

Joanna Kaczmarek¹, Andrzej Brachaczek², Małgorzata Jędrzycka¹

¹ Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu

² DuPont Poland Sp. z o.o. w Warszawie

Adres do korespondencji: j_kaczmarek@poczta.onet.pl

Zastosowanie testu płatkowego w badaniach odporności odmian rzepaku ozimego na zgniliznę twardzikową – wyniki doświadczeń łanowych

**The use of petal test in screening of winter oilseed cultivars
for resistance to sclerotinia stem rot
– results of big scale field experiments**

Słowa kluczowe: test płatkowy, *Sclerotinia sclerotiorum*, zgnilizna twardzikowa, podatność

Streszczenie

Porażenie roślin rzepaku ozimego grzybem *Sclerotinia sclerotiorum* przyczynia się do znacznych strat plonu nasion. Celem badań było określenie korelacji pomiędzy porażeniem płatków i łodyg rzepaku oraz plonem nasion. Badania prowadzono przez dwa sezony wegetacyjne (2009/2010 i 2010/2011) na polu doświadczalnym Instytutu Zootechniki – PIB, ZD Pawłowice w województwie wielkopolskim. Jesienią 2009 roku każdą z odmian wysiano na powierzchni 0,57 ha, a w 2010 roku – 0,8 ha. Najprawdopodobniej było to jedyne doświadczenie w Polsce prowadzone na poletkach o tak dużej powierzchni. Przed założeniem doświadczeń na polach przeznaczonych do badań sprawdzono zasobność gleby w fosfor, potas oraz magnez. Wybrano fragmenty pól o wyrównanej – średniej bądź wysokiej – zasobności w te pierwiastki oraz o lekko kwaśnym odczynie, sprzyjającym uprawie rzepaku ozimego. Ocenie podlegało 21 odmian rzepaku ozimego o zróżnicowanym podłożu genetycznym, a także odmiennym pokroju i sposobie zapylania (odmiany populacyjne i mieszańce zrestorowane). W okresie wiosennym pobierano płatki poszczególnych odmian i oceniano ich porażenie przez *S. sclerotiorum* w warunkach *in vitro*. Przed zbiorem oceniano nasilenie zgnilizny twardzikowej na łodygach rzepaku. W obu sezonach stwierdzono silną korelację pomiędzy odsetkiem porażonych płatków a procentowym udziałem porażonych łodyg. Odsetek niezainfekowanych płatków i zdrowych łodyg był skorelowany z wielkością uzyskanego plonu nasion rzepaku.

Key words: petal test, *Sclerotinia sclerotiorum*, sclerotinia stem rot, susceptibility

Abstract

The infection of winter oilseed rape plants by the fungus *Sclerotinia sclerotiorum* leads to substantial seed yield losses. The aim of this study was to determine the correlation between the percent of petals infected by *S. sclerotiorum*, percent of stems of oilseed rape with the symptoms of sclerotinia stem rot and the seed yield. The studies were done over two vegetative seasons (2009/2010 and 2010/2011) on the field of the National Research Institute of Animal Production,

Experimental Station in Pawłowice, located in Great Poland region (central west of Poland). In the autumn of 2009 each variety was sown on 0.57 whilst in the autumn of 2010 – on 0.8 ha. To our knowledge it was a unique experiment of this type in Poland due to large area of individual plots. Prior to the experiment the fields were checked for the content of phosphorous, potassium and magnesium. The selected field fragments were of similar quality – they had intermediate to high amounts of these elements and moderately acidic pH, suitable for the cultivation of oilseed rape. The assessment was done using 21 cultivars of winter oilseed rape of various genetic background, differing with plant shape and the way of pollination (populations and restored hybrids). In spring the petals were collected from individual cultivars and their infection with *S. sclerotiorum* was evaluated *in vitro*. The infection of oilseed rape plants was assessed before harvest. In both seasons a strong correlation between the percentage of infected petals and percentage of infected stems was found. The percentage of non-infected petals and healthy stem was correlated with the seed yield of oilseed rape.

