

Grzegorz Dubiel



WSTĘPNE DANE NA TEMAT WYSTĘPOWANIA OWADOMORKOWCÓW (*ENTOMOPHTHORALES*) W BESKIDZIE ŚLĄSKIM

Preliminary data on the occurrence of *Entomophthorales* in Beskid Śląski Mts.

ABSTRAKT: Praca przedstawia wyniki poszukiwań grzybów patogennych dla bezkręgowców przeprowadzonych w Beskidzie Śląskim w latach 2006-2015. Stwierdzono występowanie 26 gatunków grzybów z rzędu *Entomophthorales* pasożytujących na przedstawicielach 10 rzędów bezkręgowców. Najliczniej reprezentowane są rodzaje *Entomophthora* (6 gatunków), *Erynia* (5 gatunków) i *Entomophaga* (4 gatunki). Największą liczbę gatunków owadomorkowców stwierdzono na muchówkach (15 gatunków) i pluskwiakach równoskrzydłych (4 gatunki). Gatunki *Entomophthora ferdinandi*, *Erynia conica*, *E. ovispora*, *E. plecopteri* oraz *Pandora neoaphidis* są zdolne do wywoływania epizooecji w zagęszczonych populacjach wrażliwych gospodarzy. W artykule krótko scharakteryzowano stwierdzone gatunki grzybów.

SŁOWA KLUCZOWE: owadomorkowce, *Entomophthorales*, Beskid Śląski.

ABSTRACT: The paper presents the results of a search for fungi pathogenic to invertebrates carried out in Beskid Śląski Mts in the years 2006-2015. 26 fungi species were recorded, belonging to the order *Entomophthorales* that parasitizes 10 orders of invertebrates. The most frequent are the genera *Entomophthora* (6 species), *Erynia* (5 species) and *Entomophaga* (4 species). The highest number of *Entomophthorales* species was determined on dipterans (15 species) and homopterans (4 species). Such species as *Entomophthora ferdinandi*, *Erynia conica*, *E. ovispora*, *E. plecopteri* and *Pandora neoaphidis* are capable of causing epizootion in dense populations of susceptible hosts. The paper provides a brief characteristics of recorded fungi species.

KEY WORDS: *Entomophthorales*, Beskid Śląski Mts.

Wstęp

Owadomorkowce zwane też owadomorkami, czyli grzyby z rzędu *Entomophthorales* należące do sprzątniaków *Zygomycetes*, stanowią grupę ponad dwustu gatunków charakteryzującą się zdolnością wytwarzania ak-

tywnie odrzucanych zarodników (konidiów, zwanych też ballosporami) oraz podziałem strzępek na jedno- lub wielojądrowe fragmenty zwane ciałkami strzępkowymi (czym różnią się od sprzątniaków z rzędu *Mucorales* i *Zoopagales*). Badania molekularne wykazały, że, z wyjątkiem rodzajów *Basidiobo-*

lus i *Neozygites*, stanowią one jednolitą grupę monofiletyczną, czyli pochodzącą od jednego wspólnego przodka (Jensen et al. 1998, White et al. 2006, Webster i Weber 2007).

Wśród owadomorkowców większość znanych obecnie gatunków wywołuje choroby (tzw. mykozy) lądowych stawonogów. Grzyby należące do takich rodzajów jak *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Pandora*, *Strongwellsea* wykazują dużą swoistość w stosunku do gospodarza, pasożytując na jednym bądź kilku spokrewnionych ze sobą gatunkach. Rodzaj *Conidiobolus*, uważany za najbardziej prymitywny, zawiera, obok gatunków patogennych, także gatunki saprofagiczne związane z glebą, gnijącą materią organiczną czy owocnikami wyższych grzybów. Przedstawiciele tego rodzaju okazują wywołują także chorobę i śmierć wrażliwych gatunków bezkręgowców związanych z tymi środowiskami. Znane są nawet przypadki głębokich grzybic skóry i tkanki podskórnej wywołanych przez grzyby z rodzaju *Conidiobolus* u kręgowców, w tym człowieka. Zakażenia te, częściej spotykane w krajach tropikalnych, mają związek ze zranieniami zanieczyszczonymi ziemią lub innym materiałem zawierającym konidia grzybów. Rodzaje *Macrobiotophthora*, *Ballohcephala*, *Meristacrum* i *Zygnemomyces* obejmują gatunki pasożytujące na mikroskopijnych bezkręgowcach: nicieniach, wrotkach i niesporczakach. *Completozia complens* jest jedynym poznaczonym do tej pory gatunkiem pasożytującym na roślinach naczyniowych (przedroślach paproci), natomiast gatunki z rodzaju *Ancylistes* są pasożytami glonów *Desmidiaceae* (Bałazy 1993). Trzeba jednak wyraźnie zaznaczyć, że jak dotąd nie wykonano analiz filogenetycznych potwierdzających bliskie pokrewieństwo wszystkich rodzajów, np. *Completozia* czy *Meristacrum*, do rodzajów obejmujących gatunki owadobójcze.

Jednostką infekcyjną gatunków patogennych jest konidium, które w kontakcie z powierzchnią ciała wrażliwego gospodarza kiełkuje, a powstająca strzępka, wydzielająca odpowiednie enzymy wnika do wnętrza

jego ciała. Rozrastając się ulega ona podziałowi na tzw. ciała strzępkowe wypełniające z czasem wnętrze ciała żywiciela. Zainfekowany bezkręgowiec może wykazywać zmienne zachowania, które w efekcie sprzyjają przeniesieniu zakażenia na kolejne okazy. Okazy muchówek porażone przez grzyby z kompleksu gatunków kryptycznych należących do dawnego gatunku „*Entomophthora muscae*” giną z szeroko rozłożonymi skrzydłami, a ich napęczniały pod wpływem nagromadzenia ciał strzępkowych odwłok powoduje, że przez samce traktowane są jako gotowe do kopulacji samice. Samice zabite przez pasożytniczy grzyb wydają się być nawet bardziej atrakcyjne dla samców niż samice zdrowe (Keller 2007).

