

Dorota Kalembasa¹, Stanisław Kalembasa¹, Małgorzata Jędrzycka²

¹ Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej

² Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu

Autor korespondencyjny – M. Jędrzycka, e-mail: mjed@igr.poznan.pl

DOI: 10.5604/12338273.1101234

Wpływ porażenia roślin rzepaku ozimego grzybem *Sclerotinia sclerotiorum* na zawartość fosforu, potasu i wapnia w słomie*

The influence of infection by *Sclerotinia sclerotiorum* on the content
of phosphorous, potassium and calcium in straw of oilseed rape

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, słoma rzepakowa, *Sclerotinia sclerotiorum*, zgnilizna twardzikowa, nawożenie azotowe, fosfor, potas, wapń, stosunek wagowy pierwiastków

Streszczenie

Badano zawartość fosforu, potasu i wapnia w słomie rzepaku ozimego, uprawianego w warunkach glebowo-klimatycznych Polski, w sezonach 2008/2009 i 2009/2010. W doświadczeniu polowym zastosowano zróżnicowane nawożenie azotem (0, 100, 200 kg·ha⁻¹) na tle zbilansowanego nawożenia fosforowo-potasowego. W okresie wiosennym rośliny (pędy) rzepaku inokulowano grzybem *Sclerotinia sclerotiorum*, wywołującym objawy zgnilizny twardzikowej. Analizowano zdrowe części łodyg rzepaku, a także słomę z objawami porażenia wywołanymi w sposób naturalny i sztuczny. Stwierdzono, że słoma roślin zainfekowanych ma inny skład chemiczny niż nieporażonych. Zarówno infekcja naturalna, jak również sztuczna spowodowały kumulację wszystkich trzech badanych pierwiastków w miejscu infekcji, przy czym zdecydowanie największa kumulacja dotyczyła fosforu, natomiast najmniejsza potasu. Przy większych dawkach nawożenia azotowego w słomie roślin inokulowanych zanotowano zwiększoną zawartość badanych pierwiastków. Zróżnicowane stężenia fosforu, potasu i wapnia spowodowały zmiany w stosunkach wagowych tych pierwiastków.

Key words: winter oilseed rape, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotinia* stem rot, nitrogen fertilization, phosphorous, potassium, calcium, gravimetric ratio

Abstract

The study concerned the content of phosphorous, potassium and calcium in the straw of winter oilseed rape grown in 2008/2009 and 2009/2010 in Poland. Field experiment was carried out with different levels of nitrogen (0, 100, 200 kg·ha⁻¹) and balanced doses of phosphorus-potassium fertilization. In the spring, plant stems were inoculated with the pathogenic fungus *Sclerotinia sclerotiorum*, that causes stem rot or white mold. Chemical analysis was performed using stems with artificial as well as natural infestation and compared to uninfected plants. The straw of infected plants had different chemical composition than that of healthy plants. Both natural and artificial infection caused accumulation of all studied elements at the site of infection. The largest accumulation was

* Badania były finansowane przez MNiSzW w ramach projektu NN 310 440 838.

related to phosphorous, whereas the smallest to potassium. Nitrogen fertilization caused the increase of all studied elements. Different concentrations of phosphorous, potassium and calcium resulted in changes in their gravio metric ratio.

Wstęp

Rzepak jest rośliną, której uprawa w ciągu ostatnich lat znacznie się zwiększyła. Na polskim rynku jest to wiodąca roślina w zakresie produkcji oleju i białka, bowiem nasiona zawierają około 40–50% tłuszczu i 20–24% białka. Obecnie największą rolę odgrywa uprawa nasion podwójnie ulepszonych, które zawierają niewielką ilość kwasu erukowego i glukozynolanów, a także innych związków antyżywnościowych (Bartkowiak-Broda 2005). Oprócz wzrostu konsumpcji oleju rzepakowego, który charakteryzuje się korzystnymi właściwościami dietetycznymi, zwiększa się również jego znaczenie techniczne, w tym głównie udział w produkcji biopaliw. Estry metylowe wyższych kwasów tłuszczowych w wielu krajach świata są stosowane jako dodatek do paliw mineralnych wykorzystywanych jako materiał pędny w silnikach wysokoprężnych (Budzyński i in. 2004). Ponadto z rzepaku produkowane są oleje biodegradowalne, środki powierzchniowo czynne, farby, lakiery i farmaceutyki (Krzymański 2008). Nowe możliwości zastosowania oleju rzepakowego przyczyniły się do znaczącego zwiększenia powierzchni uprawy rzepaku. Znaczny areal uprawy rzepaku powoduje zwiększenie presji ze strony szkodników i patogenów, zwłaszcza grzybów chorobotwórczych.

