

URSZULA SKOMRAInstytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Ocena materiałów hodowlanych chmielu zwyczajnego pod względem odporności na mączniaka prawdziwego

The assessment of resistance to powdery mildew in hop breeding material

Przedmiotem badań były potomstwa chmielu zwyczajnego uzyskane w wyniku skrzyżowania odmiany Magnum będącej źródłem wysokiej zawartości alfa kwasów, ale jednocześnie wrażliwej na mączniaka prawdziwego, z czterema osobnikami męskimi o małej wrażliwości na tę chorobę. Odporność roślin na mączniaka prawdziwego chmielu oceniano w warunkach naturalnej presji infekcyjnej w dwóch etapach. Pierwszy obejmował wszystkie rośliny z badanego potomstwa i polegał na szacunkowej ocenie występowania objawów choroby na liściach oraz szyszkach w stadium dojrzałości technologicznej. W drugim etapie, z roślin, u których nie stwierdzono objawów choroby w trakcie oceny polowej pobierano losowo 250 szyszek do szczegółowej analizy porażenia. Oceniano odsetek szyszek z objawami choroby oraz stopień ich porażenia. Obserwowano zróżnicowanie porażenia w poszczególnych potomstwach badanych roślin. Najmniejszym odsetkiem roślin z objawami mączniaka prawdziwego charakteryzowało się potomstwo dzikiego chmielu męskiego znalezione w Bieszczadach. W żadnym potomstwie nie stwierdzono roślin całkowicie odpornych na mączniaka prawdziwego, jednak część roślin charakteryzowała się częściową odpornością na tę chorobę. Stanowiły one w zależności od potomstwa od 12,8 do 21,1%. Objawy mączniaka prawdziwego obserwowano częściej na szyszkach niż na liściach chmielu.

Słowa kluczowe: hodowla odpornościowa, *Humulus lupulus*, odporność polowa, *Podosphaera macularis*

Hop progenies from the crosses between hop cv. Magnum, used as a source of high alpha acid content but showing sensitivity to hop powdery mildew, and four male plants partially resistant to this disease, were studied. The resistance to powdery mildew was assessed under natural infection pressure in two stages. The first stage included all plants from the studied progenies and it based on the estimation of disease symptoms on leaves and cones at the stage of technological maturity. The second stage only covered the plants that had been found healthy during the field estimation. A random sample of 250 cones from each plant was assessed for the presence of disease symptoms. The percentage of diseased cones and infection severity were determined. Differences between the studied progenies in the infection level were observed. The lowest percentage of infected plants was recorded for the progenies of the wild male hop found in Bieszczady. No plants fully resistant to hop powdery mildew were found in the progenies, although some of them expressed a high level of partial resistance to this disease. The percentage of plants with partial resistance to hop powdery mildew ranged from 12.8 to

21.1, depending on the progeny. Powdery mildew symptoms were more frequently observed on hop cones than on leaves.

Key words: breeding for resistance, *Humulus lupulus*, field resistance, *Podosphaera macularis*

WSTĘP

Zainteresowanie przemysłu piwowarskiego, będącego głównym odbiorcą surowca chmielowego skupia się wokół odmian o wysokiej zawartości alfa kwasów w szyszkach, lepiej przystosowanych do produkcji ekstraktów i granulatów, które w procesie warzenia piwa zastąpiły chmiel prasowany. Nowoczesne odmiany chmielu, oprócz wysokiej zawartości alfa kwasów, powinny charakteryzować się również odpornością lub przynajmniej mniejszą podatnością na najgroźniejsze choroby, wśród których coraz większego znaczenia nabiera mączniak prawdziwy chmielu powodowany przez grzyb *Podosphaera macularis* Braun & Takamatus; synonimy: *Sphaerotheca macularis* (Wallr.:Fr) Lind, *Sphaerotheca humuli* DC.(Burrill.). Patogen atakuje liście, kwiaty oraz szyszki chmielu (Seigner i in., 2003). Straty z powodu obniżenia wielkości i jakości plonu oraz zwiększenia kosztów chemicznej ochrony roślin są ogromne. W USA w latach 1999–2000 przekraczały one 30 mln. USD (Mahaffee i in., 2003). W Niemczech same koszty ochrony plantacji chmielu przed mączniakiem prawdziwym w latach 1998–2003 wahały się od 180 do 350 EUR na ha (Engelhard, 2005). W Polsce do końca lat dziewięćdziesiątych choroba występowała sporadycznie. Obecnie obserwuje się jej nasilenie.