Wstęp

Zgnilizna twardzikowa jest jedną z najgroźniejszych chorób rzepaku (Mrówczyński i in. 2008). Powodowana jest przez grzyb *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Patogen ten występuje powszechnie w Polsce (Frencel i in. 1991) i na świecie, ale szczególnie często jego obecność jest stwierdzana w rejonach o dużym udziale rzepaku w strukturze zasiewów oraz na terenach o zwiększonej wilgotności (Paul 1988). W Australii straty plonu spowodowane występowaniem zgnilizny twardzikowej szacuje się średnio na 60 milionów dolarów (Guihua 2003). W Chinach stwierdzono, że ponad 50% roślin rzepaku jest co roku porażonych przez *S. sclerotiorum*, co powoduje średnio 9% strat plonu (Hang 2008).

Porażenie roślin następuje w okresie kwitnienia. W tym czasie w owocnikach zwanych apotecjami tworzone są zarodniki grzyba, które przenoszone są z wiatrem, a następnie osiadają na roślinach, w tym także na płatkach kwiatowych. Po kwitnieniu płatki opadają na powierzchnię blaszek liściowych, a także zatrzymują się w kątach między ogonkiem liściowym a łodygą. Zwilżenie powierzchni liści powoduje, iż płatki przyklejają się do nich i długo pozostają w danym miejscu, czasami aż do swojego pełnego rozkładu. Wtedy grzybnia przerasta do tkanek liści i łodyg (Purdy 1979).

Ograniczeniu choroby sprzyjają metody agrotechniczne, stosowanie zabiegów fungicydowych (Jajor i in. 2008), a także uprawa odmian o większej odporności (Bardin i Huang 2001, Rimmer i in. 2007). Podstawową trudnością w walce z patogenem jest brak znanych źródeł odporności, które mogłyby zostać wykorzystane w hodowli (Starzycka i Starzycki 1994). Stwierdzono natomiast zróżnicowanie w obrębie *S. sclerotiorum* i dokonano podziału na patotypy m.in. na podstawie zdolności do wytwarzania mikotoksyn – kwasu szczawiowego (Starzycka i in. 2004). Wykazano, że kultury, które wytwarzają kwas szczawiowy, blokujący prawidłowe przemiany wapnia Ca^{2+} oraz magnezu Mg^{2+} , tworzą mniejszą liczbę sklerocjów, ale są bardziej agresywne (Noyes i Hancock 1981, Starzycka i in. 2002, Harel i in. 2005).

Zdolność do wytwarzania kwasu szczawiowego została wykorzystana w niniejszych badaniach. Kwas ten powoduje obniżenie pH pożywki z dodatkiem indykatora kwasowości, co sygnalizowane jest zmianą jej barwy. Pozwala to na ustalenie nasilenia inokulum pierwotnego grzyba *S. sclerotiorum*.

Celem badań było określenie korelacji pomiędzy obfitością inokulum obecnego na płatkach rzepaku, nasileniem zgnilizny twardzikowej oraz plonem nasion rzepaku.

Material i metody

Doświadczenie polowe prowadzono przez dwa kolejne sezony: 2009/2010 oraz 2010/2011 na polach Zakładu Doświadczalnego Instytutu Zootechniki – PIB w Pawłowicach koło Leszna. Jesienią 2009 roku każdą z odmian wysiano na polu produkcyjnym o powierzchni 0,57 ha, natomiast jesienią 2010 roku – 0,8 ha, każdorazowo podzielonych na trzy powtórzenia. Doświadczenia prowadzono metodą split block.

Do badań wytypowano 15 odmian mieszańcowych (DK Example F1, DK Exquisite F1, Extend F1, Nelson F1, NK Octans F1, NK Petrol F1, PR45D03 F1, PR45D04 F1, PR45D05 F1, PR46W14 F1, PR46W15 F1, PR46W20 F1, PR46W31 F1, SY Kolumb F1, Toccata F1) oraz 6 odmian populacyjnych (Californium, Casoar, Castille, Catana, Katabatic, Osprey). Odmiany pochodziły z czterech firm hodowlanych lub dystrybucyjnych: Maïsadour, Monsanto, Pioneer Hi-Bred i Syngenta Seeds.

W celu określenia zasobności gleby, odczynu pH i zasobności w makro- i mikroelementy próbki gleby pobrano przy pomocy próbnika glebowego z warstwy 0–20 cm według metodyki opisanej w pracy Brachaczka i in. (2012).

