

Received: 15.12.2017 / Accepted: 16.03.2018

Occurrence of entomopathogenic fungi in populations of *Rhopalosiphum padi* (L.) aphids feeding on primary and secondary host plants

Występowanie grzybów entomopatogenicznych w populacjach mszycy *Rhopalosiphum padi* (L.) żerującej na pierwotnych i wtórnych roślinach żywicielskich

Robert Krzyżanowski^{1*}, Cezary Tkaczuk²

Summary

The dynamics of the bird cherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) on the primary host in 2007–2009 was characterized by a rapid increase in the first half of May and a sharp decline in the population in the second half of this month. The autumn remigration of *R. padi* on the primary host, began in the first decade of September, and the most gender morphs of aphids were found in the second decade of September. No fungal infections were found among the founders of the *R. padi* on bird cherry in spring whereas in the *fundatrigeniae* populations, three species of entomopathogenic fungi were recorded: *Conidiobolus obscurus*, *Entomophthora planchoniana* and *Pandora neoaphidis*. Autumn observations revealed that the infections occurring in the populations of *R. padi* were caused by the same three entomophthoralean fungal species, and additionally by *Neozygites fresenii*. During the feeding of *R. padi* on cereals, the presence of the four aforementioned entomophthoralean fungi (Entomophthoromycota) and *Lecanicillium muscarium*, representing the anemorphs of hypocrealean Ascomycota, was recorded.

Key words: *Rhopalosiphum padi*; *Prunus padus*; entomophthoralean fungi

Streszczenie

Dynamika liczebności mszycy czeremchowo-zbożowej na żywicielu pierwotnym w latach 2007–2009 charakteryzowała się szybkim wzrostem w pierwszej połowie maja i gwałtownym załamaniem populacji w drugiej połowie tego miesiąca. Jesienne reemigracje *Rhopalosiphum padi* na żywiciela pierwotnego rozpoczynały się w pierwszej dekadzie września, a najwięcej morf płciowych mszyc stwierdzono w drugiej dekadzie września. Wiosną na czeremsze zwyczajnej nie stwierdzono infekcji grzybowych wśród założycielek rodu *R. padi*, natomiast w populacjach *fundatrigeniae* odnotowano obecność trzech gatunków pasożytniczych grzybów: *Conidiobolus obscurus*, *Entomophthora planchoniana* i *Pandora neoaphidis*. Jesienią w populacjach *R. padi* na czeremsze spotykano infekcje spowodowane przez te same trzy gatunki grzybów owadomorkowych, a ponadto wystąpił *Neozygites fresenii*. W trakcie żerowania *R. padi* na zbożach, odnotowano obecność czterech wymienionych wcześniej grzybów owadomorkowych (Entomophthoromycota) oraz *Lecanicillium muscarium*, reprezentującego anamorfy workowców (Hypocreales: Ascomycota).

Słowa kluczowe: *Rhopalosiphum padi*; *Prunus padus*; grzyby entomopatogeniczne

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

¹Katedra Biochemii i Biologii Molekularnej, Prusa 12, 08-110 Siedlce

²Katedra Ochrony Roślin, Prusa 14, 08-110 Siedlce

*corresponding author: robert.krzyzanowski@uph.edu.pl

Wstęp / Introduction

Mszycy czeremchowo-zbożowa, *Rhopalosiphum padi* (L.) jest ważnym szkodnikiem zbóż w północnej i centralnej Europie. Gatunek ten jest oligofagiem dokonującym zmiany żywicieli z pierwotnego jakim jest czeremcha zwyczajna, *Prunus padus* L. na wtórny, którym są zboża i inne trawy (migracja wiosenna). Jesienią po wytworzeniu form płciowych reemigruje na żywiciela pierwotnego w celu złożenia jaj zimowych (Leszczyński i wsp. 1998; Sandstrom i Peterson 2000).

Wiele naturalnych wrogów, takich jak drapieżniki, pasożyty i patogeny może ograniczać populacje mszyc. Ważnym regulatorem liczebności mszyc w biocenozach w Polsce są pasożytnicze grzyby entomopatogeniczne, które potrafią obniżać ich populację do poziomu nieszkodliwego. Epizootcje mszyc wywołane przez grzyby entomopatogeniczne są często obserwowane w populacjach tych szkodników żerujących na zbożach, gdzie ich śmiertelność spowodowana przez te patogeny w niektórych okresach przekracza 60% (Feng i wsp. 1991; Steenberg i Eilenberg 1995).

Niższe grzybowe patogeny mszyc to głównie owadomorkowce (Entomophthoromycota), zaliczane do klasy sprężniaków (Zygomycetes) (Keller 1987a, b; Bałazy i wsp. 1990; Steenberg i Eilenberg 1995; Barta i Cagań 2006; Ben Fekih i wsp. 2015). Mniej liczną grupę grzybowych patogenów mszyc stanowią gatunki reprezentujące grupę grzybów wyższych, będące niedoskonałymi (konidialnymi) stadiami workowców (Hypocreales: Ascomycota) i wywodzące się głównie z rodzajów *Lecanicillium* czy *Beauveria* (Bałazy i wsp. 1990).

O ile stosunkowo dużo uwagi poświęcono badaniom nad mikozami mszyc występujących na zbożach, o tyle ich rola w ograniczaniu populacji dwudomnych gatunków tych owadów, rozwijających się na żywicielach pierwotnych jest stosunkowo mało poznana. Dotychczasowe badania dotyczące składu gatunkowego grzybów entomopatogenicznych pozwoliły na wyizolowanie z gynopare i samców *R. padi* jesienią następujących gatunków owadomorków: *Entomophthora planchoniana*, *Pandora neoaphidis*, *Zoophthora phalloides*, *Conidiobolus obscurus* oraz *Neozygites fresenii*. Dominującymi gatunkami były *N. fresenii*, *C. obscurus* i *E. planchoniana*. *Z. phalloides* identyfikowany był raczej sporadycznie. Z kolei wiosną w populacjach założycielek rodu nie stwierdzano chorób grzybowych, natomiast na *fundatrigeniae* odnotowano obecność nie licznych infekcji wywołanych przez *C. obscurus*, *P. neoaphidis* i *N. fresenii* (Bode 1980; Dedryver i wsp. 1983; Nielsen i Steenberg 2004).

