

Received: 15.10.2018 / Accepted: 18.12.2018

Fungi colonizing linseed plants (*Linum usitatissimum* L. var. *brevimulticaulis* Vav.) and efficacy of some fungicides against this plant diseases

Grzyby zasiedlające rośliny lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L. var. *brevimulticaulis* Vav.) i ocena skuteczności wybranych fungicydów w zwalczaniu chorób tej rośliny

Sylwia Stępniewska-Jarosz*, Roman Kierzek

Summary

In recent years, the cultivation area of linseed (*Linum usitatissimum* L. var. *brevimulticaulis* Vav.) has increased consistently. The aim of the study was to determine what fungi species, both pathogens and saprophytes inhabit linseed plants and evaluate efficiency of selected fungicides that are used in chemical control of fungal diseases. The experiments were conducted in 2017. Three combinations of fungicides were used in a field and a greenhouse experiments with Bukoz cultivar and 2 combinations in a greenhouse experiment with Jantarol cultivar. *Fusarium* species occurred most often among the pathogenic fungi in the field experiment. The applied fungicides limited the infection caused by *Fusarium* spp. at different ratio (efficacy from 46 to 100%). In all experiments, *Alternaria* spp. occurred frequently, most of which were identified as *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. The effectiveness of applied products was from 40 to 100%. Stem break and browning [disease caused by *Kabatiella lini* (Laff.) Karak] was found only on the Jantarol cultivar, where the use of azoxystrobin completely inhibited the development of the pathogen on plants. Gray mold was visible only on the cultivar Jantarol. The use of a mixture of fluopyram and tebuconazole reduced the number of *Botrytis cinerea* Pers. isolates by 67%, compared to the control. *Colletotrichum linicola* Pethybr & Laff., *Septoria linicola* (Speg.) Garass. and *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary are of minor importance on linseed plants.

Key words: linseed; fungi; pathogens; saprotrophytes; diseases; fungicides

Streszczenie

W ostatnich latach powierzchnia uprawy lnu oleistego systematycznie wzrasta. Celem pracy było sprawdzenie, jakie grzyby (patogeny i saprotrofy) zasiedlają len oleisty i ocena działania wybranych fungicydów przeciwko sprawcom chorób tej rośliny uprawnej. Doświadczenia przeprowadzono w 2017 roku z zastosowaniem 3 kombinacji fungicydów w doświadczeniu polowym i szklarniowym z odmianą Bukoz i 2 kombinacje w doświadczeniu szklarniowym z odmianą Jantarol. W doświadczeniu polowym na wszystkich obiektach najliczniej wystąpiły grzyby rodzaju *Fusarium*. Zastosowane preparaty ograniczały w różnym stopniu poziom porażenia przez *Fusarium* spp. (skuteczność od 46 do 100%). We wszystkich doświadczeniach licznie wystąpiły grzyby rodzaju *Alternaria*, z czego większość stanowił gatunek *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. Skuteczność zastosowanych preparatów wyniosła od 40 do 100%. Największe nasilenie *Kabatiella lini* (Laff.) Karak stwierdzono na odmianie Jantarol, gdzie zastosowanie azoksystrobiny całkowicie zahamowało rozwój patogena na roślinach. Szara pleśń widoczna była tylko na odmianie Jantarol. Zastosowanie mieszaniny fluopyramu i tebukonazolu ograniczyło liczebność *Botrytis cinerea* Pers. o 67%. Małym zagrożeniem dla roślin lnu oleistego były takie patogeny, jak: *Colletotrichum linicola* Pethybr. & Laff., *Septoria linicola* (Speg.) Garass. i *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.