Wiele gatunków owadomorkowców wytwarza wyspecjalizowane struktury – rzyzoidy, które służą lepszemu przymocowaniu martwego już gospodarza do podłoża. Następnym etapem rozwoju jest wytworzenie warstwy strzępek zwanych konidioforami, które mogą być proste lub rozgałęzione, a na ich szczycie tworzone są zarodniki (tzw. konidia pierwotne) u większości grzybów z tej grupy odrzucane aktywnie na pewną odległość. Zjawisko to można łatwo obserwować na muchówkach porażonych przez grzyby z kompleksu gatunków „*E. muscae*”, które czasem można zauważyć na szybach w mieszkaniach. Z czasem wokół porażonej muchy tworzy się na szkle biały pierścień odrzucanych konidiów. Zdolność aktywnego odrzucania konidiów została wtórnie utracona w rodzaju *Massospora* oraz *Zygnemomyces*. Sposób tworzenia, kształt oraz cechy kariologiczne (liczba i wielkość jąder) konidiów pierwotnych są u owadomorkowców jedynymi z najważniejszych elementów branych pod uwagę przy oznaczaniu gatunków. Konidia pierwotne mają zdolność wytwarzania konidiów wtórnych, a w niektórych przypadkach wytwarzane są także konidia dalszych rzędów (Keller i Petrini 2005).

Rodzaje *Massospora* i *Strongwellsea* wyłamują się nieco z opisanego powyżej schematu, gdyż do tworzenia konidiów do-

chodzi jeszcze za życia gospodarza. Grzyby te wyewoluowały w kierunku infekcji nieletalnych, a rozwój grzybni ograniczony jest jedynie do części odwłoka (Humber 2008). Owad, zachowując zdolność ruchu może więc brać czynny udział w procesie rozsiwania konidiów.

U wielu gatunków owadomorkowców dochodzi do wytworzenia zarodników przetrwalnikowych o pogrubiałej ścianie. W sprzyjających warunkach mogą one zapewne zachować żywotność przez wiele miesięcy lub lat i stanowią strategię pozwalającą przetrwać pasożytowi okres, kiedy brak jest dostępnych żywicieli (np. zimę). Często zarodniki przetrwalnikowe znalezione wewnątrz martwego owada lub roztocza są jedynymi zachowanymi strukturami dostępnymi badaniu. Nie posiadają one zwykłe cech pozwalających na pewne określenie przynależności do konkretnego rodzaju czy gatunku grzyba, dlatego stworzono dla nich sztuczną jednostkę systematyczną – „rodzaj” *Tarichium*. Prawdopodobnie odkrycia wielu nowych dla nauki przedstawicieli rzędu *Entomophthorales* można oczekiwać wśród patogenów bardzo drobnych bezkręgowców – nicieni, wrotków, niesporczaków, gdyż nie były one dotąd przedmiotem systematycznych badań, a pojedyncze opisy przypadków porażenia przez owadomorki miały charakter przypadkowych znalezisk.

Cel

Celem prowadzonych przez autora badań na terenie Beskidu Śląskiego jest poznanie zróżnicowania bioty grzybów patogennych dla bezkręgowców. Badania tego typu nie były wcześniej prowadzone na tym obszarze.

Materiał i metody

Praca opiera się na zbiorze niemal 500 okazów owadów i innych bezkręgowców

wykazujących objawy porażenia przez grzyby patogenne zebranych w latach 2006-2015 podczas wycieczek w Beskid Śląski oraz przyległe tereny Beskidu Żywieckiego i Małego. Okazy zbierane były metodą wyszukiwania, przy czym penetrowane były głównie środowiska o podwyższonej wilgotności – brzegi strumieni, runo leśne, łąki. Znalezione stawonogi umieszczano pojedynczo, najczęściej wraz z podłożem, do którego były przytwierdzone, w pojemnikach z tworzywa sztucznego i transportowano do domu. Następnie przenoszono okazy na wyjąłowane płóciem szkiełka mikroskopowe w szalkach Petriego z warstwą wilgotnej bibuły dla zachowania wysokiej wilgotności. Gdy brak czasu nie pozwalał na zbadanie i oznaczenie okazów bezpośrednio po ich znalezieniu, materiał konserwowano na sucho lub w 96% alkoholu etylowym. Podkreślić jednak należy, że najlepsze rezultaty dawała inkubacja świeżych grzybów w wilgotnych kamerach – w takich warunkach obserwowano rozwój grzybni, tworzenie konidiów pierwotnych i wtórnych. Możliwe było też wykonanie preparatów mikroskopowych na różnym etapie wzrostu i określenie kształtu i wymiarów wszystkich struktur niezbędnych dla pewnego oznaczenia gatunku. Preparaty barwiono roztworem acetoorceiny w laktofenolu. Ze względu na ich nietrwały charakter, obserwacje dokumentowano wykonując zdjęcia, rysunki i zapisując pomiary istotnych elementów. Obserwacje prowadzono przy użyciu mikroskopu Evolution 100 (Delta Optical), pomiary wielkości konidiów wykonywano pod immersją (powiększenie 20×100) przy użyciu okularu mikrometrycznego EW10×/20 z dokładnością pomiaru do 0,5 μm. Każdorazowo dokonywano pomiaru co najmniej 30 konidiów. Z części materiału wykonano preparaty trwale zamknięte w preparacie Euparal, w takich przypadkach jednak z czasem jądra komórkowe, istotne dla oznaczeń, stały się słabo widoczne. Próby uzyskania kultur owadomorkowców in vitro na wykonanych domowym sposobem pożywkach opartych

na żółtku jaja kurzego okazały się mało skuteczne (zwykle dochodziło do kontaminacji kultury przez pleśnie) i zostały z czasem zarzucone. W przypadku znalezienia większych okazów porażonych owadów lub gdy zebrano większą liczbę okazów tego samego gatunku – część, która nie została wykorzystana do wykonania preparatów była suszona lub konserwowana w alkoholu.

