temperatury powietrza w czerwcu (19,1°C), wystąpiły obfite opady (72,2 mm). Agarwal i Sinclair (1997) zwrócili uwagę, że opady i wysoka temperatura w czerwcu, w czasie kłoszenia, mają znaczący wpływ na rozwój mikroflory, zwłaszcza grzyba *B. sorokiniana*. Autorzy ci podkreślili, że wysoka temperatura na początku maja i wilgotne oraz chłodniejsze warunki pod koniec maja i na początku czerwca sprzyjają wysokiemu porażeniu ziarniaków. Z porażonego ziarna

wyrastają chore siewki, a na pochwach i blaszkach liściowych grzyb tworzy konidia powodujące wtórne infekcje, które mają miejsce w momencie obfitego powstawania zarodników konidialnych na nekrotycznych plamach, do czego niezbędna jest odpowiednio wysoka wilgotność (Scott, 1995).

Badania plonowania jęczmienia wykazały, że przeprowadzenie inokulacji ziarna i roślin nie wpłynęło istotnie na wielkość plonu, a jedynie na jego zasiedlenie przez *B. sorokiniana*. Potwierdzają to wyniki uzyskane przez Bailey i wsp. (1997), którzy obserwowali, że wysiew ziarna porażonego przez *B. sorokiniana* spowodował redukcję wschodów, ale plon z poletka nie zwiększył się istotnie w stosunku do plonu uzyskanego z poletek, gdzie wysiewano zdrowe ziarno. W prezentowanych badaniach własnych stwierdzono jedynie różnice w porażeniu ziarna w zależności od fazy rozwojowej roślin, w której nastąpiła infekcja. Najsilniej porażone były ziarniaki zebrane z roślin inokulowanych w fazie kłoszenia, zaś najmniej licznie, chociaż także w znacznej frekwencji gatunek ten wystąpił na inokulowanym ziarnie. Stwierdzono również, że ziarniaki ze zbioru 2007 były dużo częściej zasiedlone w porównaniu do zebranych w 2006 roku. Zróżnicowane wyniki dotyczące liczby uzyskiwanych izolatów tego grzyba z ziarna w różnych latach zbioru i różnych okręgach rolniczych uzyskała również Łacicowa (1990), co tłumaczyła warunkami pogodowymi i glebowymi oraz niejednakową ilością materiału infekcyjnego znajdującego się w otoczeniu podczas kwitnienia zbóż.

Jednak szkodliwość *B. sorokiniana* zależy nie tylko od warunków pogody, ale przede wszystkim od podatności odmian, na co zwracają uwagę Grey i Mathre (1984) oraz Łacicowa i Pięta (1991). Przeprowadzone laboratoryjne badania nad podatnością siewek na *B. sorokiniana* wykazały wyraźne zróżnicowanie w obrębie badanych odmian. Najbardziej odporne okazały się odmiany Lailla i Prosa, zaś podatne były odmiany Rastik i Widawa. Kumar i wsp. (2001) w pracy dotyczącej oddziaływaniu genu odporności na mączniaka prawdziwego *Mlo* w stosunku do nekrotroficznego gatunku *B. sorokiniana* stwierdzili, że odporne na mączniaka genotypy z mutacją w *Mlo locus* wykazują większą wrażliwość na porażenie przez tego patogena w porównaniu do dzikich form jęczmienia. Z danych literaturowych wiadomo, że infekcja jęczmienia przez ten gatunek grzyba jest związana z penetracją ścian komórkowych i akumulacją nadtlenu wodoru, co w końcowym efekcie przyczynia się do śmierci komórkowej (Kumar i in., 2002). W pracy prowadzono badania nad 12 odmianami jęczmienia jarego, z czego 6 posiadało gen odporności na mączniaka *Mlo*. Uzyskane wyniki nie pozwalają jednak na stwierdzenie, że obecność tego genu wpływa w zdecydowany sposób na podatność lub odporność w warunkach laboratoryjnych tych odmian w stosunku do *B. sorokiniana*. Spośród badanych odmian posiadających gen odporności na mączniaka *Mlo* jedna okazała się odporna na *B. sorokiniana*, zaś pozostałe charakteryzowały się średnimi wartościami wskaźnika chorobowego.

WNIOSKI

1. Inokulacja ziarniaków grzybem *Bipolaris sorokiniana* spowodowała obniżenie wschodów polowych u wszystkich badanych odmian.