Słowa kluczowe: len oleisty; grzyby; patogeny; saprotrofy; choroby; fungicydy

Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
*corresponding author: sylstep@poczta.onet.pl

Wstęp / Introduction

Istnieją 2 typy użytkowe lnu zwyczajnego – oleisty (*Linum usitatissimum* L. var. *brevimulticaulis* Vav.) i włókniasty (*Linum usitatissimum* L. var. *elongatum* Vav.). Uprawa lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.) ma w Polsce długie tradycje. W latach 70. XX wieku uprawiany był na 130 tys. ha. W latach 80. i 90. nastąpił gwałtowny spadek zapotrzebowania i w 2013 roku światowa produkcja siemienia lnianego wyniosła 2,3 mln ton (Popis i wsp. 2015). W Unii Europejskiej to zaledwie 3,4% powierzchni wszystkich upraw (76,6 tys. ha), w Polsce w 2013 roku len oleisty uprawiano na 1400 ha. Przewiduje się jednak wzrost areału uprawy lnu oleistego w Europie, głównie ze względu na zmniejszenie produkcji przez największego światowego importera – Kanadę oraz zwiększonego w ostatnich latach zapotrzebowania na siemię lniane i olej lniany (Ryan i Smyth 2012). Nasiona lnu posiadają właściwości lecznicze i dietetyczne, a także mogą być stosowane zewnętrznie na skórę. Prozdrowotnie, a także w przemyśle wykorzystuje się też olej lniany.

Ze względu na swoje zastosowanie szczególnie ważne jest, aby rośliny lnu i produkowany przez nie materiał siewny był wolny od grzybów i wytwarzanych przez nie mykotoksyn. W Polsce brakuje obecnie fungicydów (zarówno w formie zapraw, jak i środków nalistnych) zarejestrowanych w uprawie tej rośliny. Zarejestrowany jest jedynie jeden preparat na bazie tebukonazolu do zwalczania mączniaka prawdziwego.

Celem pracy było sprawdzenie podatności roślin lnu na porażenie przez sprawców chorób grzybowych. Zbadano, jakie grzyby (saprofitry i patogeny) zasiedlają rośliny lnu oleistego odmiany Bukoz zarówno w warunkach szklarniowych, jak i w warunkach polowych oraz odmianę Jantarol w warunkach szklarniowych, również po zastosowaniu fungicydów zawierających różne substancje czynne. Porównano zbiorowiska grzybów wyosobnionych w doświadczeniu szklarniowym i polowym. Ponadto wynioskowano, które substancje czynne (lub mieszaniny) mogłyby być skuteczne w ochronie lnu przed grzybami – sprawcami chorób tej rośliny.

Materiały i metody / Materials and methods

Doświadczenie polowe w Sielcu Starym koło Jutrosina (Wielkopolska) i 2 doświadczenia szklarniowe (Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu) przeprowadzono w 2017 roku. Do badań wybrano odmianę Bukoz (doświadczenie polowe i doświadczenie szklarniowe) oraz odmianę Jantarol (doświadczenie szklarniowe). Rośliny lnu w fazie przed kwitnieniem (okres intensywnego wzrostu pędu głównego – BBCH 55–59) traktowano fungicydami z różnych grup chemicznych, opartych

na substancjach czynnych powszechnie stosowanych w uprawie różnych roślin rolniczych. Zastosowano 3 kombinacje doświadczalne fungicydów (2 środki i 1 mieszanina dwóch środków) w odmianie Bukoz (tab. 1, 2) oraz 2 kombinacje (2 handlowe fungicydy) w doświadczeniu z odmianą Jantarol (tab. 3). Do badań użyto następujących fungicydów: Amistar 250 SC (s.c.z. azoksystobina w dawce 250 g/ha – związek z grupy strobiluryn), Luna Experience 400 SC (s.c.z. fluopyram w dawce 150 g/ha – związek z grupy anilidów, s.c.z. tebukonazol w dawce 150 g/ha – związek z grupy triazoli) oraz Polyram 70 WG (s.c.z. metiram w dawce 1,05 kg/ha – związek z grupy ditiokarbaminianów), który stosowano w mieszaninie zbiornikowej z fungicydem Amistar 250 SC. Jako kontroli użyto roślin lnu niepoddawanych żadnym zabiegom – bez ochrony chemicznej.