Z gospodarczego punktu widzenia jedną z chorób powodujących znaczne straty ekonomiczne jest zgnilizna twardzikowa, powodowana przez *Sclerotinia sclerotiorum*. Jest to szeroko rozpowszechniony grzyb, należący do workowców (*Ascomycota*) (Paul 1988), który w warunkach naturalnych poraża około 400 gatunków roślin (Purdy 1979). Zgnilizna twardzikowa występuje na formach ozimych (Jędrzycka i in. 1999) oraz jarych (Sadowski i in. 2002). Prognozowanie i sygnalizacja zabiegów nie są łatwe, bowiem w znacznym stopniu zależą od warunków pogodowych (Jajor i in. 2008). Udział porażonych roślin jest uzależniony od dostępności inokulum (Brachaczek i in. 2012) i silnie skorelowany ze średnią wilgotnością powietrza (Jajor i in. 2010). Trudno także znaleźć genotypy cechujące się znaczną odpornością na zgniliznę twardzikową (Jędrzycka i in. 1999, Starzycki i Starzycka 1999).

W ostatnich kilku latach w całej Europie, szczególnie na terenie Polski, Niemiec i Czech zanotowano niezwykle silne porażenie roślin rzepaku przez *S. sclerotiorum*. W 2007 roku udział roślin z objawami zgnilizny twardzikowej na niektórych plantacjach wynosił 80%, co oznacza, że prawie cała część wegetatywna rośliny rzepaku była przerośnięta grzybną patogena. Szczególnie wysokie porażenie odnotowano na Dolnym Śląsku, Opolszczyźnie, Pomorzu, Kujawach, Wielkopolsce, Warmii i Mazurach, a więc w regionach intensywnej uprawy rzepaku

(obserwacje własne). Według danych IOR-PIB w Poznaniu porażenie grzybem *S. sclerotiorum* może spowodować obniżenie plonu nasion od 20 do 60% (Gwiazdowski i Korbas 2005). W doświadczeniu prowadzonym na Opolszczyźnie straty plonu nasion w latach 2009 i 2010 wynosiły odpowiednio 25 i 50% (Brachaczek i in. 2012). Współczynniki korelacji pomiędzy odsetkiem roślin porażonych przez *S. sclerotiorum* a plonem nasion były wysoce istotne (Kaczmarek i in. 2012).

Należy przypuszczać, iż oprócz znacznych strat plonu nasion silnym zmianom ulega także skład chemiczny słomy rzepakowej. W uprawie rzepaku słoma stanowi cenny materiał organiczny, który może być wykorzystywany jako źródło węgla i innych pierwiastków, służących jako składniki pokarmowe dla kolejnych roślin uprawnych na stanowisku po rzepaku. Prawdopodobnie ta szczególnie dotyczy upraw na glebach lżejszych. Nowym kierunkiem wykorzystania słomy rzepakowej może być m.in. produkcja kompozytów polimerowych z udziałem biodegradowalnych materiałów organicznych. Badania prowadzone przez Paukaszę (2005, 2006) wskazują na techniczną możliwość produkcji kompozytów z udziałem słomy rzepakowej, sięgającym 30–40%.