Przy oznaczaniu gatunków grzybów korzystano głównie z monografii Bałazego (1993). Przy oznaczaniu owadów korzystano z pozycji z serii „Klucze do oznaczania owadów Polski” (Polskie Towarzystwo Entomologiczne), „A Key to the Families of British Diptera” (Unwin 1981) oraz z książki „Mszyce - szkodniki roślin” (Müller 1976).

Zachowany materiał znajduje się częściowo w zbiorach autora, część okazów przesłano do Profesora S. Bałazego celem weryfikacji oznaczeń lub zdeponowano w zielniku Uniwersytetu Warszawskiego.

Wyniki

W trakcie prowadzonych dotychczas poszukiwań zidentyfikowano na badanym obszarze 26 gatunków owadomorkowców pasożytujących na przedstawicielach 10 rzędów bezkręgowców. Do najliczniej reprezentowanych rodzajów należą: *Entomophthora* (6 gatunków), *Erynia* (5 gatunków) i *Entomophaga* (4 gatunki). Piętnaście gatunków (58% wszystkich stwierdzonych do tej pory) pasożytuje na muchówkach. W tabeli 1 zestawiono fenologię opisanych poniżej gatunków.

Przegląd gatunków

Conidiobolus coronatus (Constantin)

Batko

Konidia pierwotne okrągłe, o bardzo zmieniających wymiarach $10,5-67 \times 17-48,5 \mu\text{m}$, jądrach niewidocznych w barwieniu acetoorceiną (Bałazy 1993). W badanym materiale

wielkość konidiów wynosiła $29-42 \times 21-41 \mu\text{m}$. Papilla szerokości $5-14 \mu\text{m}$. Konidia aktywnie odrzucane z nierozgałęzionych konidioforów, wytwarzają na swojej powierzchni liczne mikrokonidia o wymiarach $11-14 \times 12-14 \mu\text{m}$. W warunkach obniżonej wilgotności ściana konidiów może ulec pogrubieniu i pokryciu włoskami. Tak uformowane konidia wtórne przekształcają się w zarodniki przetrwalnikowe zwane lorikokonidiami. Gatunek jest uznawany za polifagiczny, mający też zdolność wywoływania zakażeń u kręgowców stałocieplnych, w tym człowieka. W Beskidzie znajdowany był na skoczogonkach *Collembola* i roztoczech *Acari* pod korą martwych drzew. Prawdopodobnie pospolity, choć z racji małych wymiarów żywicieli trudny do zauważenia w terenie. Na przyniesionych do domu fragmentach kory zwykle udawało się pod binokulem zauważyć kolejne porażone okazy bezkręgowców. Jednorazowo stwierdzono ten gatunek także na robotnicy mrówki *Lasius platythorax* Seifert oraz bobówce muchówki z rodziny *Phoridae*.

Batkoa apiculata (Thaxter) Humber

Konidia kuliste, w badanym materiale $30-40 \times 29-35 \mu\text{m}$, zawierają liczne (powyżej 15) jądra barwiące się nieregularnie acetoorceiną. Powstają na nierozgałęzionych konidioforach. Papilla półkulista, szerokości $9-10 \mu\text{m}$, czasem zaokrąglona na szczycie. Konidia wtórne takiego samego kształtu jak konidia pierwotne. Gatunek polifagiczny, wiąże się z nim pewne nadzieje jako czynnikiem walki biologicznej z przenoszącymi malarię komarami *Anopheles* (Méndez Sánchez et al. 2010). W Beskidzie Śląskim regularnie znajdujemy w środowiskach łąkowych na piewikach *Homoptera: Auchenorrhyncha*, które przyłączone są do liści lub źdźbeł traw przy pomocy ryzoidów zbudowanych z pojedynczych strzępek (tzw. ryzoidy monohyfalne). Niektóre ze znalezionych okazów zawierają w swoim wnętrzu zarodniki przetrwalnikowe średnicy $40-45 \mu\text{m}$, o ścianie grubości do $4 \mu\text{m}$.

Tab. 1. Miesiące, w których znajdowano poszczególne gatunki owadomorkowców w Beskidzie Śląskim.

Tab. 1. Months in which particular species of *Entomophthorales* were recorded in Beskid Śląski Mts.

Gatunek	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Conidiobolus coronatus</i>	•			•			•	•			•	
<i>Batkoa apiculata</i>							•	•	•	•		
<i>Entomophaga grylli</i>						•	•					
<i>Entomophaga tenthredinis</i>						•						
<i>Entomophaga tipulae</i>						•	•	•				
<i>Entomophthora culicis</i>					•							
<i>Entomophthora ferdinandi</i>						•	•	•		•		
<i>Entomophthora schizophorae</i>								•				
<i>Entomophthora planchoniana</i>					•	•	•					
<i>Entomophthora rivularis</i>					•							
<i>Entomophthora syrphi</i>							•					
<i>Eryniopsis caroliniana</i>								•	•			
<i>Eryniopsis longispora</i>							•					
<i>Erynia conica</i>				•	•							
<i>Erynia ovispora</i>					•	•	•	•				
<i>Erynia plecopteri</i>				•	•	•			•			
<i>Erynia rhizospora</i>						•	•	•				
<i>Erynia variabilis</i>				•	•	•	•		•			
<i>Furia montana</i>					•	•		•				
<i>Furia sciarae</i>					•	•	•	•		•		
<i>Furia shandongensis</i>									•			
<i>Furia vomitoriae</i>								•	•			
<i>Pandora dipterigena</i>					•	•		•				
<i>Pandora neoaphidis</i>						•	•			•		
<i>Zoophthora geometralis</i>							•					
<i>Neozygites fresenii</i>						•						

***Entomophaga grylli* (Fresenius)** – (fot. 1)
Szeroko rozpowszechniony i częsty pasożyt prostoskrzydłych. Konidia pierwotne gruszkowate, zawierają 18-22 jąder, powstają na nierozgałęzionych konidioforach. Wymiary konidiów bardzo zmienne, w badanym materiale 30-35 × 21-26 μm. Porażone okazy znajdowano na szczytowych częściach traw i roślin zielnych na łąkach i polanach. Nie wytwarza ryzoidów. Znaczna zmienność morfologii pozwala przypuszczać, że *E. grylli* jest gatunkiem zbiorowym (Bałazy 1993).