Do izolacji grzybów wybierano rośliny z objawami chorobowymi. Fragmenty roślin z pogranicza tkanki porażonej i zdrowej dezynfekowano powierzchniowo przez 30 sekund w 5% roztworze podchlorynu sodu (ACE). Następnie próby płukano dwukrotnie w wodzie destylowanej, suszono i wykładano na płytki Petriego z pożywką PDA (Potato Dextrose Agar). Izolacje wykonano łącznie na 100 płytkach Petriego w doświadczeniu polowym i 175 płytkach Petriego w doświadczeniach szklarniowych, po 25 płytek na każdą kombinację. Na jednej płytce znalazły się fragmenty 1 rośliny z objawami chorobowymi. Inkubację prowadzono w termostacie przy stałej temperaturze 24°C. Wyrastające kolonie grzybów przeszczepiano na pożywkę syntetyczną PDA. Wyrosłe po kilku dniach kolonie grzybów przeszczepiono i poddano analizie makroskopowej (wygląd kolonii) oraz mikroskopowej (wytwarzanie zarodników i innych charakterystycznych struktur). Następnie przeszczepiano je na pożywkę pomocniczą przy identyfikacji – SNA (Synthetic Nutrient Poor Agar), V8 (pożywka wielowarzywna), PCA (Potato Carrot Agar) i pożywkę żytnią. Grzyby zidentyfikowano na podstawie kluczy i monografii (Barnett i Hunter 1960; Booth 1971; Domsch i wsp. 1980; Sutton 1980; Burgees i wsp. 1988; Kwaśna i wsp. 1991; Ellis 2001) w 2017 i 2018 roku.

Działanie zastosowanych fungicydów przedstawiono jako zestawienie ilościowe – ograniczenie lub wzrost liczby izolatów grzybów zasiedlających rośliny lnu oleistego w obiektach traktowanych na tle obiektu kontrolnego (bez ochrony chemicznej).

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

W wyniku izolacji z roślin lnu pozyskano 340 izolatów w doświadczeniu polowym, a w doświadczeniach szklarniowych 292 (odmiana Bukoz) i 252 (odmiana Jantarol) izolaty. Zbiorowiska grzybów z poszczególnych prób różniły się między sobą jakościowo i ilościowo (tab. 1, 2, 3). We wszystkich doświadczeniach najbardziej zasiedlone przez

Tabela 1. Grzyby (liczba izolatów) pozyskane z roślin lnu odmiany Bukoz pochodzących z doświadczenia polowego w zależności od zastosowanej ochrony chemicznej

Table 1. Fungi (isolates number) obtained from linseed plants cultivar Bukoz originated from the field experiment depending on chemical protection

Grzyby Fungi	Kontrola (bez ochrony) Control (untreated – without chemical protection)	Azoksystrobina Azoxytrobina	Fluopyram + tebukonazol Fluopyram + tebuconazole	Azoksystrobina + metiram Azoxytrobina + metiram
<i>Alternaria</i> spp.	21	10	25	17
<i>Aspergillus niger</i>	2	–	–	–
<i>Aureobasidium lini</i> = <i>Kabatiella lini</i>	3	1	–	1
<i>Botrytis cinerea</i>	2	2	3	4
<i>Chaetomium</i> sp.	1	4	–	–
<i>Cladosporium herbarum</i>	2	3	1	–
<i>Colletotrichum linicola</i>	1	3	–	–
<i>Epicoccum purpurascens</i>	2	2	1	6
<i>Fusarium avenaceum</i>	6	7	2	4
<i>Fusarium culmorum</i>	2	3	–	3
<i>Fusarium equiseti</i>	16	17	10	7
<i>Fusarium oxysporum</i>	4	11	6	2
<i>Fusarium roseum</i>	7	12	9	4
<i>Fusarium solani</i>	2	2	4	1
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	3	8	2	1
<i>Fusarium</i> spp. razem <i>Fusarium</i> spp. together	39	59	33	21
<i>Mucor hiemalis</i>	2	–	–	–
<i>Penicillium</i> sp.	3	1	–	–
<i>Phoma</i> sp.	4	4	8	5
<i>Rhizopus stolonifer</i>	4	–	–	1
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	–	–	2	–
<i>Septoria lini</i>	1	1	–	–
<i>Stemphylium botryosum</i>	2	–	–	1
<i>Trichoderma</i> sp.	6	–	–	–
<i>Zygorhynchus</i> sp.	–	–	–	4
Inne – Different	12	7	2	1
Suma – Sum	107	97	75	61

grzyby (saprotrofy i patogeny) okazały się rośliny zebrane z obiektów kontrolnych. Grzyby wyosobnione z roślin z tych obiektów były też najbardziej urozmaicone gatunkowo. W obu doświadczeniach, zarówno w kombinacjach z fungicydami, jak i na obiektach kontrolnych, wystąpiły grzyby będące saprotrofami i patogenami roślin.