Duże straty powodowane bezpośrednio przez mączniaka prawdziwego oraz generowane w wyniku konieczności prowadzenia intensywnej ochrony chemicznej skłoniły hodowców chmielu do zintensyfikowania prac nad uzyskaniem odmian odpornych na tę chorobę (Darby, 2005; Seigner i in., 2005). Bardzo ważnym etapem hodowli odpornościowej jest ocena uzyskanych mieszańców pod względem odporności na mączniaka prawdziwego.

Celem przeprowadzonych badań było określenie polowej odporności na mączniaka prawdziwego materiałów hodowlanych chmielu uzyskanych w wyniku skrzyżowania odmiany Magnum będącej źródłem wysokiej zawartości alfa kwasów, ale jednocześnie wrażliwej na mączniaka prawdziwego z osobnikami męskimi o zróżnicowanej zawartości alfa kwasów oraz małej wrażliwości na tę chorobę. Badania te pomogą również ocenić wpływ formy ojcowskiej na poziom odporności potomstwa.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były potomstwa chmielu zwyczajnego uzyskane w wyniku skrzyżowania odmiany Magnum z czterema osobnikami męskimi o zróżnicowanej zawartości alfa kwasów oraz małej wrażliwości na mączniaka prawdziwego. Charakterystykę komponentów rodzicielskich przedstawiono w tabeli 1.

Pochodzenie form rodzicielskich przeznaczonych do krzyżowań oraz liczba roślin badanych w poszczególnych potomstwach
Origin of parental forms used for crossing and number of plants tested in particular progenies

Formy rodzicielskie Parental forms				Potomstwo Progeny	
Mateczna — Female		Ojcowska — Male		oznaczenie designation	liczba badanych roślin number of tested plants
nazwa name	pochodzenie origin	oznaczenie designation	Pochodzenie Origin		
Magnum	Odmiana wyhodowana w Niemczech w latach 80. XX w., pochodząca od amerykańskiej odmiany Galena. Sprowadzona do Polski w 1995 r. Obecnie jest uprawiana na powierzchni około 300 ha, co stanowi 14% arealu chmielu w Polsce	4/24	Roślina męska znaleziona na plantacji produkcyjnej odmiany chmielu Izabella, powstała prawdopodobnie w wyniku mutacji z rośliny żeńskiej Male plant found on plantation of hop cv. Izabella; probable effect of a female plant mutation	KG1	40
	The cultivar bred in Germany in the 80s of the 20 th century, originated from American cv. Galena. Brought to Poland in 1995. Currently cultivated on the area of about 300 ha (14% of the total area of hop cultivation in Poland)	4/18	Roślina pozyskana ze stanowiska naturalnego w Bieszczadach w okolicach Polańczyka w 1997 r. Plant brought in 1997 from natural environment in the Bieszczady	KG2	44
		4/11	Roślina pochodząca ze skrzyżowania amerykańskiej odmiany Galena z rośliną 4/24 Plant originated from crossing between American cv. Galena and the 4/24 plant	KG3	45
		5/2	Roślina pochodząca ze skrzyżowania polskiej odmiany Pałacowy z rośliną 4/24 Plant originated from crossing between Polish cv. Pałacowy and the 4/24 plant	KG4	45

Krzyżowania wykonano w 2000 roku. Siewki wysadzono wiosną 2002 r. na miejsce stałe na plantacji hodowlanej. Obserwacje prowadzono w latach 2004–2006 w warunkach naturalnej presji infekcyjnej, bez stosowania zabiegów ochrony roślin.

Odporność roślin na mączniaka prawdziwego chmielu oceniano w dwóch etapach. Pierwszy obejmował wszystkie rośliny z badanych pokoleń i polegał na szacunkowej ocenie występowania objawów chorobowych. Na przełomie lipca i sierpnia obserwowano występowanie mączniaka prawdziwego na liściach. Pod koniec sierpnia w fazie dojrzałości technologicznej prowadzono szacunkową ocenę porażenia szyszek.

