

## Próba zastosowania grzyba *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. w ochronie lasu przed kornikiem drukarzem *Ips typographus* (L.) w warunkach terenowych

An attempt to use the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in forest protection against the bark beetle *Ips typographus* (L.) in the field

Wojciech Grodzki\*, Mieczysław Kosibowicz

Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Lasów Górskich, ul. Fredry 39, 30-605 Kraków

\*Tel. +48 12 252 82 12, e-mail: W.Grodzki@ibles.waw.pl

**Abstract.** In 2011–2013, trials on the use of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* against bark beetle (*Ips typographus*) populations were carried out under open field conditions in Norway spruce stands suffering from an outbreak in the Beskid Żywiecki Mts. in Poland. Modified pheromone traps were deployed to capture and thereafter release fungus-infected bark beetles to the forest environment. Infested spruce trees felled next to the traps remained unaffected by the transmission of the fungus to insect populations. Direct spraying or dusting of lying trap logs and suspended caged rearing bolts did not have any effect on spruce infestation by *I. typographus*, its reproduction success and development or natural enemies inside the bark.

A very small effect on mortality rates of target as well as non-target insects overwintering in the dusted litter was observed. Treated stands, unlike control stands, were indirectly affected by the treatment, evidenced by the reduction of tree mortality due to bark beetle infestation.

At present, no recommendations concerning the potential use of the fungus in forest protection can be given. However such an environmentally friendly approach represents a promising future prospect.

**Keywords:** bark beetles, *Picea abies*, biological control, montane forests, field trials

### 1. Wstęp

Istotną cechą lasów górskich jest wysoki lub dominujący udział świerka, skutkujący utrzymującym się lub okresowo wzrastającym zagrożeniem drzewostanów ze strony owadów kambiofagicznych, zwłaszcza kornika drukarza *Ips typographus* (L.). Stosowane zabiegi ograniczania nadmiernej liczebności tych owadów są pracochłonne i kosztowne, dlatego stale istnieje potrzeba poszukiwania nowych metod, zapewniających większą skuteczność mniejszym nakładem pracy. Obiecującym kierunkiem w tym zakresie jest wykorzystanie organizmów entomopatogenicznych, zwłaszcza grzyba *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., które jako metoda naturalna wpisuje się w realizowany obecnie proekologiczny model gospodarki leśnej.

Już w okresie międzywojennym Karpiński (1935) wspominał o grzybie *B. bassiana* jako przyczynie śmiertelności u *I. typographus*. Bałazy (1962) izolował go z martwych okazów imagines szeregu gatunków chrząszczy, w tym z korników występujących na świerku, a w późniejszych obszernych pracach szczegółowo opisał zależności między tym i innymi patogenami

korników (Bałazy 1966, 1968; Bałazy et al. 1967). Głowacka i Świeżyńska (1993), podsumowując wyniki 20-letnich badań, wymieniają jedynie dwa gatunki grzybów owadobójczych związanych z kornikiem drukarzem, w tym *B. bassiana*, podkreślając jednocześnie szerokie spektrum gatunkowe owadów leśnych, na których stwierdzono ten gatunek grzyba. Z drugiej strony spotkać się można z informacją mówiącą o niskiej efektywności entomopatogenicznych grzybów, które w warunkach naturalnych zdolne są do powodowania redukcji młodego pokolenia kornika drukarza w granicach 0,7–3% (Bałazy 2012).

Laboratoryjne próby infekcji zarówno larw, jak i dorosłych chrząszczy korników przy zastosowaniu szczepów *B. bassiana* wskazywały na skuteczność tego biopreparatu; zazwyczaj wysoka była również śmiertelność w zamkniętych hodowlach (Bałazy 2013). W wyniku prowadzonych w latach 1990–2004 badań laboratoryjnych nad efektywnością oddziaływania patogena oraz jego rozprzestrzeniania się w środowisku (Wegensteiner 1992, 1996; Markova, Samshinyakova 1990; Markova 2000; Kreutz et al. 2004a,b) opracowana została metoda aplikacji grzyba, która następnie była testowana w warunkach

terenowych (Vaupel, Zimmermann 1996; Kreutz et al. 2000, 2001, 2004b). W Polsce próby stosowania *B. bassiana* za pomocą oprysku wałków świerkowych nie przyniosły zadowalających rezultatów (Cichońska, Świeżyńska 1993), natomiast w doświadczeniach przeprowadzonych w 2007 r. w Parku Narodowym Šumava w Czechach (Landa et al. 2007, 2008), a w latach 2008–2009 także na Słowacji (Kunca et al. 2009, Vakula et al. 2010), uzyskano pozytywne wyniki. W próbach zastosowania wodnej zawiesiny biopreparatu do oprysku ściętych drzew zasiedlonych przez kornika drukarza, wykonanych na Słowacji w 2007 r., uzyskany został stopień zainfekowania populacji kornika drukarza oceniony na prawie 29% (Jakuš, Blaženc 2011).