Rok 2017, w którym przeprowadzono doświadczenie (podobnie, jak 2016 rok), był rokiem wilgotnym i ciepłym (Główny Urząd Statystyczny 2017a, b, 2018), co sprzyjało wystąpieniu chorób roślin. Roczna suma opadów

atmosferycznych w 2017 roku wyniosła w Wielkopolsce 668 mm (w 2016 roku było to 608 mm; w latach 2001–2010 suma wyniosła 535 mm, a w latach 2013–2015 odpowiednio 594, 558 i 438 mm). Średnia temperatura powietrza wyniosła 9,7°C (w 2016 było to 9,8°C; w latach 2001–2010 temperatura wyniosła 9,2°C, w roku 2013 – 9,2°C, w 2014 – 10,5°C, a w 2015 – 10,4°C).

Spośród grzybów patogenicznych w doświadczeniu polowym na wszystkich obiektach najliczniej wystąpiły grzyby rodzaju *Fusarium* (tab. 1). Na roślinach widoczne

Tabela 2. Grzyby (liczba izolatów) pozyskane z roślin lnu odmiany Bukoz pochodzących z doświadczenia szklarniowego w zależności od zastosowanej ochrony chemicznej

Table 2. Fungi (isolates number) obtained from linseed plants cultivar Bukoz originated from the greenhouse experiment depending on chemical protection

Grzyby Fungi	Kontrola (bez ochrony) Control (untreated – without chemical protection)	Azoksystrobina Azoxystrobin	Fluopyram + tebukonazol Fluopyram + tebuconazole	Azoksystrobina + metiram Azoxystrobin + metiram
<i>Alternaria</i> spp.	20	12	23	22
<i>Aureobasidium lini</i> = <i>Kabatiella lini</i>	3	–	4	–
<i>Botrytis cinerea</i>	4	11	5	4
<i>Chaetomium</i> sp.	–	2	–	–
<i>Cladosporium herbarum</i>	5	1	3	2
<i>Colletotrichum linicola</i>	3	2	2	3
<i>Epicoccum purpurascens</i>	7	2	1	5
<i>Fusarium culmorum</i>	2	1	1	2
<i>Fusarium equiseti</i>	3	–	–	–
<i>Fusarium oxysporum</i>	7	4	5	5
<i>Fusarium roseum</i>	4	2	2	–
<i>Fusarium solani</i>	2	–	–	–
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	3	1	1	–
<i>Fusarium</i> spp. razem <i>Fusarium</i> spp. together	21	8	9	7
<i>Mucor hiemalis</i>	3	2	5	1
<i>Paecilomyces</i> sp.	1	–	–	2
<i>Penicillium</i> sp.	3	–	6	–
<i>Phoma</i> sp.	1	–	3	1
<i>Rhizopus stolonifer</i>	8	–	–	4
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	2	–	1	–
<i>Trichoderma</i> sp.	2	–	1	4
<i>Zygorhynchus</i> sp.	4	–	3	8
Inne – Different	14	12	6	5
Suma – Sum	101	52	71	68

były pożółkłe i zwiędnięte liście. Wyizolowano 7 gatunków, ale dominowało *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. oraz *Fusarium roseum* Link. Mniej było *Fusarium oxysporum* Schldt. i *Fusarium avenaceum* Fr. (Sacc.), które razem z *Fusarium culmorum* (W.G. Sm.) Sacc. uznawane są za głównych sprawców fuzariozy lnu (Borecki i Schollenberger 2017). Poza tym wszystkie gatunki rodzaju *Fusarium* wyizolowane z lnu nie tylko obniżają plon roślin, ale także zanieczyszczają zbiory groźnymi mykotoksynami (Chełkowski 1985; Wolny-Koładka 2014). *Fusarium equiseti* uważany jest za słabego patogena, a jego obecność na roślinach lnu w Polsce potwierdzano już wcześniej, podobnie jak *F. roseum*

