

HENRYK MALINOWSKI

Aktywność grzybów entomopatogennych wobec leśnych foliofagów i kambiofagów

Activity of entomopathogenic fungi against forest insects feeding on leaves, bark and cambium

ABSTRACT

Malinowski H. 2011. Aktywność grzybów entomopatogennych wobec leśnych foliofagów i kambiofagów. Sylwan 155 (3): 188-194.

The paper presents results of various experiments on the use of entomopathogenic fungi (e.g. *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium* spp.) to control leaf feeding insects (*Lymantria* spp., *Dendrolimus pini*, *Cephalcia abietis*, *Diprionidae*) and insects feeding on bark and cambium (*Hylobius* spp., *Scolytinae*)

KEY WORDS

biological control, forest harmful insects, entomopathogenic fungi

ADDRESSES

Henryk Malinowski – e-mail: H.Malinowski@ibles.waw.pl

Zakład Ochrony Lasu; Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3; 05-090 Raszyn

Wstęp

Wprowadzenie od 2014 roku obowiązku stosowania zasad integrowanej ochrony roślin [Dyrektywa... 2009] wymaga dostosowania polskiego leśnictwa w tym zakresie do nowych wymagań Unii Europejskiej (UE). Integrowana ochrona roślin polega na łączeniu różnych metod i środków, a zwłaszcza na wykorzystaniu w większym stopniu metod profilaktycznych, mechanicznych, agrotechnicznych i biologicznych. Dopuszcza się stosowanie środków chemicznych w tych przypadkach, gdy inne metody są nieskuteczne.

W państwach UE, w tym w Polsce, w niewielkim stopniu wykorzystuje się w praktyce ochrony roślin przed owadami metody biologiczne oparte na grzybach entomopatogennych. Ten kierunek ochrony roślin jest interesujący ze względu na to, że biopreparaty zawierające grzyby entomopatogenne – według opinii specjalistów trzech konsorcjów UE – nie stwarzają zagrożenia dla ludzi i zwierząt ani dla środowiska [Strasser, Pernfuss 2005; Malinowski 2009a]. Z praktycznego punktu widzenia szczególnie interesujące są grzyby zaliczane do umownie wydzielonej grupy w randze typu grzybów mitosporowych *Deuteromycota*, zwanych do niedawna niedoskonałymi [Bałazy 2006]. Obecnie grzyby te są zaliczane do workowców *Ascomycota* (<http://www.indexfungorum.org/Names/fundic.asp>). Są to między innymi takie gatunki jak *Beauveria brongniartii*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* czy *Lecanicillium* spp. Ta grupa grzybów może być hodowana na sztucznych pożywkach, co ma duże znaczenie w praktycznym ich stosowaniu.

W środowisku leśnym grzyby entomopatogenne mają odpowiednie warunki, szczególnie pod względem wilgotności. Liczba gatunków tych grzybów wykazywana ze zbiorowisk leśnych przekracza 150, na obszarach rolniczych (łącznie z łąkami i zbiorowiskami roślinności zielnej

i drzewiastej na tzw. gruntach marginalnych) waha się od 60 do 75, a na gruntach ornych – od 10 do 25 [Bałazy 2006]. W borach sosnowych na piaszczystych glebach dominują dwa gatunki grzybów mitosporowych: *Beauveria bassiana* i *Paecilomyces farinosus*. Stosunkowo bogate i podobne w różnych drzewostanach są zespoły grzybów infekujące owady i roztozce towarzyszące kambio- i ksylofagom w żerowiskach pod korą drzew. Oprócz wymienionych gatunków owady kambio- i ksylofagiczne są infekowane przez takie gatunki jak *Hirsutella haptospora*, *H. nodulosa*, *H. rostrata*, *H. cf. brownorum* oraz grzyby z rodzajów *Lecanicillium*, *Simplicillium*, *Acremonium* [Bałazy 2006].