Istnieje kilka preparatów, które próbowano zastosować w praktyce za pomocą odpowiednio zmodyfikowanych pułapek feromonowych (Vaupel, Zimmermann 1996). Znany jest preparat Boverol, zawierający zarodniki *B. bassiana*, który testowany był w warunkach półnaturalnych (klatki hodowlane umieszczone w lesie) z dobrymi rezultatami (Kreutz et al. 2000, 2004b), jednak próby jego aplikacji z zastosowaniem zmodyfikowanych pułapek feromonowych w warunkach całkowicie naturalnych nie przyniosły spodziewanych efektów bezpośrednich (Vakula et al. 2010). Natomiast zastosowanie biopreparatu wraz z innymi metodami czynnej ochrony w lasach wojskowych w centralnej Słowacji przyczyniło się do zahamowania gradacji kornika drukarza w latach 2009–2011 (Vakula et al. 2012). Istnieje także preparat BoVeril, który w roku 2009 był poddany bardzo wstępnym testom (bez sukcesów) na terenie Beskidu Śląskiego, Żywieckiego i Sądeckiego w Polsce (Grodzki, niepubl.), a w roku 2008 na Słowacji, gdzie także nie uzyskano oczekiwanych rezultatów (Kunca et al. 2009).

Wobec tak niejednoznacznych wyników uznano, że istnieje potrzeba określenia możliwości zastosowania preparatów opartych na entomopatogenicznym grzybie *B. bassiana* w warunkach lasów gospodarczych objętych gradacyjnym występowaniem kornika drukarza *I. typographus*. Wykorzystanie tej technologii miałyby ogromne znaczenie zwłaszcza w drzewostanach górskich, objętych restrykcjami w zakresie dostępnych metod ochrony lasu, ze względu na spełnianie funkcje ochronne (Sierpińska, Grodzki 2012).

Głównym celem badań było określenie czy i w jakim stopniu mechanizm owadobójczego działania sztucznie wprowadzanego grzyba funkcjonuje w warunkach lasów gospodarczych (dotychczasowe eksperymenty prowadzone były głównie w warunkach kontrolowanych). Dałoby to podstawę do oceny perspektyw zastosowania tej metody w czynnej ochronie lasu. W ramach badań przetestowano różne możliwe metody aplikacji preparatów oraz dokonano oceny ich działania pod kątem skuteczności (bezpośrednio – poprzez ocenę śmiertelności owadów oraz pośrednio – na podstawie nasilenia wydzielania się posuszu) i selektywności (wpływ na inne owady).

## 2. Teren i metodyka badań

Badania zlokalizowano w Beskidzie Żywieckim, gdzie od roku 2002 miała miejsce dynamiczna gradacja kornika

drukarza, której kulminacja przypadła na lata 2007–2008 (Grodzki 2010). Z uwagi na charakter doświadczeń prowadzono je poza obszarem sieci Natura 2000. Ponieważ niemal cały obszar zachodniej części Beskidu Żywieckiego znajduje się w obszarze PLH240006, poza niewielkim fragmentem położonym między Korbielowem a zachodnią granicą obszaru PLH120001 Babia Góra, jako obszar badań wybrano teren Leśnictwa Koszarawa Bystra w Nadl. Jeleśnia. Kompleks leśny wybrany do badań, obejmujący oddziały 43 i 44 (49°39'12"N, 19°26'15"E), położony jest na południowych stokach Lachów Gronia (1045 m n.p.m.) poniżej Hali Janoszkowej, na wysokości ok. 1000 m n.p.m. Tworzą go drzewostany rosnące na siedliskach lasu górskiego i lasu mieszanego górskiego w wariantach świeżym i wilgotnym. Są to w większości silnie rozluźnione świerczyny w wieku od ok. 90 do 110 lat o udziale świerka 7–10 oraz występujące między nimi buczyny z udziałem świerka i jodły. W drzewostanach objętych badaniami przez cały okres ich trwania stosowane były standardowe metody ochrony lasu przed kornikiem drukarzem, takie jak wystawianie pułapek feromonowych oraz wyszukiwanie i usuwanie (korowanie) drzew zasiedlonych przed wylotem młodego pokolenia korników.

Doświadczenia terenowe nad zastosowaniem preparatów zawierających zarodniki *B. bassiana* prowadzono na podstawie pozwolenia Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi (Decyzja nr R-657/2011b), w terminach dostosowanych do występowania określonych stadiów rozwojowych korników: podczas sezonu wegetacyjnego – w fazie rójki chrząszczy i zakładania żerowisk oraz po zakończeniu sezonu wegetacyjnego – na chrząszcze zimujące w ściółce. W latach 2011–2012 użyto preparatu BoVeril produkcji węgierskiej firmy Bioved 2005 Kft., który zawierał zarodniki szczepu BB1 grzyba *B. bassiana* w ilości  $5 \times 10^8$  na 1 g, o żywotności min. 65%. Preparat ten, przygotowany w formie granul rozpuszczalnych w wodzie, został – jak deklaruje producent – dostosowany do zwalczania *I. typographus*. Według informacji na etykiecie preparat należy składować w temperaturze 5–10°C, a wówczas zachowuje on swoje właściwości przez okres 1 roku, natomiast w temperaturze 18°C można go przechowywać nawet przez 2 lata. Skuteczność stosowania warunkowana jest odpowiednio wysoką wilgotnością środowiska, a grzyb zachowuje właściwości owadobójcze przy temperaturze gleby 12–26°C i wilgotności 60–70%. W roku 2013 zastosowano na ograniczonej skale preparat Boverol (Fytovita, Rep. Czeska), uzyskany z firmy Fytofarm s.r.o. (Słowacja), zawierający zarodniki szczepu Bba 138 *B. bassiana* w koncentracji  $1,0 \times 10^7$  w 1 g. Na etykiecie nie określono szczególnych warunków stosowania preparatu.