i *F. sporotrichioides* (Czyżewska i Zarzycka 1968; Zarzycka 1977). Po zastosowaniu fungicydu na bazie azoksystrobiny pozyskano z roślin więcej izolatów *Fusarium* spp. niż z kombinacji kontrolnej. Może to wynikać z większej liczby saprotrofów w kontroli (w tym *Trichoderma* sp.), które działają antagonistycznie względem wielu patogenów roślin. Antagonistów cechuje szybkie tempo wzrostu, duża zdolność reprodukcji i szereg innych mechanizmów antagonistycznych (Freeman 1981; Ghisalberti i Sivasithamparam 1991; Schoeman i wsp. 1999). Grzyby te m.in. silnie konkurują o przestrzeń życiową (Corke i Hunter 1979; Sivan i Chet 1989; Porrás i wsp. 2002). Na uwagę

Tabela 3. Grzyby (liczba izolatów) pozyskane z roślin lnu odmiany Jantarol pochodzących z doświadczenia szklarniowego w zależności od zastosowanej ochrony chemicznej

Table 3. Fungi (isolates number) obtained from linseed plants cultivar Jantarol originated from the greenhouse experiment depending on chemical protection

Grzyby Fungi	Kontrola (bez ochrony) Control (untreated – without chemical protection)	Azoksystrobina Azoxystrobin	Fluopyram + tebukonazol Fluopyram + tebuconazole
<i>Alternaria</i> spp.	24	–	26
<i>Aureobasidium lini</i> = <i>Kabatiella lini</i>	16	–	14
<i>Botrytis cinerea</i>	12	24	4
<i>Cladosporium herbarum</i>	4	6	7
<i>Colletotrichum linicola</i>	4	–	3
<i>Epicoccum purpurascens</i>	1	4	2
<i>Fusarium culmorum</i>	2	–	–
<i>Fusarium equiseti</i>	1	–	–
<i>Fusarium incarnatum</i>	6	–	–
<i>Fusarium roseum</i>	2	–	–
<i>Fusarium solani</i>	1	–	–
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	2	–	–
<i>Fusarium</i> spp. razem <i>Fusarium</i> spp. together	14	–	–
<i>Mucor hiemalis</i>	2	–	1
<i>Paecilomyces</i> sp.	–	1	–
<i>Phoma</i> sp.	8	–	5
<i>Rhizopus stolonifer</i>	11	14	5
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	1	4	–
<i>Septoria lini</i>	1	–	–
<i>Trichoderma</i> sp.	3	5	–
Inne – Different	11	6	9
Suma – Sum	112	64	76

zasługuje zwłaszcza wzrost liczby izolatów *F. oxysporum* (o 175%) oraz *F. sporotrichioides* (o 167%) po zastosowaniu azoksystrobiny. *Fusarium sporotrichioides* zaliczany jest do silnie toksynotwórczych grzybów. Produkuje T-2 toksynę i HT-2 toksynę, neosolaniol i wiele innych pochodnych, które mogą być przyczyną zatrucia ludzi i zwierząt (Chelkowski 2010). Najlepszy efekt ochrony roślin przed *Fusarium* spp. z odmianą Bukoz uzyskano w doświadczeniu polowym po zastosowaniu mieszaniny azoksystrobiny i metiramu – stopień porażenia lnu został ograniczony o 46%. W doświadczeniu szklarniowym z tą samą odmianą objawy fuzariozy były mniejsze, a efekt ograniczenia występowania sprawców po zastosowaniu fungicydów wyniósł od 55% po zastosowaniu mieszaniny fluopyramu i tebukonazolu, poprzez 62% po azoksystrobinie, do 67% po zastosowaniu mieszaniny azoksystrobiny i metiramu

w porównaniu z kontrolą (tab. 2). W doświadczeniu z odmianą Jantarol zastosowane preparaty były w 100% skuteczne w ograniczaniu fuzariozy (tab. 3).