W poprzednich publikacjach przedstawiono stan badań nad grzybami entomopatogennymi jako insektycydami w ochronie lasu [Malinowski 2009a], mechanizm infekowania nimi owadów i czynniki wpływające na infekcję [Malinowski 2009b] oraz ich skuteczność w ograniczaniu liczebności owadów uszkodzających systemy korzeniowe [Malinowski 2010]. Celem niniejszej pracy jest zaprezentowanie wyników badań różnych autorów, dotyczących aktywności tej grupy grzybów w ochronie lasu przed owadami liściożernymi i owadami żerującymi na korze i miazdze. Uważa się, że owady liściożerne nie mają jeszcze wykształconej naturalnej tolerancji w stosunku do grzybów entomopatogennych i w związku z tym wymienione czynniki biologiczne mogą być wykorzystane przede wszystkim do zwalczania tej grupy owadów. W USA, handlowe formułacje biopreparatów grzybowych zawierających *Beauveria bassiana*, produkowane przez Mycotech Corporation (Mycotrol, Mycotrol O, BotaniGard ES, BotaniGard 22 WP) i Troy BioSciences (Naturalis TNO), są przeznaczone do stosowania nalistnego przeciwko owadom liściożernym. Należy nadmienić, że biopreparat BotaniGard ES jest zarejestrowany również do ochrony lasu.

Aktywność grzybów entomopatogennych wobec foliofagów

OWADY Z RZĘDU BŁONKÓWEK (*HYMENOPTERA*). W warunkach naturalnych grzyby entomopatogenne często zakażają owady z rzędu błonkówek. W latach siedemdziesiątych XX wieku obserwowano wysoką śmiertelność borecznika podobnego (*Diprion similis* Hrtg.) w kujawskich i południowo-mazurskich drzewostanach sosnowych, spowodowaną przez *Entomophaga diprionis*. Wyniki badań przeprowadzonych w Niemczech [Urban 1965] oraz w Polsce [Świeżyńska, Górnaś 1976] wykazały, że zimujące w kokonach larwy borecznika sosnowca (*Diprion pini* L.) były silnie zainfekowane przez *B. bassiana* i *P. farinosus*. Dominującym gatunkiem, powodującym infekcje u 85% larw, był *B. bassiana*. W latach 1994 i 1995 w drzewostanach sosnowych Nadleśnictw Sarnaki i Chotyłów grzyby entomopatogenne infekowały od 12,3 do 52,2% larw borecznika sosnowca w kokonach [Tkaczuk, Miętkiewski 1998]. Z larw tych wymienieni autorzy wyizolowali następujące gatunki grzybów: *B. bassiana*, *P. farinosus*, *P. fumosoroseus* oraz nieoznaczony gatunek z rodzaju *Entomophaga*. W Nadleśnictwie Sarnaki dominował *B. bassiana* infekujący do 85,2% ogólnej liczby opanowanych przez grzyby larw. Natomiast w Nadleśnictwie Chotyłów najczęściej izolowany był nieoznaczony do gatunku grzyb z rodzaju *Entomophaga*, który infekował 74% larw. Sierpińska [2008] uzyskała z kokonów 3 gatunków boreczników (*Diprionidae*) 63 izolaty grzybów mitosporowych, należące do 3 gatunków *B. bassiana* (27 izolatów z kokonów borecznika podobnego (*D. similis*), 18 izolatów z kokonów borecznika krzewiana (*Diprion frutetorum* Fabr.) i 4 izolaty z kokonów borecznika największego (*Macrodiprion nemoralis* Ensl.), *P. farinosus* (3 izolaty z kokonów borecznika podobnego i 10 izolatów z kokonów borecznika krzewiana) oraz *Lecanicillium* sp. (1 izolat z kokonu borecznika podobnego). Najwyższą aktywność w stosunku do larw *Galeria mellonella* (86-91% śmiertelności) wykazały izolaty grzybów mitosporowych uzyskane z kokonów borecznika największego, średnią (61-81% śmiertelności) – izolaty z kokonów borecznika podobnego, zaś najniższą (21-67% śmiertelności) – izolaty z kokonów borecznika

krzewiana. Można stwierdzić, że wśród uzyskanych z kokonów boreczników izolatów grzybów mitosporowych występują takie, które charakteryzują się wysoką aktywnością owadobójczą i mogą znaleźć zastosowanie do zwalczania tej grupy szkodliwych owadów leśnych.