W latach 2011–2013 w drzewostanach objętych badaniami zainstalowano po 15 pułapek feromonowych zmodyfikowanych tak, aby odłowione do nich chrząszcze kornika drukarza, po kontakcie z preparatem, mogły je opuścić i kontynuować lot (fot. 1). W pułapkach stosowano dyspensery Pheroprax ampulka (BASF), które wymieniano po ok. 6 tygodniach od wywieszenia.



**Fotografia 1. Pułapki feromonowe zawierające suchy preparat BoVeril do infekowania chrząszczy kornika drukarza: pułapka typu MK (a), element z preparatem (b), pułapka typu Ekotrap (c)**

Photo 1. Pheromone traps containing dry BoVeril for the infection of *I. typographus* beetles: MK type trap (a), element with fungal preparation (b), Ekotrap type trap (c)

W celu oceny skutków działania preparatu corocznie wykonywano analizy zasiedlenia posuszu stojącego i drzew pułapkowych, pozwalające na określenie parametrów opisujących populacje kornika drukarza. W latach 2011–2012 określano zasiedlenie drzew posuszowych, stosując metodę analizy trzech półmetrowych charakterystycznych sekcji strzał: I – w odziomku, II – w połowie między odziomkiem a podstawą korony, III – pod koroną (Grodzki 2007). Po ścięciu drzewa wyznaczano sekcje, mierzono ich obwody oraz rejestrowano liczbę żerowisk zasiedlających je gatunków owadów. Analizy wykonywano corocznie w drzewostanach objętych doświadczeniami oraz – równolegle – w drzewostanach kontrolnych oddalonych od nich o 13–15 km: w 2011 r. w oddz. 223b leśn. Romanka Dolna, w 2012 r. oddz. 108f leśn. Korbzielów, a w 2013 r. w oddz. 196ab/199a leśn. Romanka Dolna. W 2012 r. przeprowadzono bardziej szczegółowe analizy, rejestrując dodatkowo strukturę płciową populacji zasiedlającej badane drzewa (przyjmując za liczbę samców liczbę komór godowych, a za liczbę samic – liczbę chodników macierzystych), długość 10 chodników macierzystych w każdej sekcji, rozrodność efektywną (liczbę jaj i rozwijających się z nich larw w chodniku drążonym przez jedną samicę, 10 chodników jw.) oraz śmiertelność owadów w żerowiskach (parazytydy, grzyby entomopatogeniczne).

W połowie maja 2013 r. w drzewostanie objętym doświadczeniami oraz w drzewostanie kontrolnym wyłożono po 10 pułapek klasycznych w postaci okrzyszanych 5-metrowych wyrzynków świerkowych, bez feromonu. W połowie lipca 2013 r. dokonano kontroli zasiedlenia tych pułapek, poprzez zdjęcie kory na połowie obwodu dwóch półmetrowych sekcji umiejscowionych w odległości 0,5 m od końców każdego wyrzynka. Na zdjętym płacie kory określano liczbę żerowisk kornika drukarza przypadających na powierzchnię 1 dm<sup>2</sup>.

W 2011 r. wykonano bezpośrednie opryski preparatem BoVeril. W dniu 7.06.2011 r. w oddz. 44 ścięto trzy świerki, które po okrzyszaniu opryskano roztworem 500 g preparatu w 24 litrach wody przy użyciu fabrycznie nowego opryskiwacza plecakowego Solo 425. Opryskane dłużyce przykryto świeżymi gałęziami świerkowymi, a do każdej z nich doczepiono dyspenser feromonowy Pheroprax ampulka w celu zapewnienia odpowiedniego zasiedlenia pułapek. Zabieg wykonano w temperaturze 19°C, przy wilgotności względnej powietrza wynoszącej 65% (dane ze stacji Koszarawa Tajch). W tym samym czasie przygotowano 3 drzewa pułapkowe (pułapki klasyczne), które pozostawiono pod drzewostanem, przewidując ich opryskanie po zasiedleniu przez korniki. W dniu 21.06.2011 r. powtórnie opryskano drzewa pułapkowe bez zdejmowania przykrywających je gałęzi, w temperaturze 18°C i przy wilgotności względnej powietrza wynoszącej 68%, częściowym zachmurzeniu i przelotnych słabych opadach deszczu. Zużyto 12 litrów roztworu wodnego zawierającego 200 g BoVerilu. W dniu 29.07.2011 r. pobrano próbki kory z dłużyc opryskanych przed i po zasiedleniu, celem określenia stopnia zainfekowania chrząszczy w żerowiskach. Próbki przeglądano w terenie, a w laboratorium umieszczono je w tzw. mokrych kamerach (szalki Petriego z bibułą nasączoną wodą) do kilkudniowej hodowli. Dokonano też oprysku przygotowanych wcześniej drzew pułapkowych bez feromonu, które w międzyczasie zostały zasiedlone przez korniki. Oprysk wykonano na 3 dłużycach, używając roztwór 200 g preparatu w 12 litrach wody, w temperaturze 16,3°C, przy wilgotności względnej powietrza wynoszącej 110%. Dłużyce po oprysku przykryto gałęziami. Wszystkie opryskane pułapki pozostawiono pod drzewostanem, dopuszczając do wyłotu młodego pokolenia chrząszczy (spodziewana dyspersja grzyba w populacji korników).