We wszystkich doświadczeniach licznie wystąpiły grzyby rodzaju *Alternaria*, z czego większość stanowił gatunek *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. Nie wyizolowano *Alternaria linicola* Groves & Skolko, uznawanej za głównego sprawcę alternariozy lnu (Heller i wsp. 2006). *Alternaria alternata* to kosmopolityczny gatunek, występujący jako saprotrof/fakultatywny patogen izolowany z wielu roślin i ich nasion, a także znajdujący w glebie na gnijących resztkach organicznych, na żywności i wyrobach włókienniczych (Yu 1992). Uchodzi za najbardziej rozpowszechniony gatunek grzyba na świecie, zarówno w umiarkowanym, jak i tropikalnym klimacie (Chelkowski i Visconti 1992; Scheffer 1992). Thomma

(2003) uważa, że saprotroficzne izolaty mogą stać się patogeniczne, kiedy napotkają wystarczająco osłabionego gospodarza. Wzmacniają ostrość przebiegu choroby (Ballio 1991). W przypadku lnu oleistego duże nasilenie *A. alternata* może spotęgować efekt działania *Fusarium* spp. Z punktu widzenia uprawy lnu oleistego istotne jest także to, że grzyby rodzaju *Alternaria* wytwarzają mykotoksyny. Do głównych mykotoksyn wydzielanych przez *A. alternata* należą: alternariol (AOH), alternariol eter monometylowy (AME), altenuene (ALT), altertoxins I, II, III (ATX-I, II, III), kwas L-tenauzonowy (TeA) (Bata i Lásztity 1999). Warzywa (pomidory, papryka), owoce (mandarynki, jabłka) i rośliny oleiste (oliwki) porażone przez *Alternaria* spp. często zanieczyszczone są przez takie mykotoksyny, jak: AOH, AME, TeA i w niektórych przypadkach ALT i ATX-I. Liczne doniesienia dotyczą także występowania mykotoksyn produkowanych przez tego grzyba w nasionach Ito i wsp. 2004), w tym w nasionach lnu oleistego (Králová i wsp. 2006). Zauważono, że stężenie mykotoksyn po 8-miesięcznym okresie przechowywania nasion lnu oleistego wzrasta (Gruzdevienė i Mankevičienė 2007). Najbardziej skuteczny względem *Alternaria* spp. okazał się we wszystkich doświadczeniach preparat oparty na azoksystrobinie. W doświadczeniu polowym liczba izolatów zmniejszyła się o 52,4% w stosunku do kontroli, natomiast w doświadczeniach szklarniowych o 40% (odmiana Bukoz) i 100% w przypadku odmiany Jantarol.

W doświadczeniach z odmianą Bukoz w niewielkim nasileniu wystąpiła *Kabatiella lini* (Laff.) Karak [syn. *Aureobasidium linii* (Laff.) Herm.-Nijh. i *Polyspora linii* Laff.], sprawca brązowienia i łamliwości łodyg lnu. W kombinacjach kontrolnych pozyskano tylko po 3 izolaty tego patogena. Na odmianie Jantarol widoczne były objawy charakterystyczne dla choroby. Z roślin z kontroli wyosobniono 16 izolatów *K. lini*, a z kombinacji po zastosowaniu mieszaniny fluopyramu i tebukonazolu – 14 izolatów. Zastosowanie azoksystrobinie całkowicie zahamowało rozwój patogena na roślinach. Trudno ocenić skuteczność preparatów na odmianie Bukoz ze względu na zbyt małe nasilenie choroby.

Małym zagrożeniem dla roślin lnu oleistego okazała się antraknoza (sprawca: *Colletotrichum linicola* Pethybr. & Laff.), pasmo lnu [sprawca: *Septoria linicola* (Speg.)

Garass.] i zgnilizna twardzikowa [sprawca: *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary]. Szara pleśń widoczna była tylko na odmianie Jantarol. *Botrytis cinerea* Pers. licznie wystąpił w kombinacji kontrolnej (12 izolatów), a zwłaszcza po zastosowaniu azoksystrobinie (24 izolaty). Zastosowanie mieszaniny fluopyramu i tebukonazolu ograniczyło liczebność patogena o 67% w porównaniu z kontrolą.