Badania molekularne wykazały obecność co najmniej trzech tzw. patotypów różniących się rozmieszczeniem geograficznym i powinowactwem do poszczególnych gatunków żywicieli (Bidochka i wsp. 1995).

***Entomophaga tenthredinis* (Fresenius)**

Batko

Konidia wydłużone, w zarysie gruszkowate o wymiarach w badanym materiale 41-57 × 30-45 μm, zawierają 30-70 jąder. Grzyb pasożytuje na larwach rośliniarek *Symphyta*:



Fot. 1. *Entomophaga grylli* (fot. G. Dubiel).
Photo 1. *Entomophaga grylli* (photo by G. Dubiel).

Tenthredinidae, które przed śmiercią wspinają się na szczyt źdźbeł traw. W Beskidzie często spotykany. Znajdywany w stosunkowo suchych środowiskach łąkowych, przez co wiele okazów znajduje się w stanie mocno wysuszonym. Umieszczenie okazu w wilgotnej kamerze często powoduje jego „ożywienie” i wytworzenie kolejnych konidiów.

***Entomophaga tipulae* (Fresenius)**

Humber

Owalne konidia $32-46 \times 23-27 \mu\text{m}$ powstają na nierozgałęzionych konidioforach i zawierają 12-25 jąder (Bałazy 1993). W badanym materiale średnia wielkość konidiów pierwotnych wynosiła $35 \times 26 \mu\text{m}$. Nie wytwarza ryzoidów – porażone muchówki przyczepione są do roślin poprzez zgięcie (kontrakcję) kończyn. W Beskidzie gatunek często spotykany na muchówkach z rodziny

Tipulidae zarówno w lasach, jak i w środowiskach otwartych.

***Entomophthora culicis* (Braun) Fresenius**

Konidia charakterystycznego dla całego rodzaju *Entomophthora* dzwonkowatego kształtu określanego w literaturze jako „*truncata-campaniformis*”. Wytwarzane na nierozgałęzionych konidioforach, zawierają 2-3 jądra dobrze barwiące się acetoorceiną. Wymiary konidiów pierwotnych $11-16 \times 7-12 \mu\text{m}$ (Bałazy 1993). Znajdywany na brzegach strumieni (na częściowo zanurzonych w wodzie kawałkach drewna lub kamieniach) na muchówkach z rodziny *Chironomidae*.

***Entomophthora ferdinandi* S.Keller (fot. 2)**

Entomophthora ferdinandi została wyodrębniona z kompleksu gatunków „*Entomophthora muscae*” na podstawie cech morfologicz-



Fot. 2. *Entomophthora ferdinandi* (fot. G. Dubiel).
Photo 2. *Entomophthora ferdinandi* (photo by G. Dubiel).

nych konidiów pierwotnych, które mają wymiary $22-27 \times 18-23 \mu\text{m}$ i zawierają 10-11 jąder (Keller 2002). Badania genetyczne wykazały, że w warunkach naturalnych poszczególne gatunki z kompleksu „*Entomophthora muscae*” są silnie związane z konkretnymi gatunkami lub rodzajami muchówek, choć w laboratorium stosunkowo łatwo zakażeniu ulegają muchówki nie spokrewnione ze zwyczajowym gospodarzem, a nawet owady należące do innych rzędów (Thomsen i Jensen 2002). W Beskidzie *E. ferdinandi* pospolicie występuje na muchówkach z rodziny *Anthomyiidae* przyczepionych do podłoża (często są to kwiatostany roślin baldaszkowatych) przy pomocy ryzoidów wychodzących z okolicy ssawki. Jednorazowo znaleziona też na muchówce z rodziny *Drosophilidae* na szybie okiennej w mieszkaniu.

***Entomophthora schizophorae* Keller & Wilding**

Kolejny gatunek z kompleksu „*Entomophthora muscae*”, wyróżniona na podstawie budowy konidiów. Konidia pierwotne o wymiarach $17-25 \times 12-22 \mu\text{m}$ zawierają niewielką (średnio 4) liczbę jąder (Keller 2002). W Beskidzie Śląskim znajduje się na muchówkach z rodziny *Anthomyiidae* przyczepionych ryzoidami do liści wierzby. Podawana w literaturze także z muchówek z rodzin *Psilidae*, *Calliphoridae*, *Muscidae* i *Hybotidae* (Bałazy 1993). U muchówek z rodzaju *Pollenia* zimujących w grupach, grzyb powoduje wolno rozwijającą się infekcję, która przenosi się pomiędzy owadami. Taka strategia przetrwania przez pasożyta niesprzyjającego okresu może tłumaczyć fakt, że dotychczas nie stwierdzono wytwarzania przez *E. schizophorae*

zarodników przetrwalnikowych (Eilenberg et al. 2013).

***Entomophthora planchoniana* Cornu**

Grzyb występujący na mszycach. Konidia $15-20 \times 13-17 \mu\text{m}$ typu „*truncata-campiformis*”, zawierają 6-8 jąder (Bałazy 1993). W badanym materiale wielkość konidiów wynosiła $18-20 \times 14-15 \mu\text{m}$. Mszyce przy-czepione do podłoża przy pomocy ryzoidów zebranych w pęczki. W Beskidzie znaleziona dotychczas na mszycach z gatunku *Macrosiphum rosae* L. i *Cryptomyzus galeopsidis* Kalt., w literaturze wymieniana także z innych gatunków żywicieli (Bałazy 1993).

***Entomophthora rivularis* S.Keller, Niell & Santamaria**

Jedyny przedstawiciel rodzaju *Entomophthora* pasożytujący na widelnicach *Plecoptera*.