2. Największe nasilenie plamistości liści w porównaniu do poletek kontrolnych obserwowano na roślinach inokulowanych w czasie kłoszenia i kwitnienia. Stwierdzono, że na nasilenie występowania choroby duży wpływ miały warunki pogodowe panujące w czasie i po przeprowadzeniu inokulacji.
3. Nie obserwowano istotnego wpływu fazy rozwojowej jęczmienia, w której przeprowadzono inokulację na plon ziarna, a jedynie na jego porażenie przez *B. sorokiniana*.
4. Spośród badanych odmian najbardziej podatne na plamistość liści w warunkach laboratoryjnych okazały się odmiany Rastik i Widawa, zaś najbardziej odporne były Lailla i Prosa.

LITERATURA

- Agarwal V. K., Sinclair J. B. 1997. Principles of seed pathology. Second edition, CRC Press Inc., Lewis.
- Arabi M. I. E., Jawhar M. 2004. Identification of *Cochliobolus sativus* (spot blotch) isolates expressing differential virulence on barley genotypes in Syria. *J. Phytopathol.* 152: 461 — 464.
- Barba J. T., Reis E. M., Forcelini C. A. 2002. Comparison of methods for the detection of *Bipolaris sorokiniana* in barley seeds. *Fitopatologia Brasileira* Vol. 27, No. 4: 389 — 394.
- Bailey K.L., Duczek L.J., Potts D.A. 1997. Inoculation of seeds with *Bipolaris sorokiniana* and soil fumigation methods to determine wheat and barley tolerance and yield losses caused by common root rot. *Canadian Journal of Plant Science* Vol. 77, No. 4: 691 — 698.
- Christensen J. J. 1922. Studies on the parasitism of *Helminthosporium sativum*. Univ. Minn. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. 11: 1 — 42.
- Christensen J. J. 1963. Longevity of fungi in barley kernels. *Pl. Dis. Repr.* 47: 639 — 642.
- Clark R. V., Wallen V. R. 1969. Seed infection of barley by *Cochliobolus sativus* and its influence on yield. *Can. Plant Dis. Surv.* 49: 60 — 64.
- Couture L., Sutton J. C. 1978. Relation of weather variables and host factors to incidence of airborne spores of *Bipolaris sorokiniana*. *Can. J. Bot.* 56: 2162 — 2170.
- Duveiller E., Gilchrist L. 1994. Production constraints due to *Bipolaris sorokiniana* in wheat: Current situation and future prospects. In: Saunders D.A., Hettel G.P. (Eds.), *Wheat in Heat-Stressed Environments: Irrigated, Dry Areas and Rice-Wheat Farming Systems*, CIMMYT, Mexico, D.F. pp.343 — 352.
- Duveiller E., Garcia I., Franco J., Toledo J., Crossa J., Lopez F. 1998. Evaluating spot blotch resistance of wheat: Improving disease assessment under controlled conditions and in the field. In: Duveiller E., Dubin H.J., Reeves J., McNab A. (Eds.), *Helminthosporium Blights of Wheat: Spot Blotch and Tan Spot*, CIMMYT, Mexico, D.F. pp. 171 — 181.
- Eng-Chong-Pua R. R., Pelletier H. R., Klinck H. R. 1985. Seedling blight, spot blotch and common root rot in Quebec and their effect on grain yield in barley. *Can. J. Pl. Path.* 7: 395 — 401.
- Fletcher T. G. Jr., Steffenson B. J. 1994. Identification of *Cochliobolus sativus* isolates expressing differential virulence on two-row barley genotypes from North Dakota. *Can. J. Plant Pathol.* 16: 202 — 206.
- Grey W.E., Mathre D.E. 1984. Reaction of spring barleys to common root rot and its effect on yield components. *Can. J. Pl. Sci.* 64: 245 — 253.
- Ghazvini H., Tekauz A. 2007. Virulence Diversity in the Population of *Bipolaris sorokiniana*. *Plant Dis.* 91: 814 — 821.
- Joshi A.K., Chand R., Arun B. 2002. Relationship of plant height and days to maturity with resistance to spot blotch in wheat. *Euphytica* 123: 221 — 228.
- Kachlicki P. 1995. Metabolitem of *Helminthosporia*. In: Chełkowski J. (ed.). *Helminthosporia Metabolites, Biology, Plant Diseases. Bipolaris, Drechslera, Exserohilum*. Poznań, Poland: 1 — 26.
- Kaczyński L., Zych J., Behnke M., Lewandowska B., Szymczyk R. 1998. Metodyka badania wartości gospodarczej odmian (WGO) roślin uprawnych. *Rośliny rolnicze. Zbożowe. Jęczmień, owies, pszenica zwyczajna, pszenżyto, żyto. COBORU. Wydanie 1, Słupia Wielka.*