Wnioski / Conclusions

1. Największą różnorodność grzybów (saprotrofów i patogenów) w doświadczeniu polowym i doświadczeniach szklarniowych zanotowano na obiektach kontrolnych – bez ochrony chemicznej.
2. Najważniejszymi patogenami – sprawcami chorób lnu oleistego odmiany Bukoz w doświadczeniu polowym były grzyby rodzaju *Fusarium*.
3. Wyniki uzyskane w doświadczeniu szklarniowym nie pokrywają się z wynikami doświadczenia polowego, co może świadczyć o zróżnicowanym porażeniu roślin lnu grzybami chorobotwórczymi w zależności od środowiska występowania (pole, szklarnia).
4. Zastosowane fungicydy w różnym stopniu ograniczały występowanie grzybów patogenicznych na lnie oleistym, a ich skuteczność warunkowana była odmianą lnu oleistego.
5. Najlepsze działanie grzybobójcze względem *A. alternata* uzyskano we wszystkich doświadczeniach po zastosowaniu preparatu na bazie azoksystrobinie.
6. Azoksystrobina zahamowała całkowicie rozwój *K. lini* w doświadczeniu z odmianą Jantarol.

Podziękowania / Acknowledgments

Praca wykonana w ramach realizacji Programu Wieloletniego Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego 2016–2020 „Ochrona roślin uprawnych z uwzględnieniem bezpieczeństwa żywności oraz ograniczenia strat w plonach i zagrożeń dla zdrowia ludzi, zwierząt domowych i środowiska” finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Literatura / References

- Ballio A. 1991. Non-host-selective fungal phytotoxins – biochemical aspects of their mode of action. *Experientia* 47: 783–790.
- Barnett H.L., Hunter B.B. 1960. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Burgess Pub, Company, Minneapolis, 225 pp.
- Bata Á., Lásztity R. 1999. Detoxification of mycotoxin-contaminated food and feed by microorganisms. *Trends in Food Science and Technology* 10 (6): 223–228. DOI: 10.1016/S0924-2244(99)00050-3.
- Booth C. 1971. *The genus Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, UK: 91–97, 237 pp.
- Borecki Z., Schollenberger M. (red.). 2017. *Polskie nazwy chorób roślin uprawnych*. Wydanie drugie uzupełnione. Polskie Towarzystwo Fitopatologiczne, Poznań, 158 ss.