Celem badań było poznanie składu gatunkowego grzybów owadobójczych infekujących mszycę czeremchowo-zbożową i określenie ich roli w ograniczaniu populacji tych owadów, zarówno w odniesieniu do form żerujących na żywicielach pierwotnych, jak i wtórnych.

Materiały i metody / Materials and methods

W latach 2007–2009 badano liczebność populacji *R. padi* na pędach drzew czeremchy zwyczajnej, rosnących w Parku Miejskim „Aleksandria” w Siedlcach. Obserwacje prowadzono od momentu pojawienia się pierwszych założycielek rodu (*fundatrices*), aż do czasu zaniku populacji mszycy czeremchowo-zbożowej na żywicielu pierwotnym (wiosenna migracja), w odstępach tygodniowych. Każdorazowo, wielkość populacji określano na 50 losowo wybranych pędach, w trzech powtórzeniach. Liczebność *R. padi* przedstawiono w postaci średniej liczby osobników na pęd czeremchy.

W przypadku żywicieli pierwotnych w okresie wczesnej wiosny i późnej jesieni, w odstępach 7-dniowych pobierano losowo po 20 ulistnionych pędów czeremchy zwyczajnej, w celu stwierdzenia infekcji mszyc i określenia stopnia ich spasożytoowania przez grzyby owadobójcze. Na żywicielach wtórnych (pszenica i pszenżyto) badania prowadzone były na plantacjach tych zbóż w okolicach Siedlec i koncentrowały się głównie na poznaniu składu gatunkowego grzybów, ale przy silnych epizootjach dokonywano również oceny stopnia porażenia mszyc przez grzyby. Próby pobierano w odstępach dwutygodniowych, kontrolując 25 roślin w łanie. Materiał roślinny z mszycami przenoszono do laboratorium, gdzie występujące na zainfekowanych osobnikach gatunki grzybów były opisywane na podstawie diagnostyki morfologicznej zgodnie z metodami podanymi przez Humberta (1989, 2012), Bałazego (1993) oraz Kellera (2007).

W celu oceny obecności form infekcyjnych owadomorków na powierzchni gleby, na przełomie marca i kwietnia 2008 roku pobrano próby glebowe spod drzew czeremchy zwyczajnej. Próbkę pobierano za pomocą łopatkę z wierzchniej warstwy gleby (do 5 cm), tak aby nie naruszyć struktury gleby. W laboratorium, glebę z każdego stanowiska napełniano po 10 szalek Petriego i po powierzchniowym zwilżeniu wykładano po 10 sztuk bezskrzydłych osobników *R. padi*, pochodzących z hodowli laboratoryjnej. Szalki z glebą i mszycami inkubowano w temperaturze 18–20°C, a następnie przez pięć kolejnych dni sprawdzano śmiertelność mszyc i określano czynniki ich śmiertelności. Martwe osobniki z objawami infekcji grzybowej przenoszono na szkiełka podstawowe i umieszczano w szalce Petriego wyłożonej wilgotnym papierem filtracyjnym. Martwe osobniki mszyc niewykazujące objawów infekcji sterylizowano powierzchniowo w 1% podchlorynie sodu, a następnie przenoszono na szkiełka mikroskopowe i umieszczano w mokrych kamerach. Odrzucane aktywnie na szkiełko zarodniki konidialne grzybów owadomorkowych utrwalano w laktofenolu z dodatkiem acetoorceiny i sporządzano preparaty mikroskopowe.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Wyniki przeprowadzonych obserwacji, na kontrolowanych pędach bez epizootcji grzybowych wskazują, że

dynamika liczebności mszycy czeremchowo-zbożowej na żywicieli pierwotnym wszystkich badanych sezonów miała charakter krzywych jednowierzchołkowych, charakteryzujących się szybkim wzrostem w pierwszej połowie maja i gwałtownym załamaniem populacji w drugiej połowie tego miesiąca. W roku 2007 pierwsze założycielki rodu (*fundatrices*) wystąpiły na żywicieli pierwotnym w pierwszej dekadzie kwietnia. Maksymalną liczebność populacji mszycy czeremchowo-zbożowej zaobserwowano w pierwszej dekadzie maja, po czym odnotowano spadek liczebności *R. padi* na czeremsze, będący rezultatem wiosennych migracji z żywiciela pierwotnego na zboża (rys. 1).

Podobnie w drugim roku badań (2008) na kontrolowanych pędach stwierdzono obecność *fundatrices* w pierwszej dekadzie kwietnia, a szybki wzrost populacji obserwowano w drugiej połowie kwietnia. Maksymalną liczebność populacji mszycy czeremchowo-zbożowej określono w pierwszej połowie maja, a po tym okresie wystąpił gwałtowny spadek liczebności badanej mszycy na czeremsze zwyczajnej (rys. 1).

W trzecim roku badań (2009), dynamika mszycy czeremcho-zbożowej w porównaniu z poprzednimi sezonami wegetacyjnymi odznaczała się gwałtownym rozwojem populacji w okresie od pierwszej dekady kwietnia (pierwsze *fundatrigeniae*) do pierwszej dekady maja (maksimum liczebności dnia 4.05) (rys. 1). Po tym okresie, podobnie jak w latach 2007–2008, rozpoczęła się wiosenna migracja mszycy czeremchowo-zbożowej.