W dniu 16.05.2013 r. wykonano za pomocą opryskiwacza Solo 425 opryski dwóch leżących drzew pułapkowych roztworem wodnym biopreparatu Boverol w koncentracji 500 ml suchego preparatu na 5 l wody, przy temperaturze powietrza 18,3°C i wilgotności względnej wynoszącej 53%. Kolejne dwie pułapki opylono biopreparatem w formie suchej. Opryskane i opylone pułapki, do których przymocowano feromony Pheroprax, przykryto świeżymi gałęziami, a następnie skontrolowano w dniu 8.08.2013 r., oceniając stopień ich zasiedlenia oraz stan rozwoju zasiedlających je owadów.

W latach 2012 i 2013 wykonano doświadczenia nad bezpośrednim infekowaniem chrząszczy kornika drukarza zarodnikami *B. bassiana* w warunkach częściowo kontrolowanych. W tym celu przygotowano 9 półmetrowych świeżych wałków świerkowych, które zawieszono na linie między drzewami w grupach po 3 i zamknięto w muślinowych osłonkach (fot. 2a). Do każdej z osłonek wpuszczono 50 żywych chrząszczy kornika drukarza, odłowionych w innym leśnictwie z wykorzystaniem feromonów syntetycznych i muślinowego ekranu w dniach 22.05.2012 r. i 14.06.2013 r. W każdej z trzech grup na pierwszym wałku umieszczono chrząszcze uprzednio przepuszczone przez suchy preparat, a na pozostałych dwóch – chrząszcze niezainfekowane. Po upływie ok. 3–4 tygodni (odpowiednio 21.06. i 5.07.) na drugim wałku wykonano iniekcje wodnym roztworem preparatu, aplikując go za pomocą strzykawki (fot. 2b) do otworów wejściowych, wydrążonych przez chrząszcze podczas zakładania żerowisk. Trzeci wałek z każdej grupy pozostawiono jako kontrolny. Wałki pozostawiono zawieszane aż do końca sezonu wegetacyjnego, a następnie oceniono zagęszczenie i stopień rozwoju żerowisk oraz stopień porażenia chrząszczy przez *B. bassiana*.

Jesienią 2011 r. w drzewostanie objętym badaniami założono doświadczenie mające na celu określenie wpływu *B. bassiana* na chrząszcze zimujące w ściółce. W tym celu wybrano 5 pniaków po drzewach zasiedlonych, ściętych późną jesienią, w otoczeniu których znajdowały się fragmenty kory odbitej przez dzięcioły. Założono, że część chrząszczy, które znajdowały się w korze, będzie zimowała w ściółce (Onyśko, Starzyk 2011). Fotoeklektory wyłożono parami (fot. 3): jeden na ściółkę, którą opylono preparatem BoVeril, drugi – na ściółkę nieopyloną (kontrola). Ogółem wyłożono 5 par fotoeklektorów. Doświadczenie powtórzono wczesną wiosną 2013 r., przed rójką kornika drukarza, przy czym pod jednym z fotoeklektorów każdej pary opylono powierzchnię ściółki preparatem Boverol w formie suchej. Kontrolni owadów zebranych do pojemników na fotoeklektorach dokonano w lipcu.

W celu scharakteryzowania warunków pogodowych w okresie prowadzenia doświadczeń w 2011 r. wykorzystano dane pochodzące ze stacji pomiarowej Koszarawa Tajch, znajdującej się w sąsiedztwie obszaru badań i pozostającej w gestii Starostwa Powiatowego w Żywcu, które pobrano ze strony internetowej [www.traxelektronik.pl](http://www.traxelektronik.pl). Natomiast w latach 2012 i 2013 prowadzono własne pomiary temperatury i wilgotności powietrza w rejonie badań, stosując rejestrator TinyTag Extra (2012 r.) oraz stację pomiarową Davis Vantage VUE (2013 r.).