Kwiatostany roślin rzepaku pobierano 3 maja 2010 roku i 4 maja 2011 roku. Po 500 płatków zebranych losowo z każdej odmiany wykładano na pożywkę selekcyjną zawierającą indykator kwasowości. Skład pożywki i sposób przeprowadzenia testu będą przedmiotem zastrzeżenia patentowego. Ocenę porażenia płatków dokonywano na podstawie zmiany zabarwienia pożywki po upływie trzech, a następnie pięciu dni. Hodowlę kontynuowano przez kolejne 14 dni aż do wytworzenia sklerocjów na pożywce. Kolonie *S. sclerotiorum* sukcesywnie przenoszono na pożywkę PDA, w celu potwierdzenia wstępnej identyfikacji gatunkowej patogena.

Obserwacje zdrowotności roślin rzepaku i porażenia zgnilizną twardzikową wykonano przed zbiorem rzepaku (6 lipca 2010 r. i 7 lipca 2011 r.). Oceniano po 500 roślin z każdej odmiany, posuwając się zygzakiem po poletkach i losowo wybierając rośliny do oceny. Zastosowano dziesięciostopniową skalę bonitacyjną (0–9), w której kryterium oceny stanowiła rozległość objawów na powierzchni

łodygi i ogólna kondycja rośliny. Rośliny bez objawów chorobowych oznaczano jako „0”, a wzrastający stopień porażenia określano kolejnymi liczbami, aż do „9” – rośliny całkowicie porażonej, o zahamowanym wzroście, z łodygą przerośniętą grzybnią patogena, pozbawioną łuszczyzn.

Przy pomocy programu statystycznego Statistica ver. 10 (StatSoft, Inc., Tulsa, USA), wykonano analizę wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych. Szczegółowe wyniki statystycznie istotnych różnic pomiędzy obiektami badawczymi potwierdzano testem Tukeya. Wyniki uznawano za statystycznie istotne, jeśli różnice występowały na poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$. Współczynniki korelacji obliczono dla średnich wartości danej cechy dla określonej odmiany.

Wyniki

Badane odmiany różniły się pod względem procentu porażenia płatków przez *S. sclerotiorum* (tab. 1). Latem 2010 roku najmniejszy średni odsetek zainfekowanych płatków (4%) stwierdzono u odmiany populacyjnej Castille, która była także w tym sezonie odmianą, u której stwierdzono najmniej objawów zgnilizny twardzikowej na łodygach (tab. 2). Największy odsetek zainfekowanych płatków, wynoszący 61,87%, zaobserwowano u trzech odmian mieszańcowych (PR45D04, Extend, SY Kolumb) oraz u odmiany populacyjnej Catana. U odmian Catana i PR45D04 F1 obserwowano także największy procentowy udział porażonych roślin (33,9%). Stwierdzono bardzo silną korelację między porażeniem płatków a roślin rzepaku (wartość współczynnika korelacji Pearsona wynosiła 0,95 przy $\alpha \leq 0,01$).

Plon nasion rzepaku zebrany z odmian uprawianych w sezonie 2009/2010 wynosił średnio 40,39 dt/ha, a w kolejnym sezonie był niższy o 11,9 dt/ha. Latem 2010 roku najmniej plonującą odmianą była SY Kolumb F1. U tej samej odmiany stwierdzono największy udział porażonych płatków rzepaku przez *S. sclerotiorum*. W sezonie 2010/2011 plon poniżej 20 dt/ha uzyskano u odmiany Castille, która była jedną z najbardziej wrażliwych na zgniliznę twardzikową. W obu sezonach badawczych najwyższy plon uzyskano u odmiany PR46W15 F1 (tab. 3). W 2010 roku odsetek porażonych roślin rzepaku odmiany PR46W15 wynosił zaledwie 6%, a rok później obserwowano 5% roślin z objawami zgnilizny twardzikowej. W sezonie 2009/2010 wartość współczynnika korelacji pomiędzy procentowym udziałem zdrowych roślin a wielkością plonu wynosiła 0,73 i była istotna na poziomie $\alpha = 0,01$, a w 2011 roku była niższa i wynosiła 0,54 ($\alpha = 0,02$).