Nowe możliwości wykorzystania słomy rzepakowej skierowały nasze zainteresowania ku oznaczeniu jej składu chemicznego, bowiem w literaturze naukowej nie znaleziono badań prowadzonych w tym zakresie. Celem niniejszej pracy było określenie zawartości wybranych makroskładników (fosforu, potasu i wapnia) w słomie rzepakowej po zakończeniu wegetacji tej rośliny, w próbkach pobranych z obiektów z objawami zgnilizny twardzikowej oraz bez objawów tego porażenia.

Material i metody badań

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2008–2010 (zbiór 2009 i 2010) na polu doświadczalnym IGR PAN, położonym w Cerekwicy k. Szamotuł (województwo wielkopolskie, N 52°31'12,2" E16°41'30,1"). Badania prowadzono na lekkiej glebie płowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego, o odczynie lekko kwaśnym ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 6,0$). Badania prowadzono z zastosowaniem wszelkich zasad agrotechnicznych obowiązujących w uprawie rzepaku ozimego. Materiałem do badań były rośliny półkarłowej odmiany mieszańcowej PR45D04 (Pioneer HiBred). Eksperyment założono w układzie bloków losowanych, w trzech powtórzeniach, na poletkach o wymiarach $9 \times 7,5$ m, o powierzchni $67,5$ m². Nasiona wysiano w rozstawie rzędów co 25 cm, zgodnie z normą wysiewu zalecaną przez firmę Pioneer HiBred.

Doświadczenie obejmowało następujące obiekty:

- I – N₀ + PK (bez nawożenia azotowego + nawożenie fosforowe i potasowe);
- II – N₁₀₀ + PK (nawożenie azotowe w ilości 100 kg czystego składnika na 1 ha + nawożenie fosforowe i potasowe);

III – N₂₀₀ + PK (nawożenie azotowe w ilości 200 kg czystego składnika na 1 ha + nawożenie fosforowe i potasowe).

Nawożenie jesienne (przedsiewnie w formie siarczanu amonu) na obiekcie II i III zastosowano w ilości 30 kg N·ha⁻¹. Nawożenie wczesnowiosenne wykonywano tuż po ruszeniu wegetacji w fazie BBCH 20 (połowa marca) w formie saletry amonowej, w dawce: na obiekcie II 70 kg N·ha⁻¹, a na obiekcie III 100 kg N·ha⁻¹. Obiekt III z największą dawką azotu ponownie nawożono późną wiosną, w fazie wydłużania pędu BBCH 30 (połowa kwietnia), stosując nawóz w formie saletry amonowej w ilości 70 kg N·ha⁻¹.

W celu uzyskania silnej i jednolitej infekcji roślin przez *S. sclerotiorum* wykonywano inokulację sztuczną. Inokulum uzyskano w warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem izolatu Sc4, hodowanego przez 10 dni w temperaturze pokojowej na nasionach pszenicy. Inokulacja polegała na niewielkim uszkodzeniu skórki łodygi na wysokości około 20 cm nad ziemią i przyłożeniu w to miejsce zainfekowanego ziarniaka pszenicy. Na ziarniak nakładano mały kłębek waty zwilżonej wodą destylowaną i całość przytwierdzano do roślin za pomocą paska z folii aluminiowej. Inokulowano po 15 roślin na każdym obiekcie (odmiana × nawożenie). Podczas inokulacji wybierano rośliny typowe dla danego obiektu pod względem grubości łodygi. Obiekty kontrolne stanowiły rośliny traktowane w ten sam sposób co rośliny inokulowane, lecz ziarniaki zastosowane do doświadczenia nie były porażone przez *S. sclerotiorum*. Na poletkach (obektach) pojawiły się także rośliny rzepaku porażone tym grzybem w sposób naturalny. Rośliny te (15 sztuk) dodatkowo zebrano i także przeznaczono do badań, co umożliwiło porównanie zawartości badanych pierwiastków w roślinach porażonych naturalnie oraz w sposób wymuszony inokulacją.