Konidia $22-29 \times 18-23 \mu\text{m}$ (Keller 2007) – w przypadku badanego okazu $24-25 \times 20-21 \mu\text{m}$, zawierające 11-13 jąder. Znaleziona na widelnicy z rodziny *Chloroperlidae* przy-czepionej do dolnej powierzchni liścia klonu przy strumieniu w lesie mieszanym w Bystrej w maju 2014 roku. Prawdopodobnie pierwsze stwierdzenie gatunku w Polsce.

***Entomophthora syrphi* Giard (fot. 3)**

Kolejny gatunek wyodrębniony z kompleksu „*Entomophthora muscae*”, pasożytujący na muchówkach z rodziny bzygowatych *Syrphidae*, najczęściej drobnych gatunkach z rodzajów *Melanostoma*. Konidia pierwotne $28-32 \times 21-27 \mu\text{m}$ zawierają 19-21 jąder (Bałazy 1993). Muchówki przy-czepione do podłoża przy pomocy ryzoidów wyrastających z okolic otworu gębowego. Gatunek wykazuje bardzo duże zróżnicowanie gene-



Fot. 3. *Entomophthora syrphi* (fot. G. Dubiel).

Photo 3. *Entomophthora syrphi* (photo by G. Dubiel).

tyczne, można więc przyjąć, że mamy tu do czynienia raczej z grupą mało zróżnicowanych morfologicznie gatunków o różnym powinowactwie do gospodarzy w obrębie rodziny *Syrphidae* (Thomsen i Jensen 2002).

***Eryniopsis caroliniana* (Thaxter) Humber**
Konidia pierwotne wytwarzane na nierozgałęzionych lub słabo rozgałęzionych konidioforach. Mają zmienny kształt od podłużnie owalnych do niemal cylindrycznych, o szeroko zaokrąglonych końcach, wymiary 15-45 × 10-26 μm (Bałazy 1993), w badanym materiale 26-26 × 11-14 μm, zawierają 4-10 dobrze barwiących się acetoorceiną jąder. Gatunek nie wytwarza ryzoidów, porażone owady przyczepione do roślin przez kontrakcję kończyn. W Beskidzie gatunek stosunkowo często spotykany na muchówkach z rodziny *Tipulidae*.

***Eryniopsis longispora* (Bałazy) Humber**
Od poprzedniego gatunku różni się wydłużonymi, wąskimi i zwykle wygiętymi konidiami o wymiarach 45-75 × 8-10 μm. Konidia zawierają 4-11 jąder (Bałazy 1993). Grzyb pasożytuje na muchówkach długoczułkowych z rodzin *Chironomidae*, *Limonidae*, *Tipulidae* i spotykany jest w wilgotnych środowiskach jak na przykład brzegi strumieni. W Beskidzie Śląskim znaleziony jeden raz, na muchówce z rodziny *Limonidae* na kawałku drewna częściowo zanurzonej w strumieniu w lesie łęgowym w Mesznej.

***Erynia conica* (Nowakowski) Remaudiere & Hennebert**
Rodzaj *Erynia* charakteryzuje się obecnością szerokich (co najmniej dwukrotnie szerszych od konidioforów) strzępek zwanych pseudocystydami. Jednojądrowe konidia pierwotne wytwarzane są na rozgałęzionych konidioforach. W przypadku *E. conica* są one kształtu podłużnie eliptycznego, zwykle wygięte, o wymiarach 27-80 × 12-14 μm (Bałazy 1993). Grzyby te są charakterystyczne dla środowisk bardzo wilgotnych takich jak brzegi strumieni, kałuż i drobnych zbior-

ników wodnych. Porażone owady znajduwane często w dużej liczbie (epizoocje). *Erynia conica* obok *E. ovispora* i *E. variabilis* należy do najczęstszych owadomorkowców stwierdzonych w Beskidzie Śląskim. Gatunki te nierzadko występują wspólnie w tym samym czasie i na tych samych stanowiskach. *E. conica* występuje na drobnych muchówkach długoczułkowych z rodzin *Chironomidae* i *Culicidae*.

***Erynia ovispora* (Nowakowski) Remaudiere & Hennebert**
Konidia pierwotne owalne lub szerokoeliptyczne, 23-28 × 12-14 μm (Bałazy 1993). Gatunek wywołuje epizoocje wśród muchówek zarówno długo-, jak i krótkoczułkowych (*Namatocera* i *Brachycera*) w wilgotnych środowiskach takich jak brzegi strumieni. Muchówki przyczepione są ryzoidami do kawałków drewna lub kamieni tuż przy powierzchni wody. Niektóre okazy znajduwane bywają też u podstawy pni drzew w lesie mieszanym.

***Erynia plecopteri* Descals & Webster**
Konidia pierwotne eliipsoidalne lub maczugowate o bardzo zmiennych wymiarach 16-42 × 10-19 μm (Bałazy 1993), w badanym materiale większość konidiów mieści się w przedziale 23-30 × 12,5-15 μm. Opisano wytwarzanie wodnych konidiów przez grzyby z tego gatunku o kształcie gwiazdzistym (Descals i Webster 1984). Zarodniki przetrwalnikowe o wymiarach 43-42 μm. W Beskidzie gatunek spotykany często na widelnicach *Plecoptera: Nemouridae* na częściowo zanurzonej w wodzie drewnie w górskich strumieniach.

***Erynia rhizospora* (Thaxter) Remaudiere & Hennebert**
Konidia pierwotne maczugowate, proste lub wygięte o wymiarach 30-42 × 8-10 μm (Bałazy 1993). Zarodniki przetrwalnikowe o średnicy 50-60 μm pokryte nieregularną siatką brązowych pogrubiałych strzępek (Bałazy 1993). Istnieją znaczne różnice w

kształcie i wielkości konidiów pierwotnych u poszczególnych okazów w zależności od gatunku żywiciela (obserwacje własne). Grzyb jest pasożytem chruścików *Trichoptera*. *Erynia rhizospora* jest też wymieniana jako pasożyt drobnych muchówek w wilgotnych środowiskach (Keller 2007).