Tabela 1

Porażenie płatków rzepaku ozimego grzybem *Sclerotinia sclerotiorum* latem 2010 i 2011 na polu Zakładu Doświadczalnego Instytutu Zootechniki – PIB w Pawłowicach koło Leszna — *Infection of winter oilseed rape petals by Sclerotinia sclerotiorum in the summer of 2010 and 2011 in the field of Experimental Station National Research Institute of Animal Production in Pawłowice near Leszno*

Lato 2010 <i>Summer 2010</i>		Lato 2011 <i>Summer 2011</i>	
Odmiana <i>Cultivar</i>	porażenie płatków <i>petal infection</i> [%]	odmiana <i>cultivar</i>	porażenie płatków <i>petal infection</i> [%]
Castille	3,99 a	PR46W15 F1	11,98 b
DK Exquiste F1	11,98 b	PR46W31 F1	26,95 e
PR46W15 F1	11,98 b	DK Example F1	31,94 ef
PR46W14 F1	17,96 bc	Catana	38,92 gh
PR46W20 F1	19,96 cd	PR45D05 F1	39,92 gh
PR46W31 F1	25,95 de	PR46W14 F1	39,92 gh
Katabatic	27,94 e	NK Octans F1	42,91 hi
NK Petrol F1	31,94 ef	Californium	47,90 ij
PR45D03 F1	31,94 ef	PR46W20 F1	47,90 ij
PR45D05 F1	35,93 fg	PR45D03 F1	52,89 jk
Californium	37,92 fgh	Extend F1	54,89 kl
NK Octans F1	37,92 fgh	Nelson F1	54,89 kl
DK Example F1	41,92 ghi	NK Petrol F1	54,89 kl
Osprey	55,89 klm	SY Kolumb F1	55,89 klm
Nelson F1	57,88 klm	Katabatic	56,88 klm
Casoar	59,88 lm	PR45D04 F1	56,88 klm
Toccata F1	59,88 lm	Toccata F1	56,88 klm
Catana	61,87 mn	DK Exquiste F1	58,88 klm
Extend F1	61,87 mn	Osprey	59,88 lm
PR45D04 F1	61,87 mn	Casoar	67,86 no
SY Kolumb F1	61,87 mn	Castille	68,86 o

Różnymi literami oznaczono statystycznie istotne różnicowanie porażenia płatków poszczególnych odmian rzepaku ($\alpha \leq 0,05$) — *Different letters show statistically significant differences between the infection of petals ($\alpha \leq 0.05$)*

Tabela 2

Procent roślin rzepaku ozimego z objawami zgnilizny twardzikowej latem 2010 i 2011 na polu Zakładu Doświadczalnego Instytutu Zootechniki – PIB w Pawłowicach koło Leszna
The percentage of winter oilseed rape plants with Sclerotinia stem rot symptoms in the summer of 2010 and 2011 in the field of Experimental Station National Research Institute of Animal Production in Pawłowice near Leszno

Lato 2010 <i>Summer 2010</i>		Lato 2011 <i>Summer 2011</i>	
Odmiana <i>Cultivar</i>	porażenie roślin <i>plant infection</i> [%]	odmiana <i>cultivar</i>	porażenie roślin <i>plant infection</i> [%]
Castille	2,00 a	PR46W15 F1	4,99 b
DK Exquiste F1	5,99 b	PR46W31 F1	11,98 de
PR46W15 F1	5,99 b	DK Example F1	13,97 efg
PR46W14 F1	8,98 c	PR45D05 F1	14,97 fgh
PR46W20 F1	10,98 cd	PR46W14 F1	14,97 fgh
PR46W31 F1	12,97 def	Catana	15,97 ghi
Katabatic	15,97 ghi	NK Octans F1	15,97 ghi
NK Octans F1	19,96 klm	PR46W20 F1	16,97 hij
PR45D05 F1	19,96 klm	NK Petrol F1	17,96 ijk
Californium	20,96 lm	Katabatic	18,96 jkl
DK Example F1	21,96 m	Nelson F1	18,96 jkl
NK Petrol F1	21,96 m	Toccata F1	18,96 jkl
Casoar	24,95 n	Californium	19,96 klm
PR45D03 F1	25,95 n	Extend F1	19,96 klm
Osprey	28,94 o	PR45D03 F1	19,96 klm
Nelson F1	29,94 op	DK Exquiste F1	20,96 lm
Toccata F1	29,94 op	SY Kolumb F1	20,96 lm
SY Kolumb F1	31,94 pr	Osprey	21,96 m
Extend F1	32,93 r	PR45D04 F1	21,96 m
Catana	33,93 r	Casoar	25,95 n
PR45D04 F1	33,93 r	Castille	25,95 n