W drugim etapie, z roślin, u których nie stwierdzono objawów choroby w trakcie oceny polowej pobierano losowo 250 szyszek do szczegółowej analizy porażenia. Oceniano odsetek szyszek z objawami choroby oraz stopień ich porażenia wg metody opisanej przez Skomrę (2004).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wstępnej, szacunkowej ocenie występowania mączniaka prawdziwego poddano w latach 2004–2005 wszystkie rośliny z badanych potomstw, tj. 156 pojedynków (tab. 2). Obserwowano zróżnicowanie porażenia w poszczególnych potomstwach. W obu latach badań najmniejszym odsetkiem roślin z objawami mączniaka prawdziwego na liściach charakteryzowało się potomstwo KG2. Wyróżniało się ono również stosunkowo niskim porażeniem szyszek. Natomiast najwięcej roślin z objawami mączniaka prawdziwego na szyszkach obserwowano w obu latach badań w potomstwie KG1, które charakteryzowało się również najsilniejszym porażeniem liści w roku 2005.

Tabela 2

Półowa ocena występowania objawów mączniaka prawdziwego na liściach i szyszkach chmielu w latach 2004–2005

Field estimation of hop powdery mildew incidence on hop leaves and cones in the years 2004–2005

Potomstwo Progeny	Liczba badanych roślin Number of tested plants	% roślin z objawami mączniaka prawdziwego na: % of plants with hop powdery mildew symptoms on:			
		liście — leaves		szyszki — cones	
		2004	2005	2004	2005
KG 1	36	44,4	16,7	80,6	44,4
KG 2	41	24,4	9,8	73,2	29,3
KG 3	39	46,2	12,8	79,5	43,6
KG 4	40	30,0	12,5	67,5	37,5
Średnia Mean		36,3	13,0	75,2	38,7

Zróżnicowanie odporności potomstw pochodzących od jednej rośliny matecznej świadczy o wpływie formy ojcowskiej na tę cechę. Potwierdzają to badania Darby’ego i wsp. (1989). Spośród osobników męskich użytych do krzyżowań najbardziej wartościowa była roślina 4/18 znaleziona w Bieszczadach, bowiem jej potomstwo (KG2) charakteryzowało się najmniejszą wrażliwością na mączniaka prawdziwego.

Objawy mączniaka prawdziwego obserwowano częściej na szyszkach niż na liściach chmielu (tab. 2). W roku 2004, średni odsetek roślin z objawami choroby na szyszkach był około dwukrotnie wyższy niż przy ocenie liści, w roku 2005 różnica ta była jeszcze większa. Jest to związane ze zróżnicowaną wrażliwością poszczególnych organów roślin chmielu na mączniaka prawdziwego. Według badań Seigner i wsp. (2003) szyszki chmielu są bardzo wrażliwe na infekcję i mogą być porażane w każdym etapie rozwoju. W przypadku liści występuje odporność związana z wiekiem. Najbardziej wrażliwe na porażenie są młode, rozwijające się liście, natomiast liście starsze nie ulegają porażeniu (Seigner i in., 2003; Turechek i in., 2001). Duży wpływ na rozwój infekcji mają również warunki pogodowe, a szczególnie temperatura i usłonecznienie. Rozwój grzyba odbywa się w szerokim zakresie temperatur, ale warunki optymalne to 18°C (Mahaffee i in., 2003). Temperatura przekraczająca 30°C oraz bezpośrednie promieniowanie słoneczne ograniczają rozwój mączniaka prawdziwego chmielu (Engelhardt i in., 2001; Mahaffee i in., 2003). W początkowym okresie wegetacji chmielu czynnikiem ograniczającym rozwój infekcji może być promieniowanie słoneczne, które z łatwością dociera do młodych