Pośrednia ocena skuteczności zastosowanych preparatów została przeprowadzona na podstawie analizy nasilenia wy-



**Fotografia 2. Wałki świerkowe zawieszane w drzewostanie do doświadczeń nad bezpośrednim infekowaniem chrząszczy (a) oraz wykonywanie iniekcji roztworem preparatu do żerowisk kornika drukarza (b)**

Photo 2. Suspended spruce bolts for the experiments with direct infection of beetles(a) and the injections of fungal dilution into the *I. typographus* gallery systems (b)



**Fotografia 3. Fotoeklektory na zimujące chrząszcze, wyłożone na ściółce wiosną 2013 r.**

Photo 3. Ground electrotraps for overwintering beetles exposed on the litter in the spring 2013

dzielania się posuszu czynnego w drzewostanach objętych doświadczeniami oraz w drzewostanach kontrolnych, w których nie stosowano preparatów. W tym celu wybrano dwa kompleksy oddziałów: pierwszy – o powierzchni 80,65 ha w leśnictwie Koszarawa Bystra oddz. 41–44, drugi – o powierzchni 92,49 ha – w leśnictwie Sopotnia Potok oddz. 187, 189–191. Drzewostany kontrolne dobrano tak, aby położone były na tej samej ekspozycji (południowej) i w zbliżonej (ok. 1000 m n.p.m.) strefie wysokości. Analizą objęto lata 2009–2013, a zatem poprzedzające (2009–2010) i obejmujące (2011–2013) okres prowadzenia doświadczeń. Dane dotyczące miąższości posuszu czynnego zarejestrowane w SILP uzyskano z Nadleśnictwa Jeleśnia.

Analizy statystyczne wyników w kierunku stwierdzenia istotności różnic w zagęszczeniu żerowisk, długości chodników macierzystych i liczbie potomstwa między wariantem doświadczalnym i kontrolnym prowadzono metodą testów nieparametrycznych Manna-Whitneya (M-W). Obliczenia wykonywano z zastosowaniem oprogramowania MSExcel oraz Statistica v. 5.0 (Stat-Soft, Inc. 1997).

### 3. Wyniki badań

#### Warunki pogodowe podczas doświadczeń

W 2011 r. okres obejmujący kolejne opryski dłużyć (kiedy trwało zasiedlanie drzew i miała nastąpić spodziewana infekcja chrząszczy) charakteryzował się chłodną i deszczową pogodą (tab. 1), a także zimnymi (10–12°C) nocami.

W latach 2012 i 2013 warunki pogodowe były zbliżone (tab. 1). Na początku maja 2012 r. panowały zmienne temperatury, z dniami bardzo chłodnymi (nieco ponad 5°C) oraz bardzo chłodnym (poniżej 5°C) okresem w połowie miesiąca. Krótkotrwałe ocieplenie na początku III dekady maja umożliwiło zebranie potrzebnych do doświadczeń chrząszczy kornika drukarza, odbywających spóźnioną rójkę. W kolejnym okresie warunki pogodowe były zmienne, a okres cieplejszej (do 31°C), ale suchszej pogody nastąpił dopiero po połowie czerwca. W dniach zakładania hodowli w wałkach oraz wykonywania iniekcji do żerowisk panowały jednak dobre warunki pogodowe, z umiarkowaną temperaturą i bez opadów.

Wiosna 2013 r. także cechowała się zmiennymi warunkami atmosferycznymi, z okresami chłodnej i deszczowej pogody w maju i czerwcu (tab. 1). Wpłynęło to na opóźnienie

i rozwleczenie rójki kornika drukarza, co wobec trudności ze zbiorem żywych chrząszczy do doświadczeń spowodowało ich stosunkowo późne założenie. Także w późniejszym okresie pogoda była zmienna, co nie wpłynęło jednak na rozwój kornika drukarza w żerowiskach założonych w okresie sprzyjających warunków atmosferycznych (temperatury do 27°C), jakie panowały również w okresie dokonywania iniekcji w wałkach świerkowych użytych do doświadczeń.

#### Pałapki feromonowe z biopreparatem

Podczas prowadzonych kontroli stwierdzono, że korniki odławiające się do pałapek feromonowych opuszczały je mając na ciele zarodniki *B. bassiana*, przy czym zbyt duża ilość suchego preparatu na ciele chrząszczy powodowała ich zamieranie wskutek mechanicznego zatykania przetchlinek. W drugim i trzecim roku doświadczeń efekt ten częściowo ograniczono, modyfikując moduł pałapki zawierający preparat, poprzez zastosowanie elementu piankowego (fot. 1b). Chrząszcze opuszczające pałapki podejmowały lot, a nieliczne pozostawały na ściółce pod pałapkami.