Zbiór słomy rzepakowej wykonano w fazie dojrzałości technologicznej. Rośliny z poszczególnych obiektów zbierano oddzielnie. Badaniemi objęto inokulowaną lub naturalnie porażoną część łodygi, obejmującą cały fragment z objawami chorobowymi, natomiast u roślin kontrolnych (50 sztuk) analizowano analogiczny fragment nieporażony. Wszystkie badane fragmenty roślin każdego z wariantów oddzielnie mielono i przeznaczano do badań chemicznych, każdą analizę wykonano w trzech powtórzeniach.

Ogólną zawartość fosforu, potasu i wapnia (g·kg⁻¹ suchej masy) oznaczono w zainfekowanych fragmentach słomy rzepakowej, z silnymi objawami zgnilizny twardzikowej. Materiał roślinny rozdrobniono do cząstek poniżej 0,25 mm i odważono do tygla porcelitowego w celu utleniania „na sucho” substancji organicznej (w piecu muflowym w temperaturze do 450°C przez 6 godzin, przy zachowaniu parametru zwiększania temperatury co 100°C). Uzyskany popiół surowy zalano 10 cm³ HCl (1 : 1) w celu rozłożenia węglanów, a następnie na łaźni piaskowej odparowano do sucha w celu wytrącenia krzemionki. Uzyskany popiół właściwy przeniesiono do kolb miarowych o pojemności 100 cm³, poprzez sącdek twardy,

stosując 10 cm³ 10% HCl, przemywając trzykrotnie zawartość na sączku wodą dejonizowaną, a następnie uzupełniając do 100 cm³. W tak uzyskanym roztworze analitycznym zawartość ogólną fosforu, potasu i wapnia oznaczono za pomocą spektrometru emisyjnego ICP-AES 3200 firmy Perkin Elmer, stosując do kalibracji wzorce firmy Perkin. Oznaczenia z obu lat badań wykonano w trzech powtórzeniach.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, oceniając istotność różnic przy zastosowaniu analizy wariancji (test Fishera-Snedecora), a w przypadku wartości istotnych wartość NIR wyliczono testem Tukey'a.

Wyniki i dyskusja

Większość inokulowanych roślin rzepaku (131 spośród 135 inokulowanych, tj. 97%) uległa silnemu porażeniu przez chorobotwórczy grzyb *S. sclerotiorum*. Warunki pogodowe sprzyjały rozwojowi infekcji, a zastosowana metoda inokulacji okazała się bardzo skuteczna.

Inokulacja roślin rzepaku z zastosowaniem *S. sclerotiorum* spowodowała zwiększenie zawartości fosforu, potasu i wapnia w miejscu inokulacji łodyg. Zawartość ogólną tych pierwiastków w suchej masie słomy rzepaku, przy uwzględnieniu różnych sposobów infekcji (inokulacja sztuczna, infekcja naturalna, obiekty kontrolne) oraz stosowanych dawek azotu (0, 100 i 200 kg·ha⁻¹) przedstawiono w tabeli 1. W stosunku do obiektów kontrolnych kumulacja badanych makroelementów wynosiła średnio o 163% więcej fosforu, o 41,5% wapnia oraz o 14% potasu.

Fosfor jest pierwiastkiem mało ruchliwym w roślinie i w bardzo małym stopniu transportowanym do jej górnych części. Stwierdzono, iż zaburzenie w tym transporcie w wyniku infekcji grzybem *S. sclerotiorum* spowodowało unieruchomienie tego pierwiastka w miejscu inokulacji. W wariancie kontrolnym średnia zawartość tego pierwiastka wynosiła 1,97 g·kg⁻¹, gdy tymczasem w wyniku porażenia naturalnego wartość wzrosła do 4,95 g·kg⁻¹, a po sztucznym zakażeniu, które powoduje wprowadzenie wyjątkowo dużej ilości grzybni patogena w miejsce infekcji, zawartość ta wzrosła aż do 5,18 g·kg⁻¹. Nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy pomiędzy wynikami uzyskanymi dla infekcji sztucznej i naturalnej, natomiast oba warianty, w których wystąpiły porażone roślin rzepaku, w sposób statystycznie istotny różniły się od wartości uzyskanych dla obiektu kontrolnego.