Różnymi literami oznaczono statystycznie istotne różnicowanie pomiędzy procentowym udziałem roślin z objawami zgnilizny twardzikowej u badanych odmian ($\alpha \leq 0,05$) —
Different letters show statistically significant differences between the percent of oilseed rape plants ($\alpha \leq 0.05$) infected with Sclerotinia stem rot

Tabela 3

Plon nasion przy 9% wilgotności, uzyskany na polu Zakładu Doświadczalnego Instytutu Zootechniki – PIB w Pawłowicach koło Leszna w 2010 i 2011 roku — *The seed yield at 9% humidity, obtained in the field of Experimental Station National Research Institute of Animal Production in Pawłowice near Leszno before harvest in 2010 and 2011*

Lato 2010 <i>Summer 2010</i>		Lato 2011 <i>Summer 2011</i>	
Odmiana <i>Cultivar</i>	plon (9% wilgotności) <i>yield (9% humidity)</i> [q/ha]	odmiana <i>cultivar</i>	plon (9% wilgotności) <i>yield (9% humidity)</i> [q/ha]
SY Kolumb F1	35,60 k	Castille	18,86 a
Katabatic	36,27 kl	Casoar	22,23 b
PR45D04 F1	37,17 lm	Californium	23,21 b
Catana	37,19 lmn	Katabatic	25,21 c
Toccatà F1	37,79 mno	Nelson F1	27,21 d
Nelson F1	37,83 mno	Osprey	27,37 d
Osprey	38,31 mnop	DK Example F1	27,66 de
DK Example F1	38,34 nop	PR44W22 F1	28,07 de
PR45D03 F1	38,67 op	PR46W14 F1	28,15 de
NK Octans F1	39,10 pr	NK Octans F1	28,26 de
NK Petrol F1	39,16 pr	Catana	28,59 ef
PR45D05 F1	39,99 rs	NK Petrol F1	28,68 ef
Extend F1	40,71 st	Extend F1	29,74 fg
PR46W31 F1	41,31 tu	DK Exquiste F1	30,68 gh
Casoar	41,75 tuv	SY Kolumb F1	30,88 gh
DK Exquiste F1	42,05 uvw	PR45D03 F1	31,16 hi
Californium	42,91 vwx	Toccatà F1	31,20 hi
PR44W22 F1	43,15 wx	PR46W31 F1	31,31 hi
Castille	43,71 x	PR45D04 F1	32,15 i
PR46W14 F1	47,89 y	PR45D05 F1	33,48 j
PR46W15 F1	49,24 z	PR46W15 F1	34,25 j

Różnymi literami oznaczono statystycznie istotnie zróżnicowanie średnich wielkości plonu nasion poszczególnych odmian ($\alpha \leq 0,05$) — *Different letters show statistically significant differences between the cultivars ($\alpha \leq 0.05$)*

Dyskusja

Testy płatkowe zastosowane w niniejszych badaniach wykorzystują zdolność grzyba *S. sclerotiorum* do wytwarzania kwasu szczawiowego. Dzięki temu po wyłożeniu na pożywkę selekcyjną można bardzo szybko przekonać się, czy płatek rzepaku jest pokryty zarodnikami lub przerosnięty grzybnia. Grzybnia *S. sclerotiorum* może bardzo szybko przerosnąć powierzchnię pożywki i wydzielić do niej niektóre produkty swojego metabolizmu. Kwas szczawiowy powoduje obniżenie pH pożywki, co sygnalizowane jest poprzez zmianę jej barwy.