Markowa [2000] przeprowadziła badania nad możliwością wykorzystania grzybów entomopatogennych do zwalczania zasnuj świerkowej (*Cephalcia abietis* L.). Zbadała podatność na zakażenie diapauzujących larw wymienionego gatunku różnymi szczepami grzybów *B. bassiana* i *P. farinosus*, z uwzględnieniem różnej wilgotności względnej powietrza. W przypadku *B. bassiana* najwyższą śmiertelność uzyskano przy wilgotności względnej 100%, przy czym różnice w śmiertelności były nieznaczne (LT_{50} wynosiło 7-8 dni). Grzyb *P. farinosus* powodował szybszą infekcję u larw zasnuj świerkowej. LT_{50} wahało się między 1,4 i 3 dni, niezależnie od badanej wilgotności względnej powietrza. Wyniki wskazują, że jest możliwe ograniczanie liczebności zasnuj za pomocą wymienionych gatunków grzybów. Progresywną korelację między zakażeniem korników przez grzyby *B. bassiana*, *P. farinosus* i *M. anisopliae* i względną wilgotnością powietrza uzyskał także Doberski [1981].

OWADY Z RZĘDU MOTYLI (*LEPIDOPTERA*). W warunkach naturalnych wiele gatunków leśnych owadów liściożernych z rzędu motyli ulega infekcji grzybami entomopatogennymi w takim stopniu, że następuje istotne ograniczenie ich liczebności. *Entomophaga auliacae* występujący względnie regularnie w środkowej Europie, w tym w Polsce, w końcowych fazach gradacji strzygoni choinówki i kuprówki rudnicy ogranicza liczebność tych gatunków [Bałazy 2006]. Pokrewny gatunek grzyba, *E. maimaiga*, który został opisany w Japonii i sprowadzony do Stanów Zjednoczonych, w warunkach naturalnych skutecznie ogranicza liczebność brudnicy nieparki.

Próby ograniczania liczebności szkodliwych dla lasu gąsienic motyli za pomocą grzybów mitosporowych dały zróżnicowane wyniki. Badania Majchrowicz i Yendol [1973] wykazały, że spośród 21 testowanych grzybów tylko 6 było patogenicznych dla brudnicy nieparki. Badania laboratoryjne podatności gąsienic brudnicy nieparki (*Lymantria dispar* L.) na zainfekowanie różnymi szczepami grzybów *B. bassiana*, *P. farinosus*, *M. anisopliae* i z rodzaju *Lecanicillium* wykazały, że tylko jeden szczep *B. bassiana*, stosowany w dawce $3,8 \times 10^7$ konidiów/ml, infekował testowane gąsienice L_1 oraz $L_{2,3}$ brudnicy, lecz działał wolno [Markowa 2000]. Wskazują na to wartości LT_{50} , które wynoszą L_1 – około 11 dni, a $L_{2,3}$ – około 20 dni. Całkowita śmiertelność L_1 wynosiła 83,6%, zaś $L_{2,3}$ – 76,6%. Spośród różnych sposobów aplikacji grzyba (opryskiwanie, zanurzanie, opylanie) tylko suche zarodniki tego szczepu dały wynik pozytywny. Pozostałe szczepy badanych gatunków grzybów nie infekowały gąsienic brudnicy nieparki. Wyniki te są zbieżne z wcześniejszymi badaniami Majchrowicz i Yendol [1973].

Przeszkodą w infekowaniu gąsienic motyli grzybami entomopatogennymi może być naturalna flora bakteryjna ich kutikuli. W doświadczeniach, w których pozbawiono gąsienice brudnicy nieparki naturalnej flory bakteryjnej, wykazano, że są one wysoce wrażliwe na zakażenie omawianymi grzybami [Wasti, Hartmann 1975, 1982]. Wymieniona bariera obronna może nie mieć znaczenia w przypadku znalezienia wysoce zjadliwego szczepu grzyba. Potwierdzeniem tego jest stosowanie w Chinach na dużą skalę biopreparatu, zawierającego szczep *B. bassiana*, który daje skuteczność w granicach 70-90% w zwalczaniu miejscowego gatunku brudnicy [Feng i in. 1994]. Badania krajowe [Boguś i in. 2007] nad aktywnością grzyba *Conidiobolus coronatus* w stosunku do gąsienic barczatki sosnowki również potwierdzają powyższe obserwacje. Ekspozycja gąsienic siódmego stadium barczatki na sporulujący grzyb *C. coronatus* spowodowała wysoką śmiertelność po 2-5 dniach. Badania mikroskopowe wykazały, że jama ciała gąsienic była całkowicie wypełniona strzępkami grzyba, a organy wewnętrzne uszkodzone.