W tkankach roślinnych fosfor tworzy bardzo trwałe związki, trudno dysocjujące w roztworze komórkowym. Związki te odkładają się głównie w formie wodorofosforanu wapnia (CaHPO₄) lub fosforanu wapnia (Ca₃(PO₄)₂), podobnie jak inne kationy, np. magnez, cynk. Można wnioskować, że pierwiastki te – pobierane w formie kationów lub anionów, w wyniku procesów fizjologicznych roślin – były transportowane do miejsca inokulacji, a tam ulegały kumulacji

poprzez wiązanie się z wapniem. Tłumaczy to także zwiększenie zawartości wapnia w miejscu inokulacji łodyg rzepaku.

Tabela 1
Zawartość wybranych pierwiastków oraz ich stosunek wagowy w suchej masie słomy rzepaku (odmiany PR45D04) porażonej grzybem *Sclerotinia sclerotiorum* — *The content of selected elements and their gravimetric ratio in dry mass of straw of oilseed rape (cv. PR4D04) infected by the fungus Sclerotinia sclerotiorum*

Wariant nawozowy <i>Fertilization</i>	Pierwiastek — <i>Element</i> [g·kg ⁻¹]			Stosunek wagowy pierwiastków <i>Gravimetric ratio</i>		
	P	K	Ca	K/P	Ca/P	K/Ca
<i>Inokulacja sztuczna — Artificial inoculation</i>						
N ₀ + PK	5,56	26,7	12,7	4,80	2,28	2,10
N ₁₀₀ + PK	5,45	28,2	17,8	5,17	3,27	1,58
N ₂₀₀ + PK	4,53	30,3	14,5	6,69	3,20	2,09
Średnia — <i>Mean</i>	5,18 ^b	28,4 ^b	15,0 ^b	—	—	—
<i>Infekcja naturalna — Natural infection</i>						
N ₀ + PK	3,35	23,0	10,8	6,86	3,22	2,13
N ₁₀₀ + PK	4,58	27,1	14,8	5,92	3,23	1,83
N ₂₀₀ + PK	6,94	40,1	19,0	5,77	2,73	2,11
Średnia — <i>Mean</i>	4,95 ^b	30,1 ^b	14,9 ^b	—	—	—
<i>Obiekty kontrolne — Control</i>						
N ₀ + PK	1,65	23,7	10,0	14,4	6,03	2,38
N ₁₀₀ + PK	1,87	24,0	10,1	12,8	5,40	2,37
N ₂₀₀ + PK	2,40	26,9	11,7	11,3	4,87	2,30
Średnia — <i>Mean</i>	1,97 ^a	24,9 ^a	10,6 ^a	—	—	—
Średnia zawartość pierwiastka <i>Mean content of element</i>	4,03	27,8	13,5	—	—	—
<i>Średnia zawartość [g·kg⁻¹] oraz stosunki wagowe pierwiastków dla poszczególnych dawek azotu — Mean content [g·kg⁻¹] and gravimetric ratio for different amounts of nitrogen fertilization</i>						
N ₀ + PK	3,52 ^a	24,5 ^a	11,1 ^a	6,96	3,15	2,20
N ₁₀₀ + PK	3,96 ^b	26,4 ^b	14,2 ^b	6,67	3,58	1,86
N ₂₀₀ + PK	4,63 ^c	32,4 ^c	15,1 ^b	6,99	3,26	2,15

wartości oznaczone tą samą literą nie są istotnie zróżnicowane przy $\alpha = 0,05$
values marked by the same letter do not differ statistically at $\alpha = 0.05$

Wapń również ulegał kumulacji w obrębie inokulowanej części łodyg rzepaku, ale w czterokrotnie mniejszym stopniu niż fosfor. W obiekcie kontrolnym średnia zawartość tego pierwiastka w badanych próbach wynosiła 10,6 g·kg⁻¹, natomiast po inokulacji grzybem *S. sclerotiorum* w porażonej części łodygi zawartość tego

pierwiastka wynosiła $15,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a przy naturalnym porażeniu roślin wartość ta była niewiele mniejsza ($14,9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Można przypuszczać, że pierwiastek ten połączył się z pektynianami, tworząc pektyniany wapnia. Związki te wpływają na sztywność łodyg, a słoma rzepakowa przerośnięta grzybnią *S. sclerotiorum* jest rzeczywiście wyjątkowo sztywna; po poddaniu jej naciskowi pęka, lecz nie wygina się.