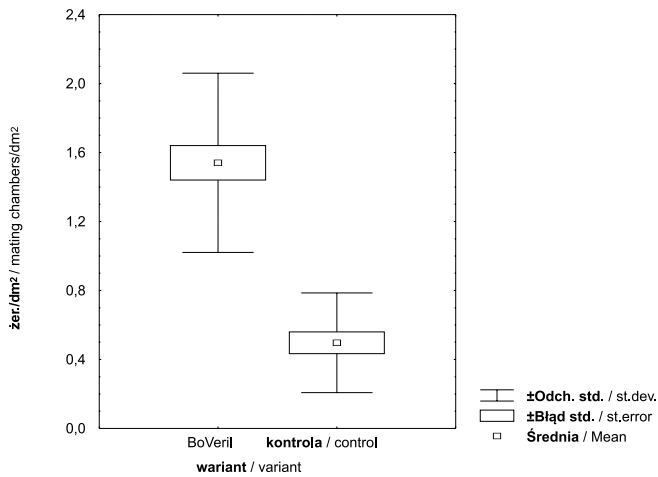
W ostatnich dniach sierpnia 2011 r. przeanalizowano 27 płatów kory ze stojących 9 drzew posuszowych w drzewostanie objętym doświadczeniami oraz 21 płatów kory z 7 świerków w drzewostanie kontrolnym. W analizowanych sekcjach stwierdzono zasiedlenie przez kornika drukarza o średnim ( $\pm$  odch. stand.) zagęszczeniu 1,541 ( $\pm$  0,520) żerowiska na 1 dm<sup>2</sup> w wariantcie doświadczalnym, wobec 0,497 ( $\pm$  0,289) żer./dm<sup>2</sup> w wariantcie kontrolnym (ryc. 1), a różnice między wariantami były statystycznie istotne (M-W  $U=16,0$ ;  $z=5,56$ ;  $p<0,001$ ).

W wariantcie doświadczalnym na płatach kory o rozmiarach 25×25 cm znajdowano od 0 do 90 żywych chrząszczy (średnio 15,37 osobnika) oraz od 0 do 90 kolebek poczwarkowych (średnio 16,11 szt.). Stwierdzono także obecność chrząszczy martwych, które w liczbie do 4 szt. znajdowano na 8 analizowanych płatach kory (30%). Wśród martwych osobników znaleziono tylko jednego chrząszcza przerośniętego mycelium. Na 11 z 27 płatów (41%) stwierdzono obecność oprzędów parazytoidea *Coeloides bostrychorum* (Gir.) (Hym., Braconidae) (fot. 4). Stopień spasożytozowania kornika drukarza przez *C. bostrychorum* wahał się od 10 do 100% w wariantcie doświadczalnym oraz od 10 do 90% w wariantcie kontrolnym, przy czym średnio był niższy w drzewostanach objętych doświadczeniem (ryc. 2). Poczwarki w oprzędach

**Tabela 1. Temperatura i wilgotność względna powietrza w rejonie i okresie prowadzenia doświadczeń w latach 2011–2013**

Table 1. Air temperature and relative humidity in the area and period of experiments in 2011–2013

Dane obejmujące okres: Data concerning period:	Temperatura powietrza (°C) Air temperature (°C)			Wilgotność względna powietrza (%) Air relative humidity (%)			Daty oprysków / opylów Date of spraying / dusting
	średnia mean	min.	max.	średnia mean	min.	max.	
5.06.–22.06.2011	17,3	10,1	31,7	76,8	28,7	100,0	7 i 21.06.
1.05.–20.06.2012	12,4	-0,7	31,0	74,7	20,0	100,0	22.05.
1.05.–20.06.2013	12,5	1,9	26,9	81,5	45,0	100,0	16.05. i 14.06.



**Rycina 1.** Średnia gęstość zasiedlenia sekcji strzał świerków w oddz. 43ab/44b (wariant doświadczalny) oraz 223b (wariant kontrolny) w Nadl. Jeleśnia w 2011 r.

Figure 1. Mean infestation density of spruce stem sections in the subcomp. 43ab/44b (experiment) and 223b (control) in Jeleśnia Forest District in 2011

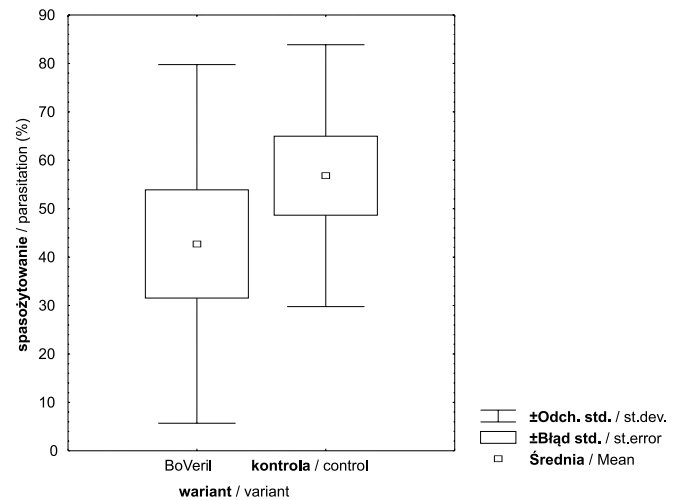


**Fotografia 4.** Oprzędy *Coeloides bostrychorum* w żerowiskach kornika drukarza na zasiedlonych drzewach stojących w drzewostanie objętym doświadczeniami

Photo 4. *Coeloides bostrychorum* cocoons in *I. typographus* galleries found on infested standing trees in the stand subjected by the experiments