- Burgees L.W., Liddel C.M., Summerell B.A. 1988. Laboratory Manual for Fusarium Research. Fusarium Research Laboratory, Department of Plant Pathology and Agricultural Entomology, The University of Sydney: 140–141.
- Chełkowski J. 1985. Mikotoksyny, wytwarzające je grzyby i mikotoksykozy. Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa, 96 ss.
- Chełkowski J. 2010. Mikotoksyny, grzyby toksynotwórcze i mikotoksykozy. Wersja on-line. www.cropnet.pl/download [dostęp: 1.10.2018].
- Chełkowski J., Visconti A. (eds.). 1992. *Alternaria: Biology, Plant Diseases and Metabolites*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 573 pp.
- Corke A.T.K., Hunter T. 1979. Biocontrol of *Nectria galligena* infection of pruning wounds on apple shoots. *Journal of Horticultural Science* 54 (1): 47–55. DOI: 10.1080/00221589.1979.11514847.
- Czyżewska S., Zarzycka H. 1968. Dalsze badania nad ustaleniem składu gatunkowego *Fusarium* na lnie w Polsce. *Acta Mycologica* 4 (1): 39–51.
- Domsch K.H., Gams W., Anderson T.H. 1980. *Compendium of Soil Fungi*. Vol. 1–2. Academic Press, London, 859 pp.
- Ellis M.B. 2001. *Dematiaceous Hyphomycetes*. CABI, Wallingford, UK, 608 pp.
- Freeman T.E. 1981. Use of conidial fungi in biological control. In: “Biology of Conidial Fungi” (G.T. Cole, B. Kendrick, eds.). Academic Press, London, Vol. 2: 143–165.
- Ghisalberti E.L., Sivasithamparam K. 1991. Antifungal antibiotics produced by *Trichoderma* spp. *Soil Biology and Biochemistry* 23 (11): 1011–1020. DOI: 10.1016/0038-0717(91)90036-J.
- Główny Urząd Statystyczny 2017a. *Mały Rocznik Statystyczny Polski*. Warszawa.
- Główny Urząd Statystyczny 2017b. *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej*. Warszawa.
- Główny Urząd Statystyczny 2018. *Mały Rocznik Statystyczny Polski*. Warszawa.
- Gruzdevienė E., Mankevičienė A. 2007. Mycotoxin prevention and control in linseed. *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* 1: 162–167. DOI: 10.17770/etr2007vol1.1721.
- Heller K., Andruszewska A., Grabowska L., Wielgus K. 2006. Ochrona lnu i konopi w Polsce i na świecie. [Fibre flax and hemp protection in Poland and in the world]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 46 (1): 88–98.
- Ito K., Tanaka T., Hatta R., Yamamoto M., Akimitsu K., Tsuge T. 2004. Dissection of the host range of the fungal plant pathogen *Alternaria alternata* by modification of secondary metabolism. *Molecular Microbiology* 52 (2): 399–411. DOI: 10.1111/j.1365-2958.2004.04004.x.
- Králová J., Hajšlová J., Poustka J., Hochman M., Bjelková M., Odstrčilová L. 2006. Occurrence of *Alternaria* toxins in fibre flax, linseed, and peas grown in organic and conventional farms: Monitoring pilot study. *Czech Journal of Food Sciences* 24 (6): 288–296.
- Kwaśna H., Chełkowski J., Zajkowski P. 1991. *Flora Polska T. XXII. Grzyby niedoskonałe. Strzępczakowe. Gruźelkowate. Sierpik (Fusarium)*. PAN, Warszawa–Kraków, 158 ss.
- Popis E., Ratusz K., Przybysz M., Krygier K., Sakowska A., Konarska M. 2015. Światowa oraz polska produkcja lnu oleistego i oleju lnianego. [World and Polish production of linseed and linseed oil]. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie Problemy Rolnictwa Światowego* 15 (XXX) 2: 106–116.
- Porras M., Barrau C., Santos B., Arroyo F.T., Blanco C., Romero F. 2002. Effects of temperature on *in vitro* response of *Trichoderma* strains against strawberry pathogen *Rhizoctonia solani* Kühn. *Proceedings 6th Conference of European Foundation for Plant Pathology, Prague, Czech Republic, 8–14 September 2002. Plant Protection Science* 38 (Special Issue 2): 620–622.
- Ryan C.D., Smyth S.J. 2012. Economic implications of low-level presence in a zero-tolerance European import market: The case of Canadian Trifid flax. *AgBioForum* 15 (1): 21–30.
- Scheffer R.P. 1992. Ecological and evolutionary roles of toxins from *Alternaria* species pathogenic to plants. In: “*Alternaria: Biology, Plant Diseases and Metabolites* (J. Chełkowski, A. Visconti, eds.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam: 101–122.
- Schoeman M.W., Webber J.F., Dickinson D.J. 1999. The development of ideas in biological control applied to forest products. *International Biodeterioration and Biodegradation* 43 (3): 109–123. DOI: 10.1016/S0964-8305(99)00037-2.
- Sivan A., Chet I. 1989. The possible role of competition between *Trichoderma harzianum* and *Fusarium oxysporum* on rhizosphere colonization. *Phytopathology* 79: 198–203.
- Sutton B.C. 1980. *The Coelomycetes. Fungi Imperfecti with Picnidia and Stromata*. Commonwealth Mycological Institute, CABI Publishing, England, 696 pp.
- Thomma B.P.H.J. 2003. *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Molecular Plant Pathology* 4 (4): 225–236. DOI: 10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x.
- Wolny-Koładka K. 2014. Grzyby z rodzaju *Fusarium* – występowanie, charakterystyka i znaczenie w środowisku. *Kosmos Problemy Nauk Biologicznych* 63 (4): 623–633.
- Yu S.H. 1992. Occurrence of *Alternaria* species in countries of the far east and their taxonomy. In: “*Alternaria: Biology, Plant Diseases and Metabolites*” (J. Chełkowski, A. Visconti, eds.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam: 37–62.
- Zarzycka H. 1977. Fluctuation of *Fusarium* distribution in soil and the role of the forecrop in the control of *Fusarium* wilt in flax. *Acta Agrobotanica* 30 (2): 299–315.