- Kiesling R.L. 1985. The diseases of barley in D.C. Rasmussen, ed., Barley Agron. Monogr. 16. ASA and SSSA, Madison, WI: 269 — 308.
- Kumar J., Hüchelhoven R., Beckhove U., Nagarajan S., Kogel K. H. 2001. A compromised Mlo pathway affects the response of barley to the necrotrophic fungus *Bipolaris sorokiniana* (teleomorph: *Cochliobolus sativus*) and its toxins. The American Phytopathological Society Vol. 91, No. 2: 127 — 133.
- Kumar J., Schafer P., Hüchelhoven, Langen G., Baltruschat H., Stein E., Nagarajan S., Kogel K. 2002. *Bipolaris sorokiniana*, a cereal pathogen of global concern: cytological and molecular approaches towards better control. Molecular Plant Pathology 3 (4): 185 — 195.
- Lilijeroth E., Franzon-Almgren I., Gunnarsson T. 1993. Effect of pre-helminthosporol, a phytotoxin produced by *Bipolaris sorokiniana* on barley roots. Can. J. Bot. 72: 558 — 563.
- Łacicowa B. 1969. Metoda laboratoryjna szybkiej oceny odporności jęczmienia na *Helminthosporium sativum* P. K. et B. Biul. IHAR 3-4: 61 — 62.
- Łacicowa B. 1990. Mikoflora ziarna jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) wzrastającego w warunkach zagrożenia chorobowego przez *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram. et Jain. (= *Helminthosporium sativum* P.K. et B.). Roczn. Nauk Rol. s. E, T. 20, Z. 1/2: 17 — 23.
- Łacicowa B., Pięta D. 1991. Podatność różnych odmian jęczmienia jarego na porażenie przez *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram. et Jain. Hod. Rośl. Aklim. T. 35, Z. 5/6: 53 — 59.
- Meldrum S. I., Ogle H. J., Platz G. J. 2004. Pathotypes of *Cochliobolus sativus* on barley in Australia. Aust. Plant Pathol. 33: 109 — 114.
- Nakijima H., Toratsu Y., Fujii Y., Ichinoe M., Hamasaki T. 1998. Biosynthesis of Sorokinianin a Phytotoxin of *Bipolaris sorokiniana*. Evidence of Mixed Origin from the Sesquiterpene TCA Pathways. Pergamon, Tetrahedron Letters 39: 1013 — 1016.
- SAS Institute Inc. 2004 a. SAS 9.1 Companion for Windows. Cary, NC, USA: SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- SAS Institute Inc. 2004 b. SAS/STAT 9.1 user's guide. Cary, NC, USA: SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- Scott D. B. 1995. *Helminthosporia* that cause leaf spots on small-grain cereals in South Africa. Chełkowski J. (ed.). *Helminthosporia* Metabolites, Biology, Plant Diseases. *Bipolaris*, *Drechslera*, *Exserohilum*. Poznań, Poland: 107 — 137.
- Srivastava O. P., Luthra J. K., Narula P. N. 1971. Inheritance of seedling resistance to leaf blight of wheat. Indian J. Genet. & Plant Breed. 45: 941 — 943.
- Surin N. A., Sorokataya E. I., Gromovykh T. I., Zobova N. V. 2001. The necessity of increasing the resistance of spring barley varieties to root rots in the Krasnoyarsk Territory. Russian Agricultural Sciences No. 6: 14 — 17.
- Szyrmer J., Rytko G., Grzelak K., Tulo M. 1984. Znaczenie wartości siewnej ziarna w produkcji zbóż. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. Z. 305: 371 — 375.
- Valjavec-Gratian M., Steffenson B. J. 1997. Genetics of virulence in *Cochliobolus sativus* and resistance in barley. Phytopathology 87: 1140 — 1143.