Jesienne reemigracje *R. padi* na żywiciela pierwotnego we wszystkich badanych sezonach (2007–2009), rozpoczynały się w pierwszej dekadzie września, kiedy na krzewach *P. padus* zaobserwowano obecność pierwszych morf płciowych. Najwięcej morf płciowych mszycy czeremchowo-zbożowej stwierdzono w drugiej dekadzie września (rys. 1).

Przedstawione badania zgodne są z wcześniejszymi obserwacjami dokonanyymi przez Czerniewicza (2008), który wykazał, że w latach 2003–2005 rozwój populacji mszycy czeremchowo-zbożowej na żywicieli pierwotnym w dużym stopniu związany był z fenologią badanych roślin. Autor stwierdził, że pierwsze *fundatrices* wylęgały się z zimowych jaj w drugiej połowie kwietnia, a populacja mszyc na czeremsze zwyczajnej utrzymywała się do początku czerwca.

Mszycy, jako owady o kłująco-ssącym narządzie gębowym preferują najmłodsze, szybko rosnące części roślin, natomiast w okresie dojrzewania roślin (Cichocka 1980; Dąbrowski 1988) oraz zwiększenia udziału w profilu roślinnych lotnych związków, takich jak salicylan metylu, opuszczają dotychczasowego żywiciela pierwotnego (Krzyżanowski i Leszczyński 2009). Podczas późniejszych faz rozwojowych roślin żywicielskich, na ogół wzrasta śmiertelność mszyc oraz spada ich płodność i tempo wzrostu. Zależność tą obserwowano zarówno dla mszyc zbożowych

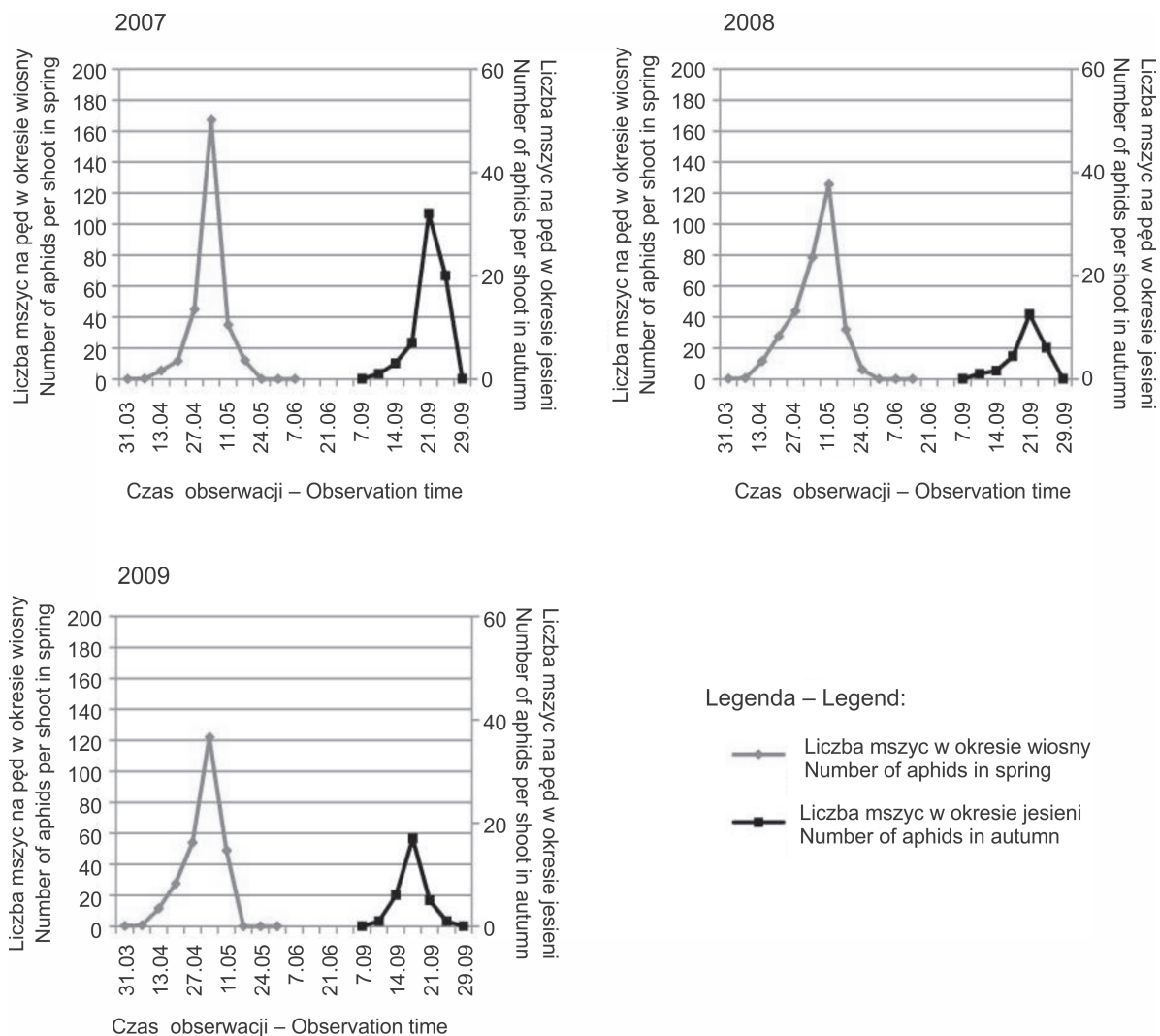
Sitobion avenae, *Metopolophium dirhodum* i *R. padi* (Leather 1982; Howard i Dixon 1992; Zhou i Carter 1992). Krzyżanowski i Leszczyński (2009) wykazali, że w okresie jesiennych reemigracji z żywiciela wtórnego (zboża) na czeremchę zwyczajną duży wpływ na zachowanie mszyc ma zmiana profilu uwalnianych lotnych związków z tkanek *P. padus*. Autorzy stwierdzili, że dominującymi związkami był aldehyd benzoesowy i alkohol benzoesowy.