Fragmenty łodyg porażonych grzybem *S. sclerotiorum* zawierały także więcej potasu: nieporażona słoma rzepakowa zawierała średnio $24,9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ potasu, natomiast po inokulacji zawartość tego pierwiastka wzrosła do $28,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Większy wzrost zawartości potasu w słomie rzepakowej odnotowano po infekcji naturalnej; wynosił on $30,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tak jak w poprzednio opisanych przypadkach, różnice pomiędzy obiektami kontrolnymi, bez porażenia grzybem *S. sclerotiorum* statystycznie istotnie różniły się od obiektów porażonych, natomiast pomiędzy obiektami porażonymi naturalnie i infekowanymi w sposób sztuczny nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w odniesieniu do zawartości omawianych pierwiastków.

Pobranie składników pokarmowych przez rośliny rzepaku i ich kumulowanie w części porażonej grzybem *S. sclerotiorum* wpłynęło na wartość stosunków wagowych badanych pierwiastków. Stosunek K/P i Ca/P w słomie rzepaku zebranej z obiektów inokulowanych był mniejszy w porównaniu do obiektów kontrolnych (tab. 1), co wynika prawdopodobnie z dużego stężenia fosforu w miejscach infekcji. W przypadku inokulacji sztucznej oraz infekcji naturalnej grzybem *S. sclerotiorum* uzyskano zbliżone wyniki, co wskazuje na poprawność zastosowanej metody badawczej. Przedstawione stosunki zawartości pierwiastków mieszczą się w granicach przyjętych dla roślin (Czuba i Mazur 1988, Symanowicz i Kalembasa 2004).

Pod wpływem nawożenia azotowego zawartość fosforu (przy średnich $1,97\text{--}5,18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) zwiększała się w słomie rzepakowej na obiektach kontrolnych oraz przy infekcji naturalnej grzybem *S. sclerotiorum*; była ona mniejsza przy inokulacji sztucznej, lecz statystycznie istotnej zależności nie stwierdzono. Zawartość potasu (średnio $24,9\text{--}30,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) zwiększała się wraz z wielkością dawki azotu, przy czym najwięcej tego pierwiastka zanotowano w roślinach zainfekowanych naturalnie. Zawartość wapnia (średnio $10,6\text{--}15,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) zwiększała się w słomie rzepakowej na obiektach kontrolnych, a także w roślinach z infekcją naturalną. Na obiektach z inokulacją sztuczną największą zawartość wapnia stwierdzono pod wpływem dawki $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 1). Zwiększające się dawki nawożenia azotowego powodowały w inokulowanych częściach łodyg rzepaku zwiększenie zawartości fosforu, potasu i wapnia, przy czym w przypadku fosforu i potasu istotne różnice statystyczne stwierdzono zarówno dla dawki 100 jak też 200 kg azotu na hektar, natomiast w przypadku wapnia zwiększenie nawożenia azotowego ze 100 do 200 kg azotu na hektar nie wpłynęło na statystycznie istotny wzrost zawartości wapnia w łodygach badanych roślin.

Zgodnie z wiedzą autorów dotychczas nie prowadzono podobnych badań.