Aktywność grzybów entomopatogennych wobec kambiofagów

OWADY Z RZĘDU CHRZĄSZCZY (*COLEOPTERA*). Szeliniak sosnowiec (*Hylobius abietis* L.) ogryzający korę młodych sadzonek jest groźnym szkodnikiem upraw sosnowych. Dotychczas nie opracowano skutecznej metody biologicznej – poza niszczeniem pniaków za pomocą *Phlebia gigantea* – ograniczającej populację tego owada. Podjęte badania nad możliwością wykorzystania różnych szczepów *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. farinosus* i z rodzaju *Lecanicillium* do infekowania chrząszczy tego gatunku owadów wykazały, że dwa szczepy, jeden *M. anisopliae* i jeden *B. bassiana*, charakteryzowały się wysoką infekcyjnością [Markowa 2000]. LT_{50} wynosiło odpowiednio 4,9 i 7,4 dnia. Grzyb *M. anisopliae* powodował szybką śmiertelność chrząszczy szeliniaka przy dawce $4,9 \times 10^6$ konidiów/ml – 100% śmiertelności uzyskano w ciągu 9 dni. Dane te potwierdzają wyniki wcześniejszych badań [Walstad, Anderson 1971], w których otrzymano dobrą infekcyjność izolatów *B. bassiana* i *M. anisopliae* w odniesieniu do chrząszczy szeliniaka *Hylobius pales* L. 100% śmiertelności uzyskano odpowiednio po 5 i 6, 8 dniach. Izolaty wymienionych grzybów wykazały zadowalającą skuteczność w doświadczeniach polowych.

Korniki (*Scolitinae*) należą do najgroźniejszych dla lasu szkodników wtórnych. Badania nad możliwością infekowania korników grzybami entomopatogennymi były prowadzone przez wielu autorów [Bałazy 1966; Mills 1983; Prazak 1991; Zimmermann 1994; Markowa 2000; Wegensteiner 2000]. Stwierdzono, że grzyby te, zwłaszcza *B. bassiana*, mogą infekować wiele gatunków korników. W badaniach laboratoryjnych [Markowa 2000] stwierdzono, że śmiertelność chrząszczy kornika drukarza (*Ips typographus*), spowodowana przez testowane szczepy *B. bassiana*, *P. farinosus*, *M. anisopliae* i z rodzaju *Lecanicillium* była bardzo wysoka. Wartość LT_{50} dla najbardziej patogenicznego izolatu *M. anisopliae* wynosiła 2,6 dnia, a 100% śmiertelności uzyskano w ciągu 4 dni. Dla najmniej patogenicznych izolatów *Lecanicillium* spp. wartość LT_{50} wynosiła 5,5 dnia, a całkowita śmiertelność – 90%. W wymienionych badaniach stosowano grzyby w koncentracji 4,6 do $6,9 \times 10^5$ konidiów/ml. W innych badaniach prezentowanych na 41. Spotkaniu Stowarzyszenia Patologii Bezkręgowców i 9. Międzynarodowej Konferencji dotyczącej *Bacillus thuringiensis* (2008 rok) wykazano, że *B. bassiana* stosowana do traktowania kory świerka orientального (*Picea orientalis* Link.) w dawce $3,2 \times 10^5$ konidiów/ml była bardzo skuteczna wobec kornika drukarza (79,5-91,2% śmiertelności), natomiast *B. bronngniartii* w dawce $3,2 \times 10^6$ konidiów/ml charakteryzowała się słabszym działaniem (33,3-45% śmiertelności).