Wiosenne migracje mszycy czeremchowo-zbożowej, w latach 2007–2009, były wyraźnie związane z dynamiką jej liczebności na żywicieli pierwotnym (rys. 1). W latach 2007–2008 pierwsze formy uskrzydłone *alatae R. padi* występujące na zbożach stwierdzono w drugiej dekadzie maja. Następnie obserwowano dynamiczny rozwój populacji mszycy w pierwszej dekadzie czerwca (7.06). W roku 2009 migracja wiosenna rozpoczęła się w drugiej dekadzie maja, a maksymalną liczebność pokoleń wtórnodomnych obserwowano w pierwszej dekadzie czerwca. Po rozwoju na pszenicy i pszenżycie mszyca *R. padi* do pierwszej dekady września przebywała na innych żywicielach wtórnych (np. kukurydzy) i po tym okresie rozpoczęła jesienną reemigrację na żywiciela pierwotnego (rys. 2).

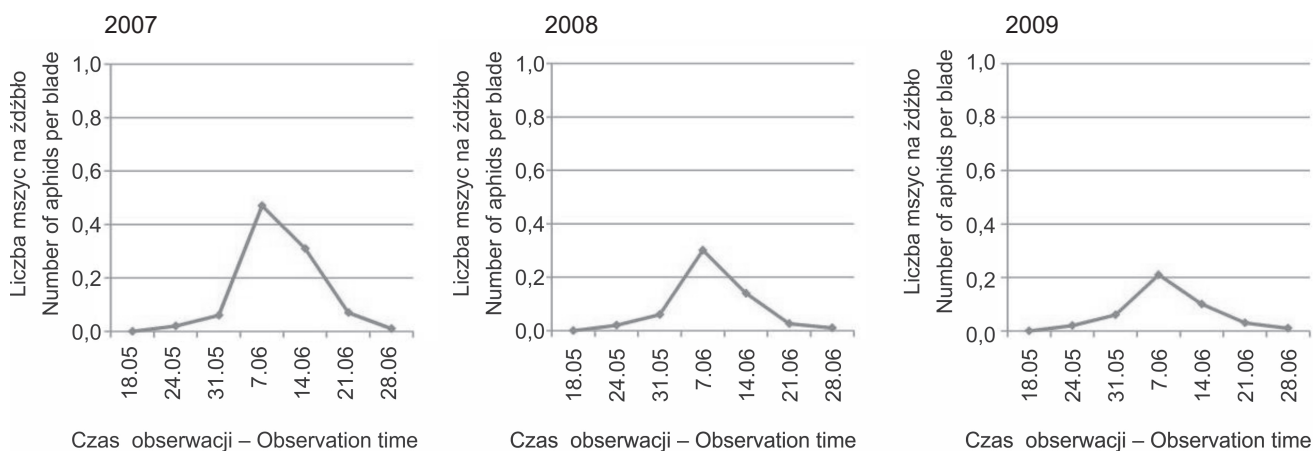
Badania Gadalińskiej-Krzyżanowskiej (2011) wykazały, że w trakcie badanych sezonów wegetacyjnych gatunki *R. padi* i *M. dirhodum* najwcześniej pojawiały się na żywicielach pierwotnych w roku 2007, a najpóźniej w roku 2006. Skutkowało to w roku 2007 znacznie szybszym wzrostem populacji pokoleń pierwotnych, wcześniejszym o dwa tygodnie wystąpieniem maksimum liczebności oraz większą liczebnością szkodników na żywicielach pierwotnych. Znalazło to także swoje odbicie w wyższych wartościach kumulatywnego indeksu mszycowego (KIM) w roku 2007, na wszystkich badanych przez autorkę roślinach zbożowych. Poziom populacji szkodnika na żywicieli pierwotnym, w znaczącym stopniu decydował o jego występowaniu na żywicieli wtórnym. Spośród badanych pszenicy i pszenżyt ozimych odmiana Oliwin oraz ród RAH 366 były odpowiednio najliczniej zasiedlane przez mszyce zbożowe.

Wiosną 2007 roku nie stwierdzono infekcji wywołanych przez grzyby owadobójcze wśród założycielek rodu i ich kolejnych pokoleń na żywicieli pierwotnym (czeremcha zwyczajna) mszycy czeremchowo-zbożowej. Z kolei jesienią w populacjach *R. padi* na *P. padus* stwierdzono obecność trzech gatunków grzybów owadobójczych: *C. obscurus* (Hall & Dunn) Remaudière & Keller, *E. planchoniana* i *P. neoaphidis* (Remaudière & Hennebert) Humber. Zdecydowanie dominował grzyb *E. planchoniana*, który pod koniec października na pojedynczych liściach porażał 5–30% osobników mszycy czeremchowo-zbożowej.

W drugim roku obserwacji (2008), w populacjach *fundatrigeniae R. padi* rozwijających się na czeremsze zwyczajnej w okresie wiosny stwierdzono obecność trzech gatunków grzybów owadobójczych: *E. planchoniana*, *P. neoaphidis* i *C. obscurus*. Dominował gatunek *E. planchoniana*, któ-



Rys. 1. Dynamika populacji *Rhopalosiphum padi* na czeremsze zwyczajnej (*Prunus padus*) w latach 2007–2009
 Fig. 1. Dynamics of *Rhopalosiphum padi* on bird cherry (*Prunus padus*) during 2007–2009



Rys. 2. Dynamika populacji *Rhopalosiphum padi* na zbożach w latach 2007–2009
 Fig. 2. Dynamics of *Rhopalosiphum padi* on cereals during 2007–2009

ry zainfekował średnio 5,8% osobników (tab. 1). Pierwsze mszyce zainfekowane przez grzyby zaobserwowano na

P. padus już w drugiej dekadzie kwietnia, a ostatnie osobniki z objawami infekcji na początku drugiej połowy maja.

Jesienią (zwłaszcza w pierwszej i drugiej dekadzie września) w populacjach *R. padi*, znalezionych na żywicielu pierwotnym, stwierdzono jedynie infekcje wywołane przez *E. planchoniana*. Populacja mszyc jesienią 2008 roku była bardzo nieliczna w porównaniu do poprzedniego sezonu.