rozwijających się liści wrażliwych na porażenie. W fazie generatywnej, rośliny chmielu są mocno rozbudowane, a do wrażliwych na infekcję kwiatów i szyszek dociera głównie promieniowanie rozproszone, które nie wykazuje negatywnego oddziaływania na patogena. Tym prawdopodobnie można tłumaczyć silniejsze porażenie szyszek w porównaniu z liśćmi. Natomiast w okresie kwitnienia i zawiązywania szyszek czynnikiem ograniczającym porażenie chmielu może być wysoka temperatura. Duże usłonecznienie wiosną oraz silne upały w lipcu 2005 roku mogły być jedną z przyczyn mniejszego nasilenia objawów mączniaka prawdziwego na liściach i szyszkach chmielu w porównaniu z rokiem 2004. Darby i wsp. (1989) wykazali, że istnieje ścisły związek pomiędzy występowaniem objawów mączniaka prawdziwego na liściach i szyszkach chmielu podczas sztucznej inokulacji roślin. Podobną zależność stwierdzili Turechek i wsp. (2001) w warunkach naturalnej presji infekcyjnej w USA. Wyniki uzyskane w niniejszych badaniach wskazują, że w naszych warunkach klimatycznych pewniejszą metodą oceny odporności chmielu na mączniaka prawdziwego jest obserwacja objawów choroby na szyszkach.

Odporność chmielu na mączniaka prawdziwego determinowana jest przez pojedyncze, dominujące geny odporności, swoiste w stosunku do rasy patogena (Darby, 2001; Seigner i in., 2001). Odporność tego typu często bywa nietrwała. W przypadku chmielu odporność determinowana przez większość ze znanych genów została przełamana przez nowe rasy patogena (Seigner i in., 2001). W poszukiwaniu nowych źródeł odporności zwrócono uwagę na odporność częściową, która może w wystarczającym stopniu zabezpieczać rośliny przed chorobą, a jest bardziej trwała (Johnson, 1984). W żadnym z badanych potomstw nie stwierdzono roślin całkowicie odpornych na mączniaka prawdziwego, jednak część roślin charakteryzowała się częściową odpornością na tę chorobę. U tych roślin objawy mączniaka prawdziwego miały niewielkie nasilenie tak, że podczas oceny szacunkowej rośliny te uznawano za zdrowe. Objawy choroby stwierdzono dopiero podczas szczegółowej obserwacji szyszek prowadzonej w laboratorium. Tak małe nasilenie choroby nie ma znaczącego wpływu na wartość technologiczną uzyskiwanego surowca. Liczba roślin o mniejszym nasileniu choroby była zróżnicowana w poszczególnych potomstwach i latach (tab. 3). Najwięcej takich roślin występowało w potomstwie KG2, stanowiły one średnio 21,1%, natomiast najmniej roślin częściowo odpornych było w potomstwie KG3 (12,8%). Średni odsetek szyszek z objawami choroby wahał się od 13,7 w potomstwie KG3 do 25,3 w potomstwie KG1. Współczynniki porażenia były zazwyczaj niskie od 2,0 do 9,5%, co świadczy o tym, że większość szyszek, na których obserwowano objawy chorobowe była uszkodzona w niewielkim stopniu obejmującym mniej niż 0,25% powierzchni szyszki. Wyjątek stanowiło potomstwo KG1 w 2004 roku, u którego współczynnik porażenia wynosił 19,2% i był wyższy niż u matecznej odmiany Magnum. Odmiana Magnum, która została użyta w krzyżowaniach jako źródło wysokiej koncentracji alfa kwasów charakteryzuje się bardzo dużą wrażliwością na mączniaka prawdziwego (Seigner i in., 2003, 2005).

Tabela 3

Występowanie objawów mączniaka prawdziwego na szyszkach roślin charakteryzujących się częściową odpornością polową na tę chorobę

Incidence of hop powdery mildew on cones of hop plants with partial field resistance

Potomstwo/ odmiana Progeny /cultivar	Rok Year	Badane rośliny Tested plants		% szyszek z objawami choroby % of cones with disease symptoms	Średni współczynnik porażenia Mean infection coefficient
		liczba number	%		
KG1	2004	5	13,9	42,8	19,2
	2005	8	22,2	13,9	3,9
	2006	4	11,1	19,1	5,9
Średnia — Mean		5,7	15,7	25,3	9,7
KG2	2004	9	22,0	22,9	9,5
	2005	11	26,8	9,0	2,3
	2006	6	14,6	10,3	3,1
Średnia — Mean		8,7	21,1	14,1	5,0
KG3	2004	4	10,3	20,3	9,1
	2005	7	17,9	7,8	2,0
	2006	4	10,3	12,9	5,2
Średnia — Mean		5,0	12,8	13,7	5,4
KG4	2004	7	17,5	18,9	8,8
	2005	7	17,5	13,5	3,5
	2006	5	12,5	11,0	3,6
Średnia — Mean		6,3	15,8	14,5	5,3
Magnum	2004			28,4	12,8
	2005			25,2	6,3
	2006			22,4	8,5
Średnia — Mean				25,3	9,2