***Erynia variabilis* (Thaxter)
Remaudiere & Hennebert**

Konidia pierwotne o wyjątkowo zmiennych kształtach – od owalnych, gruszkowatych po wąskoeliptyczne i wygięte. Zawsze jednojądrowe jak u wszystkich gatunków z rodzaju *Erynia*. Wymiary 18-30 × 7-11 μm (Bałazy 1993). Gatunek w Beskidzie znajdujący często na muchówkach z rodziny *Psychodidae* na brzegach strumieni lub drobnych zbiorników efemerycznych.

***Furia montana* (Thaxter) Humber**

Rodzaj *Furia* został (razem z rodzajami *Erynia*, *Pandora* i *Zoophthora* s.str.) wydzielony z rodzaju *Zoophthora*. Rodzaje te wytwarzają jednojądrzaste konidia pierwotne o dość zbliżonych kształtach. Ich rozróżnienie wymaga szczegółowego zbadania dodatkowych struktur jak pseudocystydy (bardzo szerokie u *Erynia*), ryzoidy, konidia wtórne i sposób ich wytwarzania. *Furia* charakteryzuje się wytwarzaniem ryzoidów nie grubszych od trzonek konidialnych i nie posiadających przyłg, brakiem szerokich pseudocystyd oraz wytwarzaniem konidiów wtórnych drogą pączkowania (a nie przez wytwarzanie długich trzonek jak w rodzaju *Zoophthora*). *Furia montana* znajduje się na drobnych muchówkach długoczułkowych (głównie *Chironomidae*) w wilgotnych środowiskach, często razem z owadomorkami z rodzaju *Erynia*. Konidia pierwotne jednojądrzaste owalne do szerokomaczugowatych, 18-25 × 11-15 μm (Bałazy 1993). Kształt i zakres wielkości konidiów pokrywają się z *Erynia ovispora*, która występuje także często na *Chironomidae*. Wyraźne różnice stają się widoczne dopiero przy bezpośrednim porównaniu okazów obu gatunków – prze-

cięte konidia *F. montana* są węższe i krótsze (bardziej wysmukłe), w przypadku *E. ovispora* rzucają się w oczy także liczne szerokie pseudocystydy.

***Furia sciarae* (Olive) Humber**

Konidia pierwotne szerokoowalne 18-25 × 12-16 μm (Bałazy 1993). Gatunek często spotykany w Beskidzie na muchówkach z rodziny *Sciaridae* na dolnej powierzchni liści jeżyn i siewek drzew w runie buczyny karpackiej.

***Furia shandongensis* Wang, Lu & Li**

Jeden z trzech gatunków owadomorków pasożytujących na skorkach (*Dermaptera*). Pojedynczy egzemplarz znaleziony został w 2006 roku na dolnej powierzchni liścia jeżyny w lesie mieszanym porastającym Równię k. Bystrej. Weryfikacja gatunku została dokonana przez S. Bałazego. W 2014 r. znaleziono w spróchniałym pniu w Cygańskim Lesie koło Bielska-Białej resztki skórki zawierające zarodniki przetrwalnikowe o gładkiej powierzchni i średnicy 26-43 μm, które być może także reprezentują ten gatunek. Zarodniki przetrwalnikowe innego pasożyta skorków *Furia ellisiana* (Ben-Ze'ev) Humber mają powierzchnię nierówną, płytko dziurkowaną, natomiast u trzeciego patogennego dla skorków gatunku – *Zoophthora forficulae* (Giard) Batko – nie obserwowano do tej pory wytwarzania zarodników przetrwalnikowych.

***Furia vomitoriae* (Rozsypal) Humber**

Konidia pierwotne szeroko owalne, 28-36 × 12-18 μm, wytwarzane na rozgałęzionych konidioforach. Zarodniki przetrwalnikowe bezbarwne, 25-52 μm średnicy, o ścianie pogrubiałej do 2,5 μm (Bałazy 1993). Spotykany na dużych muchówkach z rodzaju *Calliphora*. Gatunek w Krytycznej liście grzybów Polski (Mułenko et al. 2006) widnieje pod nazwą *Pandora vomitoriae* (Rozsypal) Bałazy.

***Pandora dipterigena* (Thaxter) Humber**

Konidia pierwotne elipsoidalne do szeroko-owalnych, $22-30 \times 11-15 \mu\text{m}$ (Bałazy 1993). W Beskidzie spotykany na muchówkach z rodzin *Sciaridae* oraz *Cecidomyiidae* na dolnej powierzchni liści roślin runa leśnego. Razem z wymienionymi wyżej *Erynia ovispora*, *Furia montana* i *Furia sciarae* tworzy grupę bardzo podobnych do siebie grzybów występujących na drobnych muchówkach. W przypadkach pojedynczych lub źle zachowanych okazów pewne oznaczenie może być czasem niemożliwe.