W trzecim roku obserwacji wiosną (2009), również nie stwierdzono infekcji grzybowych wśród założycielek rodu mszycy czeremchowo-zbożowej, natomiast w kolejnych partenogenetycznych pokoleniach *fundatrigeniae* odnotowano obecność trzech gatunków pasożytniczych grzybów: *C. obscurus*, *E. planchoniana* i *P. neoaphidis*. Infekcje grzybowe w populacjach mszyc obserwowano głównie na początku maja, w okresie gwałtownego wzrostu ich populacji. Owadomorki w badanym okresie zainfekowały łącznie 11,9% osobników *R. padi*, a dominował gatunek *E. planchoniana*, który spowodował śmiertelność 5,7% mszyc. Jesienią tego samego roku w pokoleniach *R. padi* rozwijających się na czeremsze stwierdzono obecność czterech gatunków grzybów: *P. neoaphidis*, *C. obscurus*, *E. planchoniana* i *N. fresenii*. Dominował gatunek *N. fresenii*, który zainfekował łącznie 5,2% obserwowanych osobników, a następnie *E. planchoniana* (3,1%), *P. neoaphidis* (1,6%) i *C. obscurus* (0,5%) (tab. 1). Warto zauważyć, że grzyb *N. fresenii* w poprzednich latach nie był notowany jako patogen *R. padi*. Pierwsze mszyce zainfekowane przez ten gatunek grzyba obserwowano 25 września, a ostatnie 23.10.2009 roku. *N. fresenii* w 2009 roku pojawił się również po raz pierwszy w populacjach *R. padi* żerujących na zbożach. Fakt ten może świadczyć o transmisji materiału infekcyjnego (głównie zarodników) grzybów owadobójczych z żywicieli wtórnych na pierwotnych w okresie reemigracji mszyc.

Wyniki przedstawionych badań nad infekcjami mszycy czeremchowo-zbożowej w okresie ich żerowania na żywicielu pierwotnym tylko częściowo pokrywają się z wynikami badań prowadzonych w innych krajach europejskich. Nielsen i Steenberg (2004), badając w Danii infekcje grzybowe w pokoleniach *R. padi* rozwijających się na czeremsze wiosną również nie stwierdzili infekcji wywołanych przez te patogeny w pokoleniu założycielek rodu, natomiast w przypadku *fundatrigeniae* odnotowano jedynie pojedyncze osobniki zainfekowane przez *C. obscurus* i *P. neoaphidis*. W przeprowadzonych badaniach oprócz tych dwóch gatunków owadomorków stwierdzono wiosną infekcje spowodowane przez *E. planchoniana*. Bode (1980) oraz Dedryver i wsp. (1983) prowadząc swoje badania w Niemczech i we Francji nie obserwowali infekcji wywołanych przez grzyby entomopatogeniczne w populacjach mszycy czeremchowo-zbożowej występujących wiosną na *P. padus*, natomiast Keller w Szwajcarii stwierdził występowanie grzyba *N. fresenii* (za Nielsen i Steenberg 2004). Brak infekcji wywołanych przez owadomorki w pokoleniach założycielek rodu *R. padi* rozwijających się na czeremsze wiosną i stosunkowo niewielkie ich nasilenie w pokoleniach *fundatrigeniae*, mogą być spowodowane brakiem ich kontaktu z aktywnym

inokulum grzybowym (Nielsen i Steenberg 2004), bądź też stosunkowo obfitym nalotem woskowym na ciele mszyc i ich żerowaniem w zwiniętych liściach czeremchy, co może utrudniać zapoczątkowanie procesu infekcji (Bode 1980).

Przeprowadzone badania wykazały, że jesienią w populacjach *R. padi* żerujących na czeremsze infekcje mogą wywoływać cztery gatunki owadomorków: *C. obscurus*, *E. planchoniana*, *P. neoaphidis* i *N. fresenii*. Prowadząc obserwacje w Danii Nielsen i Steenberg (2004), również odnotowały jesienią występowanie na mszycy czeremchowo-zbożowej tych samych gatunków, a oprócz tego *Zoophthora phalloides*. Dominowały *N. fresenii*, *E. planchoniana* i *C. obscurus*, natomiast *Z. phalloides* pojawiał się sporadycznie. Obecność tych samych pięciu gatunków grzybów oraz dodatkowo *Z. aphidis* w pokoleniach *R. padi* rozwijających się na żywicielu pierwotnym jesienią w Szwajcarii stwierdził Keller (1987b). Według tego autora grzyb *Z. aphidis* dominował w jesiennych populacjach tej mszycy, infekując lokalnie nawet do 54% osobników. Dedryver i wsp. (1983) we Francji oraz Bode (1980) w Niemczech odnotowali występowanie trzech gatunków owadomorków na mszycy czeremchowo-zbożowej w okresie jej żerowania na żywicielu pierwotnym jesienią, były to: *E. planchoniana*, *C. obscurus* i *P. neoaphidis* z tym, że dała się zauważyć wyraźna dominacja pierwszych dwóch wymienionych gatunków grzybów.