Wykonano szereg badań nad łącznym zastosowaniem grzybów entomopatogennych i pułapek feromonowych do odławiania kornika drukarza [Zimmermann 1994]. W pracach tych chodziło o zainfekowanie zarodnikami *B. bassiana* korników złowionych do handlowych pułapek feromonowych, a następnie umożliwienie tym owadom opuszczenie pułapek i kontaktowania się z innymi osobnikami w celu rozprzestrzenienia grzyba w populacji przez przeniesienie zarodników z owadów zainfekowanych na owady zdrowe. Zastosowane konidia i blastospory *B. bassiana* spowodowały wysoką śmiertelność kornika drukarza. Badania terenowe potwierdziły wyniki uzyskane w badaniach laboratoryjnych. Korniki zainfekowane grzybem w pułapkach feromonowych, a następnie uwolnione, zamierały przed umiejscowieniem się w korze świerków [Kreutz i in. 2000]. Wyniki opisanych badań stanowią potwierdzenie wyników wcześniej wykonanych doświadczeń z drwalnikiem paskowanym *Trypodendron lineatum* [Prazak 1991, 1997], w których przenoszenie zarodników *B. bassiana* na partnerów seksualnych, zainfekowanie tym grzybem drzew odpowiednich do rozwoju owadów i miejsc zimowania było możliwe i efektywne.

W warunkach laboratoryjnych zbadano również wrażliwość czterooczaka świerkowca (*Polygraphus polygraphus* L.) na infekcję *B. bassiana* i *B. bronngniartii* [Wegensteiner 2000]. *B. bassiana*

był bardziej efektywny niż *B. brongniartii* prawie we wszystkich przypadkach, gdy chrząszcze miały ograniczony kontakt z grzybami oraz przy bezpośredniej inokulacji w temperaturze 20°C. Przy obu grzybach uzyskano wysoki poziom infekcji, nawet przy krótkim okresie kontaktu. Inkubacja owadów w trzech zakresach temperatury (10-13, 20-23 oraz 30-33°C) spowodowała wyższy poziom infekcji w większości przypadków po inokulacji zarodnikami *B. bassiana* w formie proszku lub emulsji. Średni czas przeżycia owadów był najdłuższy przy temperaturze najniższej. Średni czas zamierania owadów był krótki po inokulacji różnymi koncentracjami zarodników w formie proszku, szczególnie przy najwyższej koncentracji (5×10^6 konidiów/g).

Wrażliwość korników na infekcję grzybami może być związana z brakiem w ich kutikuli niektórych lipidów, zapobiegających kiełkowaniu zarodników lub utrudniających ten proces i przenikanie strzępki grzyba do jamy ciała owadów [Hunt 1986]. Jednakże uzyskiwanie wysokiej skuteczności przy praktycznym stosowaniu biopreparatów grzybowych przeciwko chrząszczom nie jest łatwe ze względu na ich grubą kutikulę, która utrudnia penetrację grzyba do organizmu. Spośród innych czynników, wpływających na skuteczność zwalczania chrząszczy preparatami grzybowymi, należy wymienić krótki czas, w jakim chrząszcze są ekspozowane na zakażenie grzybami oraz niejednoczesne wychodzenie nowo wylęgających się chrząszczy z kolebek poczwarkowych, a także ukryty pod korą drzew rozwój larw. Przedstawione wyniki wskazują jednak, że jest możliwe wykorzystanie testowanych grzybów do ograniczania liczebności szkodliwych owadów z rzędu chrząszczy, jak szeliniak sosnowiec i korniki.

Podsumowanie

Obecnie szczepy około 30 gatunków grzybów entomopatogennych stanowią czynniki aktywne zarejestrowanych na świecie bioinsektycydów, wykorzystywanych na skalę komercyjną. Biorąc pod uwagę śmiertelność testowanych owadów leśnych, spowodowaną przez takie grzyby entomopatogenne jak *B. bassiana*, *B. brongniartii*, *M. anisopliae* i z rodzaju *Lecanicillium* w doświadczeniach laboratoryjnych i terenowych można stwierdzić, że zwalczanie leśnych owadów liściożernych, zasnuj i boreczników za pomocą wymienionych grzybów jest obiecujące. Możliwe jest także wykorzystanie tych grzybów do zwalczania gąsienic szkodliwych motyli w okresach gradacyjnych. Niektóre gatunki badanych grzybów mogą być również stosowane do zwalczania owadów żerujących na korze i miazdze.