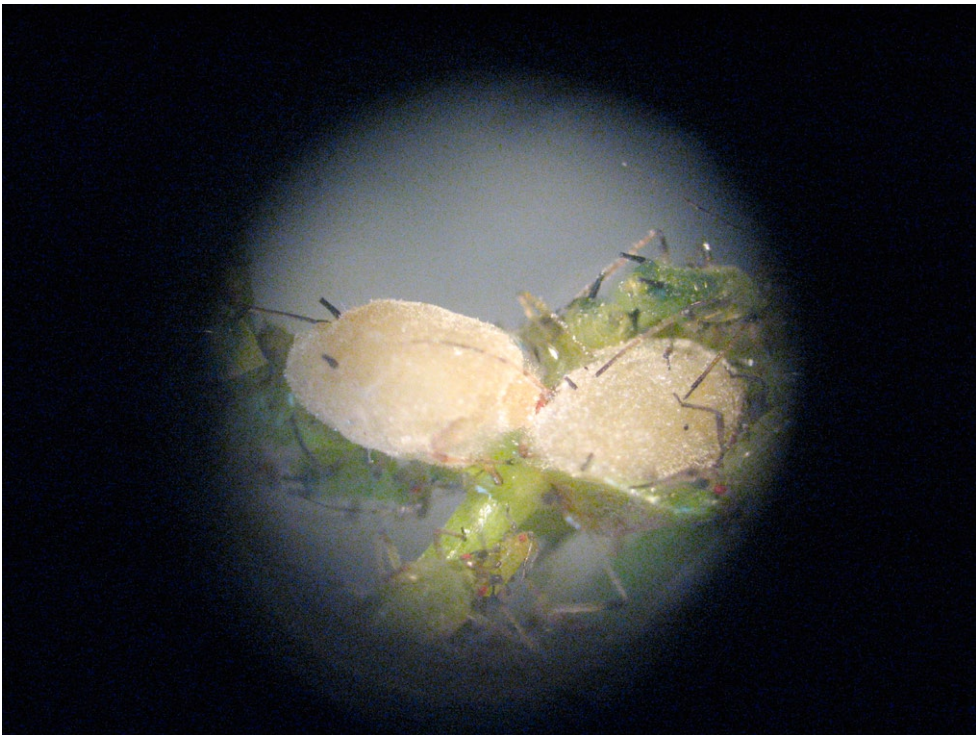
***Pandora neoaphidis* (Remaudiere & Hennebert) Humber (fot. 4)**

Pospolity gatunek atakujący liczne gatunki mszyc. Konidia pierwotne owalne do szerokoelipsoidalnych, $21-32 \times 11-14 \mu\text{m}$ (Bałazy 1993). Owady przyczepione do powierzchni

roślin żywicielskich przy pomocy ryzoidów. Porażone mszyce zwykle lokalizują się na dolnej powierzchni liści w górnych partiach rośliny, co sprzyja przenoszeniu zakażenia (Jensen et al. 2001). W Beskidzie stwierdzony dotychczas na *Macrosiphum rosae* L., *Cryptomyzus galeopsidis* Kalt. i mszycach z rodzaju *Impatientinum*. Jest tu najczęściej spotykanym owadomorkowcem powodującym epizoocje w zagęszczonych skupiskach mszyc.

***Zoophthora geometralis* (Thaxter) Batko**

Konidia pierwotne *Zoophthora geometralis* mają wymiary $15-22 \times 10-12 \mu\text{m}$, kształt owalny do elipsoidalnego i zawierają pojedyncze jądro (Bałazy 1993). Gatunek stwierdzony w Beskidzie do tej pory tylko raz – na małym białym motyłu z rodziny *Geometridae* przytwierdzonym do liścia klonu w lesie



Fot. 4. *Pandora neoaphidis* (fot. G. Dubiel).
Photo 4. *Pandora neoaphidis* (photo by G. Dubiel).

mieszanym. Rodzaj *Zoophthora* charakteryzuje się wytwarzaniem konidiów wtórnych na długich i cienkich szypułkach (tzw. kapilispori) oraz wytwarzaniem ryzoidów w gęstych pęczkach zwanych pseudoryzomorfi.

***Neozygites fresenii* (Nowakowski) Remaudiere & S.Keller**

Rodzaj *Neozygites* charakteryzuje się wytwarzaniem konidiów pierwotnych o nieco przyciemnionej ścianie, zawierających od 4 do 8 jąder. Konidia te, o ściętej papilli przypominają nieco kształtem konidia *Entomophthora*, natomiast konidia wtórne wytwarzane są na długich szypułkach (kapilispori), jak w rodzaju *Zoophthora* i u niektórych przedstawicieli rodzaju *Conidiobolus*. Konidia pierwotne zwykle 4-jądrowe, 18-20 × 15-18 μm (Bałazy 1993). *Neozygites fresenii* jest patogenem mszyc. W Beskidzie stwierdzany na czarnych mszycach z kompleksu gatunków „*Apis fabae*” żerujących na przytulii *Galium sp.*

Podsumowanie

Owadomorkowce w Beskidzie Śląskim były znajdowane regularnie, głównie od maja do października. Dane dotyczące fenologii stwierdzonych dotychczas gatunków owadomorkowców podsumowano w tabeli 1. Przedstawiony wykaz z całą pewnością nie obejmuje wszystkich przedstawicieli *Entomophthorales*, które występują na badanym terenie. Wymienione w tekście *Entomophthora planchoniana*, *Pandora neoaphidis* i *Neozygites fresenii* są najczęstszymi patogenami mszyc wśród owadomorkowców, należy się jednak spodziewać występowania kolejnych, gdyż z terenu pobliskiej Słowacji wykazano ich dotychczas aż 16 gatunków

(Barta i Cagan 2006, Barta 2009). Prowadzone przez autora poszukiwania nie miały charakteru intensywnych i regularnych badań, dotyczyły też jedynie wybranych środowisk, nie reprezentujących wszystkich możliwych niszy ekologicznych, w których spodziewać się można występowania owadomorkowców. Dzięki wieloletniej pracy Profesora Stanisława Bałazego stan poznania *Entomophthorales* w naszym kraju można uważać za dobry. Jednak wiele gatunków grzybów patogennych dalej czeka na swoje odkrycie. Szczególnie owocne w tym zakresie mogą być poszukiwania gatunków patogennych dla mikro- i mezofauny środowisk wilgotnych.

Pięć spośród wymienionych w pracy gatunków (*Entomophthora ferdinandi*, *E. rivularis*, *Furia montana*, *F. shandongensis* oraz *Zoophthora geometralis*) nie jest ujętych na Liście krytycznej grzybów Polski (Mułenko et al. 2008). *Entomophthora ferdinandi* i *Furia montana* są w Beskidzie Śląskim często spotykane, brak wzmianek w literaturze może wynikać zatem jedynie z ich podobieństwa do innych gatunków. *Furia shandongensis* oraz *Zoophthora geometralis* były już znajdowane w innych rejonach kraju (Bałazy, informacja ustna), natomiast *Entomophthora rivularis* została prawdopodobnie znaleziona w Polsce po raz pierwszy.