Turkington i inni (1991) postulowali, że porażenie płatków wynoszące poniżej 45% powoduje porażenie roślin wynoszące do 20%. W przypadku odnotowania 45–90% płatków zainfekowanych przez *S. sclerotiorum* prognozowany procent porażonych łodyg to 20–40%, a gdyby obecność zarodników czy grzybni stwierdzono na 90% płatków, mogłoby to spowodować porażenie więcej niż 40% roślin. W niniejszych badaniach stwierdzono podobną zależność. Porażenie płatków poniżej 45% powodowało porażenie łodyg roślin rzepaku wynoszące średnio około 15%, a gdy odsetek płatków z inokulum *S. sclerotiorum* wynosił powyżej 45%, udział zainfekowanych łodyg wzrastał, osiągając w przypadku niektórych odmian aż 33,9%.

W latach sprzyjających rozwojowi grzyba na plantacjach wzrasta nasilenie choroby, co bezpośrednio wpływa na obniżenie plonu nasion (Sansford 1995). W niniejszej pracy odsetek niezainfekowanych płatków i zdrowych łodyg był statystycznie istotnie skorelowany z wielkością uzyskanego plonu (0,54–0,67) dla $\alpha \leq 0,01$.

Nie są znane geny odporności rzepaku na grzyb *S. sclerotiorum*. Uważa się, że mechanizm odporności rzepaku na zgniliznę twardzikową jest związany z aktywacją wielu równocześnie włączonych ścieżek metabolicznych (Fu i in. 2007). W niniejszej pracy nie stwierdzono silnej korelacji pomiędzy porażeniem płatków w obu latach (0,31), a także pomiędzy odsetkiem roślin z objawami zgnilizny twardzikowej w badanych sezonach (0,26). Taki rezultat prawdopodobnie wynika z odmiennych warunków atmosferycznych panujących w danym sezonie badawczym. Sugeruje on także, że w trakcie jednego sezonu nie można jednoznacznie ocenić wrażliwości danej odmiany na zgniliznę twardzikową. Monitorowanie obecności inokulum na płatkach rzepaku, prowadzone za pomocą testów opisanych w niniejszej pracy, może być narzędziem wspierającym rolników w podejmowaniu decyzji o ochronie danej odmiany przed zgnilizną twardzikową. W Niemczech takim narzędziem jest model ScleroPro, który uwzględniając temperaturę powietrza, wilgotność względną, opady i nasłonecznienie wyznacza optymalny termin aplikacji fungicydu przeciwko *S. sclerotiorum* (Koch i in. 2007).

Pomimo bardzo destrukcyjnego wpływu grzyba *S. sclerotiorum* na wielkość plonu nasion rzepaku oraz silnego przekształcania składu pierwiastków zawartych

w porażonej słomie (dane nieopublikowane), właściwości mechaniczne słomy rzepakowej nie ulegają drastycznemu pogorszeniu (Paukszta i in. 2012). Fragmenty łodyg rzepaku silnie porażonych grzybem *S. sclerotiorum* mogą z powodzeniem służyć do uzyskiwania kompozytów polimerowych z dodatkiem lignocelulozowym otrzymanym ze zmieszanych i pozbawionych miększu resztek poźniwnych, pochodzących z pól rzepaku. Jednakże w odniesieniu do plonu i jakości nasion grzyb *S. sclerotiorum* ma działanie zdecydowanie negatywne.

Wnioski

Zastosowanie testu płatkowego pozwalało na wskazanie odmian słabiej porażonych grzybem *S. sclerotiorum*. Wykazano, iż testy płatkowe można stosować przy podejmowaniu decyzji o ochronie rzepaku przed zgnilizną twardzikową. Stwierdzono występowanie korelacji pomiędzy porażeniem płatków a porażeniem łodyg rzepaku oraz negatywne współczynniki korelacji tych cech z plonem nasion rzepaku.

Podziękowanie

Autorzy składają serdeczne podziękowanie panu Michałowi Kamińskiemu (Zakład Doświadczalny Instytutu Zootechniki – PIB w Pawłowicach) za prowadzenie doświadczeń polowych oraz Grzegorzowi Pawlakowi i Marcinowi Fedykowi (DuPont Poland) za pomoc techniczną podczas oceny porażenia.