Sprawą najważniejszą jest znalezienie odpowiednio zjadliwego szczepu grzyba, przystosowanego do panujących na danym terenie warunków oraz opracowanie odpowiedniej dla danego typu zabiegów formy użytkowej. O tym, że istnieją takie możliwości, świadczą zabiegi przeciwko szarańczy wędrowniej (*Locusta migratoria*) i innym szkodliwym owadom w Afryce. Okazało się, że jest możliwe znalezienie szczepu grzyba o wysokiej aktywności owadobójczej w warunkach wysokiej temperatury i niskiej wilgotności. Badania przeprowadzone w Nigerii [Bateman i in. 1993; Bateman 1994] wykazały, że z lipofilnych konidiów *Metarhizium* spp. i innych grzybów niedoskonałych mogą być sporządzone formułacje olejowe do zabiegów ultraniskoobjętościowych (ULV) (poniżej 5 l/ha), wykonywanych konwencjonalną aparaturą zainstalowaną na samolotach. Formułacja do oprysków ULV, zawierająca wyselekcjonowany izolat *Metarhizium flavoviridae* (Gams and Rozsypal) była bardzo infekcyjna w stosunku do wielu gatunków owadów, w tym szarańczy w temperaturze 30°C i wilgotności względnej powietrza 35%.

Literatura

Bałaży S. 1966. Living organisms as regulators of population density of bark beetles in spruce forest with special reference to entomopatogenous fungi. I. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Prace Kom. Nauk Roln. Les. 21: 3-50.