Przedstawiony wykaz gatunków nie obejmuje okazów znajdujących się w zbiorach autora, których nie udało się oznaczyć z całą pewnością – *Pandora sp.* z larw pluskwiaka *Coreus marginatus*, *Entomophthora sp.* z piewików, *Batkoa sp.* z larw świetlika, czy *Strongwellsea sp.* z muchówek z rodziny *Sarcophagidae* i *Rhinophoridae*. Świadczy to o celowości prowadzenia dalszych badań nad tą niezwykle ciekawą grupą pasożytniczych grzybów i daje nadzieję na odnalezienie nowych dla nauki taksonów.

LITERATURA

- BALAŻY S. 1993. Flora of Poland. Fungi (Mycota) vol. XXIV Entomophthorales. Polska Akademia Nauk. Instytut Botanik im. W. Szafera.
- BARTA M., CAGÁN L. 2006. Observations on the occurrence of Entomophthorales infecting aphids (Aphidoidea) in Slovakia. *BioControl* 51, 6: 795-808.
- BARTA M. 2009. Entomophthorean fungi associated with aphids in woody plants in the Arboretum Mlyňary SAS. *Folia Eoecologica* 36, 1: 1-6.
- BIDOCHKA M.J., WALSH S.R.A., RAMOS M.E., ST LEGER R.J., SILVER J.C., ROBERTS D.W. 1995. Pathotypes in the *Entomophaga grylli* species complex of grasshopper pathogens differentiated with random amplification of polymorphic DNA and cloned-DNA probes. *Appl Environ Microbiol* 61: 556-560.
- DESCALS E., WEBSTER J. 1984. Branched aquatic conidia in *Erynia* and *Entomophthora sensu lato*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 83, 4: 669-682.
- EILENBERG J., THOMSEN L., JENSEN A.B. 2013. A Third Way for Entomophthorean Fungi to Survive the Winter: Slow Disease Transmission between Individuals of the Hibernating Host. *Insects* 4: 392-403.
- HUMBER R.A. 2008. Evolution of entomopathogenicity in fungi. *J. Invertebr. Pathol.* 98: 262-266.
- JENSEN A.B., GARGAS A., EILENBERG J., ROSENDAHL S. 1998. Relationship of the Insect-Pathogenic Order Entomophthorales (Zygomycota, Fungi) Based on Phylogenetic Analyses of Nuclear Small Subunit Ribosomal DNA Sequences (SSU rDNA). *Fungal Genet. Biol.* 24: 325-334.
- JENSEN M.A., LOSEY J.E., HAJEK A.E. 2001. Altered behavior and distribution of pea aphids *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae), infected with *Pandora neoaphidis* (Zygomycetes: Entomophthorales). *BioControl* 46: 337-343.
- KELLER S. 2002. The genus *Entomophthora* (Zygomycetes, Entomophthorales) with a description of five new species. *Sydowia* 54, 2: 157-197.
- KELLER S., PETRINI O. 2005. Keys to the identification of the arthropod pathogenic genera of the families Entomophthoraceae and Neozygitaceae (Zygomycetes) with description of three new subfamilies and a new genus. *Sydowia* 57, 1: 23-53.
- KELLER S. (Ed.). 2007. Arthropod-pathogenic Entomophthorales: Biology, Ecology, Identification. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- MÉNDEZ SÁNCHEZ S.E., HUMBER R.A., LAGE FREITAS A., PINHEIRO A.M.C.M. 2010. *Batkoa apiculata* (Thaxter) affecting *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in the municipality of Una, Southern Bahia, Brazil. *Entomotropica* 25, 2: 63-68.
- MUŁENKO W., MAJEWSKI T., RUSZKIEWICZ-MICHALSKA M. 2008. A Preliminary Checklist of Micromycetes in Poland. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences
- MÜLLER F.P. 1976. Mszyce – szkodniki roślin. Instytut Zoologii PAN.
- THOMSEN L., JENSEN A.B. 2002. Application of nested-PCR technique to resting spores from the *Entomophthora muscae* species complex: implications for analyses of host-pathogen population interactions. *Mycologia* 94, 5: 794-802.
- UNWIN D.M. 1981. A Key to the Families of British Diptera. *Field Studies* 5: 513-553.
- WEBSTER J., WEBER R. 2007. Zygomycetes. In: *Introduction to Fungi*. Cambridge University Press: 202-217.
- WHITE M.M., JAMES T.Y., O'DONELL K., CAFARO M.J., TANABE Y., SUGIYAMA J. 2006. Phylogeny of the Zygomycota based on nuclear ribosomal sequence data. *Mycologia* 98, 6: 872-84.

Summary

In the years 2006-2015 in Beskid Śląski Mts occurrence of 26 fungi species of the order *Entomophthorales* which parasitize 10 orders of invertebrates. The most frequent are the genera *Entomophthora* (6 species), *Erynia* (5 species) and *Entomophaga* (4 species). The highest number of *Entomophthorales* species was determined on dipterans (15 species) and homopterans (4 species). *Entomophthorales* were encountered throughout the entire vegetative season and the number of species was most prolific in the period from June to August. Humid environments abound with fungi of the genus *Erynia*, while in the meadow habitats most frequent are species of the genera *Entomophthora*, *Batkoa* and *Entomophaga*. Such species as *Entomophthora ferdinandi*, *Erynia conica*, *E. ovispora*, *E. plecopteri* and *Pandora neoaphidis* are capable of causing epizootion in dense populations of susceptible hosts. Five of the fungi species mentioned in the paper (*Entomophthora ferdinandi*, *E. rivularis*, *Furia montana*, *F. shandongensis* and *Zoophthora geometralis*) are not listed in the critical list of fungi in Poland. Further species of *Entomophthorales* may be expected in Beskid Śląski Mts, particularly in the populations of small invertebrates in humid environments.

Adres autora:

Grzegorz Dubiel
ul. Fałata 2d/2
43-360 Bystra
e-mail: gdubiel@o2.pl