W latach 2007–2009 na osobnikach mszycy czeremchowo-zbożowej żerujących na żywicielach wtórnych (zbożach) odnotowano obecność pięciu gatunków grzybów owadobójczych. Były to: *E. planchoniana*, *N. fresenii*, *P. neoaphidis* i *C. obscurus*, należące do owadomorkowców (Entomophthoromycota) oraz grzyb *Lecanicillium muscarium*, reprezentujący anamorfy workowców (Hypocreales: Ascomycota) (tab. 2). Grzyby *E. planchoniana* i *P. neoaphidis* należały do dominantów i występowały corocznie w populacjach *R. padi* na zbożach, a gatunki *C. obscurus* i *N. fresenii* wystąpiły odpowiednio jedynie w latach 2007 i 2009. Owadomorki, a zwłaszcza *P. neoaphidis* i *E. planchoniana*, infekowały okresowo, na poszczególnych kontrolowanych plantacjach zbóż od 20 do 40% osobników *R. padi*. Grzyb *L. muscarium* był notowany na pojedynczych osobnikach *R. padi* w 2007 i 2009 roku. Przeprowadzone obserwacje ściśle korespondują z badaniami przeprowadzonymi w Danii, podczas których udokumentowano obecność na mszycach żerujących na zbożach czterech gatunków grzybów owadobójczych: *P. neoaphidis*, *E. planchoniana*, *C. obscurus* i *Conidiobolus thomboides* Drechsler. Wykazano, że tylko *P. neoaphidis* i *E. planchoniana* powodowały epizoocje do 50% (Steenberg i Eilenberg 1995; Nielsen i wsp. 2003). Ponadto jest to zgodne z obserwacjami prowadzonymi nad mszycami zbożowymi w Wielkiej Brytanii i we Francji, gdzie te dwa gatunki owadomorków również powodowały epizoocje (Dean i Wilding 1971; Remaudière i wsp. 1981).

Tabela 1. Średnie wartości mykoz mszyc *Rhopalosiphum padi* na czeremsze zwyczajnej w latach 2008–2009
 Table 1. Mean value of mycoses of *Rhopalosiphum padi* on bird cherry in the years 2008–2009

Czas obserwacji (rok) Observation time (year)	Pora roku Season	Procent osobników zainfekowanych				
		<i>Pandora neoaphidis</i>	<i>Conidiobolus obscurus</i>	<i>Entomophthora planchoniana</i>	<i>Neozygites fresenii</i>	grzyby łącznie fungi total
2008	wiosna – spring	2,4	0,6	5,8	0	8,8
	jesień – autumn	0	0	3,6	0	3,6
2009	wiosna – spring	3,6	2,6	5,7	0	11,9
	jesień – autumn	1,6	0,5	3,1	5,2	10,4

Tabela 2. Gatunki grzybów powodujące mykozy mszyc *Rhopalosiphum padi* na zbożach w latach 2008–2009
 Table 2. Species of entomopathogenic fungi causing mycoses of *Rhopalosiphum padi* on cereals in the years 2008–2009

Czas obserwacji (rok) Observation time (year)	Gatunki grzybów owadobójczych Species of entomopathogenic fungi				
	<i>Conidiobolus obscurus</i>	<i>Entomophthora planchoniana</i>	<i>Neozygites fresenii</i>	<i>Pandora neoaphidis</i>	<i>Lecanicillium</i> sp.
2007	+	+	–	+	+
2008	–	+	–	+	–
2009	–	+	+	+	+

Ben Fekih i wsp. (2015) prowadząc obserwacje na zbożach w Tunezji, stwierdzili występowanie w populacjach mszycy *R. padi* czterech gatunków owadomorków: *P. neoaphidis* (jako dominujący), *E. planchoniana*, *N. fresenii* i *C. obscurus*. Z kolei Chen i Feng (2004) wykazali, że wśród grzybów zakażających mszycę zbożowe w Chinach najczęściej występują: *P. neoaphidis*, *E. planchoniana*, *N. fresenii* i *Zoophthora* spp. Ponadto gatunki z rodzaju *Conidiobolus* spp. występują również dość często (Humber 1989; Feng i wsp. 1990, 1991; Hatting i wsp. 1999; Li 2000).

Wyniki zaprezentowanych badań są częściowo zgodne z wcześniejszymi obserwacjami prowadzonymi przez Feng i wsp. (1990), którzy w trakcie czteroletnich badań na pszenicy, jęczmieniu i kukurydzy stwierdzili obecność aż 10 gatunków patogenów grzybowych, w tym ośmiu należących do Entomophthoromycota. Owadomorki były reprezentowane przez gatunki: *P. neoaphidis*, *C. obscurus*, *C. coronatus*, *C. thromboides*, *E. chromophidis* Burger & Swain, *N. fresenii*, *Zoophthora radicans* (Brefeld) Batko i *Zoophthora occidentalis* (Thakster) Batko, natomiast spośród anamorfor workowców odnotowano na mszycach obecność tylko dwóch gatunków *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin i *Verticillium lecanii* (Zimmermann) Viégas. Grzyb *P. neoaphidis* był najczęściej występującym corocznie gatunkiem w populacji *M. dirhodum* i *D. noxia*, a także często zakażał innych gospodarzy.

W przeprowadzonym eksperymencie laboratoryjnym stwierdzono, że osobniki mszycy czeremchowo-zbożowej w wyniku bezpośredniego kontaktu z podłożem glebowym pobranym na przełomie marca i kwietnia spod żywicieli pierwotnych, ulegały infekcjom spowodowanym wyłącz-