Wnioski

1. Słoma rzepakowa porażona grzybem *Sclerotinia sclerotiorum* różniła się istotnie składem chemicznym (P, Ca, K) w porównaniu do składu słomy uzyskanej z roślin nieporażonych.
2. Porażenie grzybem *Sclerotinia sclerotiorum* i naturalna infekcja łodyg rzepaku ozimego tym patogenem powodowały w miejscu infekcji kumulację fosforu, potasu i wapnia.
3. W porażonych łodygach rzepaku w największym stopniu (różnice istotne) gromadzony był fosfor, a w najmniejszym potas.
4. Zwiększające się dawki nawożenia azotowego powodowały w inokulowanych częściach łodyg rzepaku zwiększenie zawartości fosforu, potasu i wapnia.
5. Zróżnicowanie zawartości fosforu, potasu i wapnia spowodowało zmiany w stosunkach wagowych tych pierwiastków w słomie rzepakowej. Węższy stosunek K/P oraz Ca/P stwierdzono w miejscach infekcji o większej zawartości fosforu.

Podziękowania

Autorzy serdecznie dziękują pani dr Annie Podleśnej – pracownikowi naukowemu Zakładu Żywienia Roślin i Nawożenia IUNG – PIB za konsultację w sprawie prawidłowego zaplanowania nawożenia azotowego.

Literatura

- Bartkowiak-Broda I. 2005. Kierunki hodowli i nasiennictwo. W: Technologia produkcji rzepaku, red. C. Muśnicki, I. Bartkowiak-Broda, M. Mrówczyński. Wieś Jutra: 52-59.
- Brachaczek A., Kaczmarek J., Jędrzycka M. 2012. Optymalizacja terminu zabiegów fungicydowych przeciw zgniliznie twardzikowej na rzepaku. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 52 (4): 983-987.
- Budzyński W., Jankowski K., Szczebiot M. 2004. Wydajność energetyczna różnych technologii uprawy rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXV (2): 327-343.
- Czuba R., Mazur T. 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN, Warszawa.
- Gwiazdowski R., Korbas M. 2005. Integrowana ochrona przed agrofagami. W: Technologia produkcji rzepaku, red. C. Muśnicki, I. Bartkowiak-Broda, M. Mrówczyński. Wieś Jutra: 107-113.
- Jajor E., Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., Wójtowicz M. 2010. Wpływ ochrony fungicydowej i warunków meteorologicznych na porażenie odmian rzepaku przez *Sclerotinia sclerotiorum*. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 50 (3): 1334-1339.

- 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 w Poznaniu: 8-46.
- Jędrzycka M., Lewartowska E., Dakowska S. 1999. Ocena podatności odmian rzepaku jarego na zgniliznę twardzikową. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XX (2): 658-668.
- Kaczmarek J., Brachaczek A., Jędrzycka M. 2012. Zastosowanie testu płatkowego w badaniach odporności odmian rzepaku ozimego na zgniliznę twardzikową – wyniki doświadczeń łanowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXXIII (2): 175-184.
- Krzymański J. 2008. Nieżywnościowe wykorzystanie rzepaku. W: Integrowana produkcja rzepaku ozimego i jarego. Integrowane programy ochrony roślin jako podstawa nowoczesnych technologii produkcji roślin rolniczych, red. M. Mrówczyński, S. Pruszyński. Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu.
- Paukszta D. 2005. Kompozyty otrzymywane z materiału lignocelulozowego ze słomy rzepakowej oraz polimerów termoplastycznych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVI (2): 489-497.
- Paukszta D. 2006. Skład chemiczny zdrewniałej części łodygi słomy rzepakowej. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVII (1): 143-150.
- 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. *Phytopathol.*, 69: 875–880.
- Sadowski C., Dakowska S., Łukanowski A., Jędrzycka M. 2002. Occurrence of fungal diseases on spring rape in Poland. *IOBC Bulletin*, 25 (2): 21-30.
- Starzycki M., Starzycka E. 1999. Badania nad odpornością rzepaku na *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary w Polsce i na świecie. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops* XX (1): 51-58.
- Symanowicz B., Kalembasa S. 2004. Goats rue (*Galega orientalis* Lam.) a plant with many agricultural uses. *Polish Journal of Soil Science*, 37, 1: 11-20.