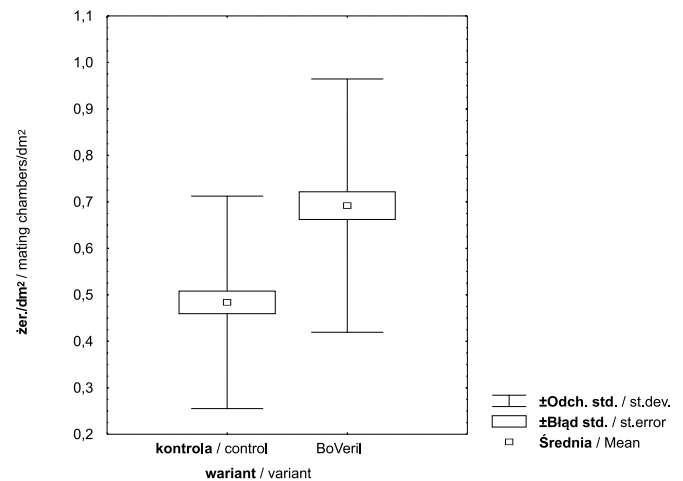
rozwijały się jednak bez przeszkód, a w hodowlach laboratoryjnych uzyskano imagines parazytoidów.

Wykonane w 2012 r. szczegółowe analizy zasiedlenia czterech drzew posuszonych ściętych w sąsiedztwie wystawionych pułapek z zarodnikami grzyba (oddz. 43a/44b) oraz na trzech drzewach w drzewostanie kontrolnym (oddz. 108f) wykazały większe zagęszczenie średnie ( $\pm$  odch. stand.) żerowisk kornika drukarza w wariantcie doświadczalnym ( $0,692 \pm 0,272$ ) niż w kontrolnym ( $0,484 \pm 0,229$ ), przy czym różnice między wariantami były statystycznie istotne (M-W  $U=1752,0$ ;  $z=-5,97$ ;  $p<0,001$ ) (ryc. 3), a maksymalne zagęszczenie żerowisk przekraczało 12 komór godowych na  $1 \text{ dm}^2$ .



**Rycina 2.** Średni stopień spaszytowania (%) kornika drukarza przez *Coeloides bostrychorum* w sekcjach strzał świerków w oddz. 43ab/44b (wariant doświadczalny) oraz 223b (wariant kontrolny) w Nadl. Jeleśnia w 2011 r.

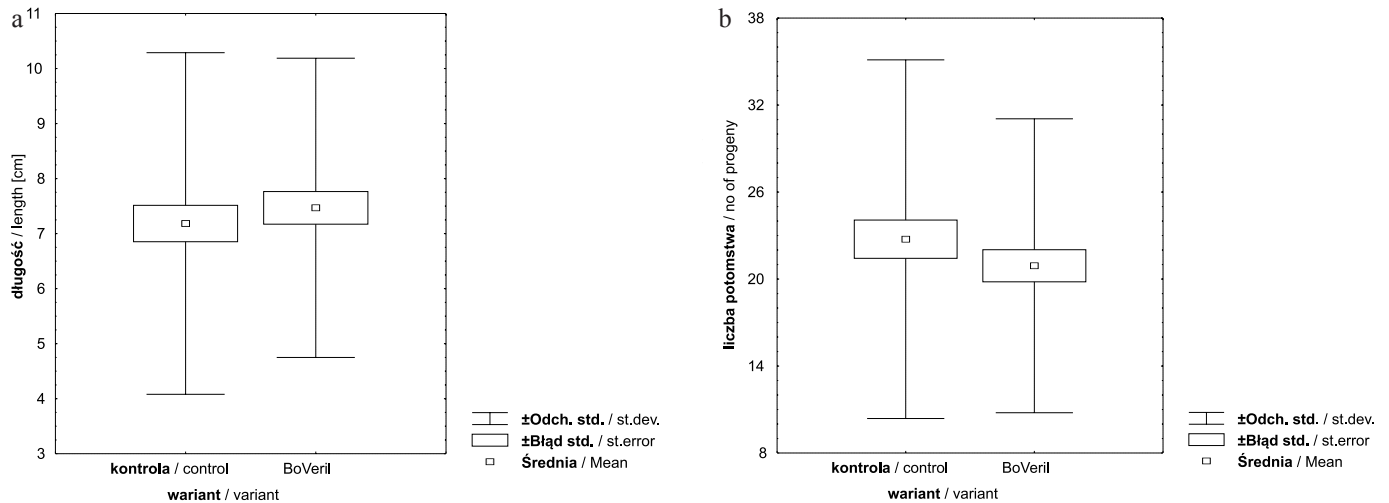
Figure 2. Mean parasitism (%) of *I. typographus* by *Coeloides bostrychorum* in the stem sections of spruces in the subcomp. 43ab/44b (experiment) and 223b (control) in Jeleśnia Forest District in 2011



**Rycina 3.** Gęstość zasiedlenia przez kornika drukarza sekcji strzał stojących drzew posuszonych w 2012 r.: kontrola – Korbielów 108f, BoVeril – Koszarawa Bystra 43a/44b

Figure 3. Infestation density by *I. typographus* in the stem sections of standing spruce trees in 2012: control – Korbielów 108f, BoVeril – Koszarawa Bystra 43a/44b

Analizując wybrane parametry żerowisk stwierdzono, że w wariantcie doświadczalnym samice kornika drukarza wykształcały nieco dłuższe chodniki macierzyste niż w wariantcie kontrolnym – odpowiednio 7,469 i 7,184 cm (ryc. 4a), przy nieco większej niż w wariantcie doświadczalnym liczbie potomstwa jednej samicy w wariantcie kontrolnym – odpowiednio 22,75 i 20,92 (ryc. 4b), w obu przypadkach bez różnic statystycznie istotnych.