- Bałaży S. 2006. Rozpoznanie i próby oszacowania roli grzybów entomopatogenicznych w drzewostanach. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej* 14 (4): 154-165.
- Bateman R. P. 1994. Physical properties and atomisation of ULV formulations of myco-insecticides. *IOBC/WPRS Bulletin* 17 (3): 189-192.
- Bateman R. P., Carey M., Moore D., Prior C. 1993. The enhanced infectivity of *Metharhizium flavoviridae* in oil formulations to desert locusts at low humidities. *Ann. Appl. Biol.* 122: 145-152.
- Bogus M. I., Kędra E., Bania J., Szezepanik M., Czygier M., Jabłoński P., Pasztaleniec A. 2007. *Dendrolimus pini*, *Galeria melonella*, and *Calliphora vicina* against fungal infection. *J. Insect Physiology* 53: 909-922.
- Doberski J. W. 1981. Comparative laboratory studies on three fungal pathogens of the elm bark beetle *Scolytus scolytus*. II. Efekt of temperature and humidity on infection by *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Pacilomyces farinosus*. *J. Invertebr. Pathol.* 37: 195-200.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy 2009/128/WE z dnia 21.10.2009.
- Feng M. G., Poprawski T. J., Khachatourians G. G. 1994. Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status. *Biocontrol Sci. Technol.* 4: 3-34.
- Hunt D. W. A. 1986. Absence of fatty acid germination inhibitors for conidia of *Beauveria bassiana* on the integument of the bark beetle *Dendrocrotonus ponderosa* (Coleoptera: Scolytidae). *Erratum* 118: 283-286.
- Kreutz J., Zimmermann G., Marohn H., Vaupel O., Mosbacher G. 2000. Preliminary investigations on the use of *Beauveria bassiana* (Bals.) and other control methods against the bark beetle *Ips typographus* L. (*Col.*, *Scolytidae*) in the field. *IOBC/WPRS Bull.* 23 (2): 167-173.
- Majchrowicz L., Yendol W. G. 1973. Fungi isolated from the gypsy moth. *J. Econ. Entomol.* 66 (3): 823-834.
- Malinowski H. 2009a. Entomopatogenne grzyby jako insektycydy w ochronie lasu. *Progress in Plant Protection* 49 (2): 865-873.
- Malinowski H. 2009b. Możliwości ochrony lasu przed owadami uszkadzającymi systemy korzeniowe metodą biologiczną z wykorzystaniem grzybów entomopatogennych. I. Mechanizm zakażenia owadów grzybami entomopatogennymi i czynniki wpływające na infekcje. *Sylwan* 153 (12): 795-804.
- Malinowski H. 2010. Możliwości ochrony lasu przed owadami uszkadzającymi systemy korzeniowe metodą biologiczną z wykorzystaniem grzybów entomopatogennych. II. Skuteczność bioinsektycydów grzybowych w ograniczaniu liczebności pędraków chrabąszczy (*Melolontha* spp.) i innych szkodników korzeni. *Sylwan* 154 (1): 15-23.
- Markowa G. 2000. Pathogenicity of several entomogenous fungi to some of the most serious forest insect pests in Europe. *IOBC/WPRS Bull.* 23 (2): 231-239.
- Mills N. J. 1983. The natural enemies of scolytids infesting conifer bark in Europe in relation to the biological control of *Dendrocrotonus* spp. in Canada. *CIBC Biocontrol News Info.* 4: 305-328.
- Prazak R. 1991. Studies on the indirect infection of *Trypodendron lineatum* Oliv. with *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *J. Appl. Ent.* 111: 431-441.
- Prazak R. 1997. Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (*Deuteromycotina: Hyphomycetes*) against *Trypodendron lineatum* Oliv. (*Coleoptera: Scolytidae*). *J. Plant Diseases and Protection* 194: 459-465.
- Sierpińska A. 2008. Możliwości wykorzystania entomopatogenicznych bakterii i grzybów w ograniczaniu liczebności populacji rośliniarnek. Sprawozdanie z tematu 24 13 18. Zakład Ochrony Lasu, Instytut Badawczy Leśnictwa.
- Strasser H., Pernfuss B. 2005. What have Bipesco and Rafba achieved that could help with risk assessment and registration? *IOBC/WPRS Bull.* 28 (2): 189-192.
- Świeżyńska H., Górnaś E. 1976. Owadobójcze grzyby na niektórych gatunkach boreczników (*Hymenoptera: Diprionidae*) w latach 1971-1975. *Sylwan* 120 (8): 47-55.
- Tkaczuk C., Miętkowski R. 1998. Mycoses of pine sawfly (*Diprion pini* L.) during hibernation period in relation to entomopathogenic fungi occurring in soil and litter. *Folia Forestalia Polonica ser. A* 40: 26-32.
- Urban S. 1965. Die Begrenzungsfaktoren der Übervermehrung der Kiefernbuschhornblatt wespe (*Diprion pini* L.) in den Jahren 1960-1961. *Archiv für Forstwesen* 14 (11/12): 1223-1234.
- Waldstad J. D., Anderson R. F. 1971. Effectiveness of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* as control agents for the pales weevil. *J. Econ. Entomol.* 64: 322-323.
- Wasti S. S., Hartmann G. C. 1975. Experimental parasitization of larvae of the gypsy moth, *Porthesia dispar* L. with the entomogenous fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *Parasitology* 70: 341-346.
- Wasti S. S., Hartmann G. C. 1982. Susceptibility of gypsy moth larvae to several species of entomogenous fungi. *New York Ent. Soc.* 90 (2): 125-128.
- Wegensteiner R. 2000. Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch against the four eyed spruce bark beetle, *Polygraphus polygraphus* (L.) (*Coleoptera, Scolytidae*). *IOBC/WPRS Bull.* 23 (2): 161-166.
- Zimmermann G. 1994. Strategies for the utilization of entomopathogenic fungi. *Proc. 6th Intern. Colloq. Invert. Pathol. Microbial Control. Montpellier, France* 1: 64-73.

SUMMARY

Activity of entomopathogenic fungi against forest insects feeding on leaves, bark and cambium

Results of studies of various experiments showed that entomopathogenic fungi (e.g. *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces farinosus*, *Lecanicillium* spp.) were effective against forest leaf feeding insects from *Lepidoptera* (*Lymantria dispar*, *Dendrolimus pini*) and *Hymenoptera* (*Cephalcia abietis*, *Diprionidae*) orders. Those fungi were also effective against bark and cambium feeding insects from *Coleoptera* order (*Hylobius abietis*, *Scolytinae*).