Literatura

- Bardin S.D., Huang H.C. 2001. Research on biology and control of *Sclerotinia* diseases in Canada. *Can. J. Plant Pathol.*, 23: 88-98.
- Brachaczek A., Kaczmarek J., Kosiada T., Jędrzycka M. 2012. Występowanie suchej zgnilizny kapustnych na wybranych odmianach rzepaku ozimego i ich plon w warunkach doświadczeń łanowych w Wielkopolsce. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops: XXXIII* (1): 55-72.
- Frencel I., Lewartowska E., Jędrzycka M. 1991. The spectrum and severity of fungal diseases in field infections of winter oilseed rape in Poland. A review of the 1980s. *IOBC Bulletin*, 14: 137-140.
- Fu H., Ji R., Hou M., Barbetti M., Dong C., Liu Y., Liu S. 2007. Methyl jasmonate, benzothiadiazole and oxalic acid induce resistance and defence gene expression against *Sclerotinia sclerotiorum* in oilseed rape. *Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress*, 26-30.03.2007, Wuhan, Chiny, 4: 174-176.
- Guihua L. 2003. Engineering *Sclerotinia sclerotiorum* resistance in oilseed crops. *African Journal of Biotechnology*, 2 (12): 509-516.
- Hang D.L. 2008. Study on yield loss investigation of *Sclerotinia sclerotiorum* and its control index. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 6: 27-28.

- Harel A., Gorovits R., Yarden O. 2005. Changes in protein kinase activity accompany sclerotial development in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathology*, 95: 397-404.
- Jajor E., Korbas M., Kozłowski J., Mrówczyński M., Pruszyński G., Wachowiak H., Walczak F., Węgorzek P. 2008. Prognozowanie i sygnalizacja terminów zabiegów ochrony rzepaku przed chorobami. W: *Poradnik sygnalizatora ochrony rzepaku*. Red. F. Walczak. Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, 8-46.
- Koch S., Dunker S., Kleinhenz B., Rohrig M., Tiedmann A. 2007. SklerPro – a crop loss related forecasting model for chemical control of *Sclerotinia* stem rot in winter oilseed rape in Germany. *Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress*, 26-30.03.2007, Wuhan, Chiny, 4: 102-105.
- Mrówczyński M., Korbas M., Praczyk T., Gwiazdowski R., Jajor E., Pruszyński G., Wachowiak H. 2008. Ochrona roślin w integrowanej produkcji rzepaku. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 29 (1): 54-62.
- Noyes R.D., Hancock J.G. 1981. Role of oxalic acid in the sclerotinia wilt of sunflower. *Physiological Plant Pathology*, 18: 123-132.
- Paukszta D., Jędryczka M., Binkiewicz M. 2012. Mechanical properties of polypropylene composites filled with the straw of oilseed rape infested by the fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. *Journal of Composite Materials*, JCM-11-0888.
- Paul V.P. 1988. *Krankheiten und Schädlinge des Rapses*. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Bauer, 121 pp.
- Purdy L.H. 1979. *Sclerotinia sclerotiorum*: History, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution and impact. *Phytopathology*, 69: 875-880.
- Rimmer S.R., Shattuck V.I., Buchwaldt L. 2007. *Compendium of Brassica Diseases*. The APS, St. Paul, 117 pp.
- Sansford C.E. 1995. Oilseed rape: development of stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) and its effect on yield. *Rapeseed today and tomorrow*, 9th International Rapeseed Congress, Cambridge, Wielka Brytania, 4-7.07.1995, 2: 634-636.
- Starzycka E., Kachlicki P., Starzycki M. 2002. Zróżnicowanie polskich i chińskich izolatów *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary pod względem zdolności do wytwarzania kwasu szczawiowego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 23: 385-390.
- Starzycka E., Starzycki M. 1994. Badanie podatności pędów i liści rzepaku ozimego na porażenie przez *Sclerotinia sclerotiorum*. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 15: 83-85.
- Starzycka E., Starzycki M., Cichy H., Cicha A., Budzianowski G., Szachnowska H. 2004. Odporność wybranych odmian rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) na porażenie grzybem *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXV (2): 645-654.
- Turkington T.K., Morrall R.A.A., Rude S.V. 1991. Use of petal infestation to forecast sclerotinia stem rot of canola: the impact of diurnal and weather-related inoculum fluctuations. *Can. J. Plant Pathol.*, 13: 347-355.