nie przez grzyba *C. obscurus*, który poraził łącznie 12,7% poddanych testom osobników. Wskazuje to, że gleba może być jednym ze źródeł materiału infekcyjnego tego gatunku w okresie wczesnowiosennym. Baverstock i wsp. (2005) wykazali, że grzyby z rodziny owadomorków okres zimy mogą przetrwać w środowisku glebowym, w postaci ciał strzępkowych wewnątrz martwych zakażonych osobników mszyc, bądź w formie zarodników przetrwalnikowych lub otoczonych grubymi ścianami zarodników konidialnych tzw. loricococonidiów (np. *P. neoaphidis*) stanowiąc źródło materiału infekcyjnego. Nielsen i wsp. (2003) udowodnili, że aktywne inokulum grzybów *C. obscurus* i *P. neoaphidis* było obecne wczesną wiosną w glebie uprawnej, jak i pochodzącej ze środowisk seminaturalnych, co wskazuje na możliwość jego przetrwania w glebie przez długi okres zimy, a jego źródłem były głównie zainfekowane grzybami osobniki mszyc występujące na organach roślin znajdujących się nad powierzchnią gleby. Również Latteur (1977) udokumentował obecność aktywnego inokulum *P. neoaphidis* i *C. obscurus* w glebie bezpośrednio po epizooecji spowodowanej przez te gatunki grzybów w populacjach mszyc, podczas gdy Corremans-Pelseneer i wsp. (1983) doszli do podobnych wniosków w przypadku grzybów *C. coronatus* i *Conidiobolus* sp.

W wyniku kontaktu z glebą nie dochodziło do infekcji spowodowanych przez grzyba *E. planchoniana*. Przeprowadzone obserwacje wskazują, że gatunek ten preferował inną strategię zimowania. W okresie zimy i wczesnej wiosny znajdowano bowiem martwe osobniki *R. padi* na pędach żywicieli pierwotnych, z ciałami strzępkowymi i zarodnikami przetrwalnikowymi tego grzyba. Stanowiły one prawdopo-

dobne, główne źródło infekcji wiosennych wśród osobników rozwijających się na pędach czeremchy zwyczajnej.

Wnioski / Conclusions

1. W latach 2007–2009 pierwsze *fundatrices* wystąpiły na *P. padus* w pierwszej dekadzie kwietnia, a maksymalna liczebność była obserwowana w pierwszej dekadzie maja, po czy zawsze występował gwałtowny spadek liczebności *R. padi* będący rezultatem wiosennych migracji. Na zbożach mszyca czeremchowo-zbożowa obserwowana była w trzeciej dekadzie maja i pozostawała na źdźbłach zbóż do trzeciej dekady czerwca, a po tym okresie przebywała na innych roślinach żywicielskich, aby w konsekwencji reemigrować w pierwszej dekadzie września na pędy czeremchy zwyczajnej.
2. W trakcie prowadzonych wiosną na czeremchowie zwyczajnej obserwacji nie stwierdzono infekcji grzybowych wśród założycielek rodu mszycy czeremchowo-zbożowej, natomiast w kolejnych partenogenetycznych pokoleniach *fundatrigeniae* odnotowano obecność trzech gatunków pasożytniczych grzybów: *C. obscurus*, *E. planchoniana* i *P. neoaphidis*. Najwięcej osobników *R. padi* infekował grzyb *E. planchoniana*.
3. Jesienią w populacjach *R. padi* żerujących na czeremchowie spotykano infekcje spowodowane przez te same trzy gatunki grzybów owadomorkowych, a ponadto wystąpił

N. fresenii. W latach 2008 i 2009 grzyby liczniej porażały mszyce żerujące na żywicielu pierwotnym w okresie wiosny niż jesieni.

4. W latach 2007–2009 na osobnikach mszycy czeremchowo-zbożowej żerujących na żywicielach wtórnych (zbożach) odnotowano obecność pięciu gatunków grzybów owadobójczych. Były to: *E. planchoniana*, *N. fresenii*, *P. neoaphidis* i *C. obscurus* należące do owadomorkowców (Entomophthoromycota) oraz grzyb *L. muscarium*, reprezentujący anamorfy workowców (Hypocreales, Ascomycota).
5. Stwierdzono, że osobniki mszycy czeremchowo-zbożowej w wyniku bezpośredniego kontaktu z podłożem glebowym pobranym wiosną spod żywicieli pierwotnych, ulegały infekcjom spowodowanym przez grzyba *C. obscurus*, co wskazuje to, że gleba może być jednym ze źródeł materiału infekcyjnego tego gatunku w okresie wczesnowiosennym.

Podziękowanie / Acknowledgements

Wyniki badań zrealizowane w ramach tematu badawczego nr 245/08/S oraz częściowo 360/13/S, zostały sfinansowane z dotacji na naukę, przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura / References

- Bałaży S. 1993. Flora of Poland, Fungi (Mycota), *Entomophthorales*. Institute of Botany, Kraków, 356 pp.
- Bałaży S., Miętkiewski R., Majchrowicz I. 1990. Mikozy mszyc – ich znaczenie i perspektywy wykorzystania w ochronie roślin. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 392: 35–56.
- Barta M., Cagaň L. 2006. Observations on the occurrence of Entomophthorales infecting aphids (Aphidoidea) in Slovakia. *BioControl* 51 (6): 795–808. DOI: 10.1007/s10526-006-9007-7.
- Baverstock J., Alderson P.G., Pell J.K. 2005. *Pandora neoaphidis* transmission and aphid foraging behaviour. *Journal of Invertebrate Pathology* 90 (1): 73–76. DOI: 10.1016/j.jip.2005.05.009.
- Ben Fekih I., Boukhris-Bouhachem S., Allagui M.B., Brun Jensen A., Eilenberg J. 2015. First survey on ecological host range of aphid pathogenic fungi (Phylum Entomophthoromycota) in Tunisia. *Annales de la Société Entomologique de France* 51 (2): 140–144. DOI: 10.1080/00379271.2015.1059997.
- Bode V.E. 1980. Untersuchungen zum Auftreten der Haferblattlaus *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae) an ihrem Winterwirt *Prunus padus* L. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 89 (4): 363–377.
- Chen Ch., Feng M. 2004. Observation on the initial inoculum source and dissemination of Entomophthorales-caused epizootics in populations of cereal aphids. *Science in China Series C Life Sciences* 47 (1): 38–43. DOI: 10.1360/02yc0261.
- Cichočka E. 1980. Mszyce roślin sadowniczych Polski. PWN, Warszawa, 119 ss.
- Corremans-Pelseneer J., Villiers S., Matthys V. 1983. Entomophthorales found on wheat aphids, in soil, and air on the same field. Four years compared results. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent* 48: 207–224.
- Czerniewicz P. 2008. Wpływ wybranych biomolekuł na rozwój populacji mszycy czeremchowo-zbożowej (*Rhopalosiphum padi* L.). Praca doktorska. Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, 133 ss.
- Dąbrowski Z.T. 1988. Podstawy odporności roślin na szkodniki. Wydanie II. PWRiL, Warszawa: 76–78, 260 ss.
- Dean G.J., Wilding N. 1971. Entomophthora infecting the cereal aphids *Metopolophium dirhodum* and *Sitobion avenae*. *Journal of Invertebrate Pathology* 18 (2): 169–176.
- Dedryver C.A., Gelle A., Tanguy S. 1983. Evolution des populations de *Rhopalosiphum padi* L. sur son hôte primaire, *Prunus padus* L. dans deux stations du nord de la France. *Agronomie EDP Sciences* 3 (1): 1–8. DOI: hal-00884477.
- Feng M.G., Johnson J.B., Kish L.P. 1990. Survey of entomopathogenic fungi naturally infecting cereal aphids (Homoptera: Aphididae) of irrigated grain crops in southwestern Idaho. *Environmental Entomology* 19: 1535–1542.
- Feng M.G., Nowierski R.M., Scharen A.L., Sands D.C. 1991. Entomopathogenic fungi (Zygomycotina: Entomophthorales) infecting cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in Montana. *Pan-Pacific Entomologist* 7 (1): 55–64.