Celem hodowlanym było uzyskanie roślin o koncentracji alfa kwasów podobnej lub wyższej niż u odmiany matecznej oraz mniej podatnych na mączniaka prawdziwego chmielu. Rośliny spełniające oba warunki występowały w potomstwie KG1 i KG3. Niestety w potomstwie KG2, które charakteryzowało się najmniejszą wrażliwością na mączniaka prawdziwego nie stwierdzono roślin o tak wysokiej koncentracji alfa kwasów.

WNIOSKI

1. Stwierdzono zróżnicowanie odporności badanego potomstwa chmielu na mączniaka prawdziwego, co świadczy o wpływie formy ojcowskiej na tę cechę.
2. W żadnym z badanych potomstw nie stwierdzono roślin całkowicie odpornych na mączniaka prawdziwego, ale we wszystkich występowały rośliny charakteryzujące się częściową odpornością, mniej podatne na tę chorobę niż mateczna odmiana Magnum.
3. W naszych warunkach klimatycznych pewniejszą metodą oceny odporności polowej chmielu na mączniaka prawdziwego jest obserwacja objawów choroby na szyszkach, bowiem na liściach występują one znacznie rzadziej.

LITERATURA

- Darby P., Godwin J. R., Mansfield J. W. 1989. The assessment of partial resistance to powdery mildew disease in hops. *Plant Pathology* 38: 219 — 225.
- Darby P. 2001. Single gene traits in hop breeding. Proc. Scientific Commission of the International Hop Growers' Convention. Kent, England, 5–7 August: 76 — 80.
- Darby P. 2005. The assessment of resistance to diseases in the UK breeding programme. Proc. Scientific Commission of the International Hop Growers' Convention. George, South Africa, 20–25 February: 7 — 11.
- Engelhard B., Goldbrunner Ch., Seigner E. 2001. Investigations on biology of hop powdery mildew (*Sphaerotheca humuli*) as a basis for specific strategies of control. Proc. Technical Commission of the International Hop Growers' Convention. Canterbury, England, 6–10 August: 29 — 45.
- Engelhard B. 2005. The impact of weather conditions on the behaviour of powdery mildew in infecting hop (*Humulus*). *Acta Hort.* 668: 111 — 116.
- Johnson R. 1984. A critical analysis of durable resistance. *Annual Review of Phytopathology* 22: 309 — 330.
- Mahaffee W. F., Turechek W. W., Ocamb C.M. 2003. Effect of variable temperature on infection severity of *Podosphaera macularis* on hops. *Phytopathology* 93, no. 12: 1587 — 1592.
- Seigner E., Seefelder S., Haugg B., Hesse H., Rösch H., Felsenstein F. 2001. Investigations on the virulence spectrum of hop powdery mildew (*Sphaerotheca humuli*). Proc. Scientific Commission of the International Hop Growers' Convention. Kent, England, 5–7 August: 33 — 37.
- Seigner E., Seefelder S., Haugg B., Engelhard B., Hasyn S., Felsenstein F. 2003. Infektionspotenzial des echten Mehltaus (*Sphaerotheca humuli*) in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium des Hopfens (*Humulus lupulus*). *Gesunde Pflanzen*, 55. Jahrg., Heft 2: 29 — 33.
- Seigner E., Lutz A., Radic-Miehle H., Seefelder S., Felsenstein F. 2005. Breeding for powdery mildew resistance in hop (*Humulus* L.): strategies at the Hop Research Center, Huell, Germany. *Acta Hort.* 668: 19 — 29.
- Skomra U. 2004. Ocena wybranych odmian chmielu pod względem podatności na mączniaka rzekomego i prawdziwego chmielu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 497: 581 — 589.
- Turechek W. W., Mahaffee W.F., Ocamb C.M. 2001. Development of management strategies for hop powdery mildew in the Pacific Northwest. Online. *Plant Health Progress* doi: 10.1094/PHP-2001-0313-01-RS.