- Gadalińska-Krzyżanowska A. 2011. Ocena rozwoju mszyc zbożowych na pierwotnych i wtórnych roślinach żywicielskich. Praca doktorska. Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, 161 ss.
- Hatting J.L., Humber R.A., Poprawski T.J., Miller R.M. 1999. A survey of fungal pathogens of aphids from South Africa, with special reference to cereal aphids. *Biological Control* 16 (1): 1–12. DOI: 10.1006/bcon.1999.0731.
- Howard M.T., Dixon A.F.G. 1992. The effect of plant phenology on the induction of alatae and the development of populations of *Metopolophium dirhodum* (Walker), the rose-grain aphid, on winter wheat. *Annals of Applied Biology* 120 (2): 203–213. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1992.tb03418.x.
- Humber R.A. 1989. Synopsis of a revised classification for Entomophthorales (Zygomycotina). *Mycotaxon* 34 (2): 441–460.
- Humber R.A. 2012. *Entomophthoromycota*: a new phylum and reclassification for entomophthoroid fungi. *Mycotaxon* 120: 477–492. DOI: 10.5248/120.477.
- Keller S. 1987a. Observation on the overwintering of *Entomophthora planchoniana*. *Journal of Invertebrate Pathology* 50 (3): 333–335. DOI: 10.1016/0022-2011(87)90103-0.
- Keller S. 1987b. Arthropod-pathogenic Entomophthorales of Switzerland. I. *Conidiobolus*, *Entomophaga*, *Entomophthora*. *Sydowia* 40: 122–167.
- Keller S. (ed.). 2007. Arthropod-pathogenic entomophthorales: biology, ecology, identification. COST Action 842, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities: 66–81, 157 pp. ISBN 978-92-898-0037-2.
- Krzyżanowski R., Leszczyński B. 2009. Volatile compounds of bird cherry as modulators of host plant alternation by bird cherry-oat aphid. *Acta Biochimica Polonica* 56: 25.
- Latté G. 1977. Sur la possibilité d'infection dirigée d'Aphides par *Entomophthora* à partir de sols hébergeant un inoculum naturel. *Comptes Rendus Académie des Sciences, Paris* 284 (D): 2253–2256.
- Leather S.R. 1982. Preliminary studies on the effect of host age and aphid generation on the reproduction and survival of the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.). *Annales Agriculturae Fenniae* 21: 13–19.
- Leszczyński B., Szynkarczyk S., Józwiak B., Laskowska I. 1998. Bird-cherry oat aphid feeding behaviour on primary and secondary hosts. *Aphid and Other Homopterous Insects* 6: 47–54.
- Li Z.Z. 2000. *Flora Fungorum Sinicorum*, Vol. 13: Entomophthorales. Science Press, Beijing, 168 pp.
- Nielsen C., Hajek A.E., Humber R.A., Bresciani J., Eilenberg J. 2003. Soil as an environment for winter survival of aphid-pathogenic entomophthorales. *Biological Control* 28: 92–100. DOI: 10.1016/S1049-9644(03)00033-1.
- Nielsen C., Steenberg T. 2004. Entomophthoralean fungi infecting the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi*, feeding on its winter host bird cherry, *Prunus padus*. *Journal of Invertebrate Pathology* 87 (1): 70–73. DOI: 10.1016/j.jip.2004.05.003.
- Remaudière G., Latgé J.P., Michel M.F. 1981. Écologie comparée des entomophthoracées pathogènes de pucerons en France Littorale et Continentale. *Entomophaga* 26: 157–178.
- Sandstrom J.P., Peterson J. 2000. Winter host plant specialization in a host-alternating aphid. *Journal of Insect Behavior* 13 (6): 815–825. DOI: 10.1023/A:1007806416332.
- Steenberg T., Eilenberg J. 1995. Natural occurrence of entomopathogenic fungi on aphids at an agricultural field site. *Czech Mycology* 48: 89–96.
- Zhou X., Carter N. 1992. Effect of temperature, feeding position and crop growth stage on the population dynamics of the rose grain aphid, *Metopolophium dirhodum* (Hemiptera: Aphididae). *Annals of Applied Biology* 121 (1): 27–37. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1992.tb03984.x.