**Rycina 4. Średnia długość chodnika macierzystego (a) oraz liczba potomstwa jednej samicy (b) w drzewostanach traktowanych preparatem BoVeril (leśn. Koszarawa Bystra) i kontrolnych (leśn. Korbielów) w 2012 r.**

Figure 4. Mean maternal gallery length (a) and number of progeny from individual female (b) in the stands treated by BoVeril (Koszarawa Bystra) and control ones (Korbielów) in 2012

Struktura płciowa populacji kornika drukarza zasiedlającej drzewa posuszowe była zbliżona w obu wariantach, z niewielką przewagą samic – w wariantcie doświadczalnym średnio 61% (50–79%), a w kontrolnym 62% (56–65%). W obu wariantach dominowały żerowiska z jednym lub dwoma chodnikami macierzystymi (odpowiednio 92 i 96%), a udział żerowisk 4-chodnikowych dochodził maksymalnie do 1%.

Kornik drukarz przeszedł wszystkie stadia rozwojowe – w żerowiskach stwierdzano poczwarki i niewybarwione chrząszcze, a nigdzie nie znaleziono oznak występowania *B. bassiana*. Stwierdzono także wysokie (dochodzące do 80%) spasożytność kornika głównie przez *C. bostrychorum*, który także nie wykazywał oznak zagrzybienia.

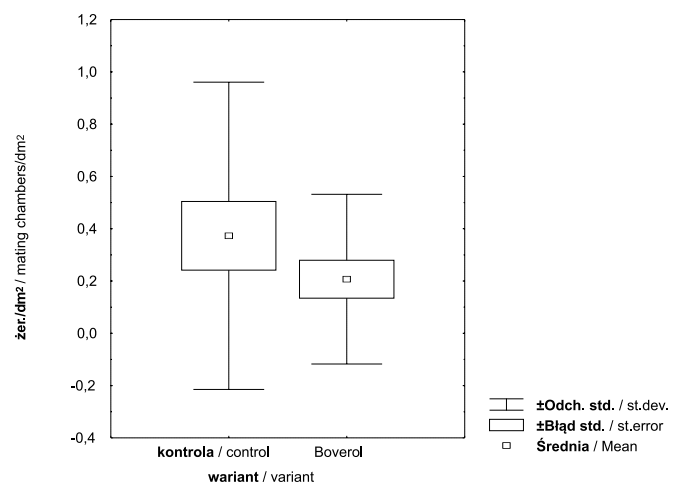
W sierpniu 2013 r. w drzewostanach objętych doświadczeniami wykonano jedynie pobieżne analizy zasiedlenia drzew stojących przez kornika drukarza. Potwierdziły one wyniki zebrane w latach 2011–2012. Na analizowanym poszchu, wydzielającym się w niewielkim nasileniu, stwierdzano typowy obraz zasiedlenia przez *I. typographus*, *I. amitinus* (Eichh.) i *Pityogenes chalcographus* (L.), z pełnym (do wykształconych, żywych imagines) spektrum stadiów rozwojowych oraz obecność parazytoidów, żerujących larw *Thanasimus formicarius* (L.) i chrząszczy z rodziny kusakowatych Staphylinidae. Nie stwierdzano podwyższonej śmiertelności lub oznak zagrzybienia owadów w żerowiskach.

Latem 2013 r. wykonano analizy zasiedlenia 40 sekcji na 20 pułapkach klasycznych, wyłożonych po 10 szt. w drzewostanie objętym doświadczeniami i kontrolnym. Stwierdzono obecność żerowisk *I. typographus* w 10 (50%) na 20 analizowanych sekcji w wariantcie doświadczalnym oraz 11 (55%) w wariantcie kontrolnym. Średnia ( $\pm$  odch. stand.) gęstość zasiedlenia przez kornika drukarza była większa w wariantcie kontrolnym ( $0,373 \pm 0,588$  żer./dm<sup>2</sup>) niż w wariantcie z Boverolem ( $0,207 \pm 0,325$  żer./dm<sup>2</sup>), a różnice między wariantami nie były statystycznie istotne (ryc. 5). Analizowane pułapki zasiedlone były także przez *P. chalcographus*, którego żerowiska stwierdzono w 13 (65%) na 20

analizowanych sekcji w wariantcie doświadczalnym i 6 (30%) w wariantcie kontrolnym. Średnie ( $\pm$  odch. stand.) zagęszczenie jego żerowisk na 1 dm<sup>2</sup> było większe w wariantcie kontrolnym ( $0,504 \pm 0,822$ ) niż w drzewostanach objętych doświadczeniem ( $0,407 \pm 0,534$ ), a różnica między wariantami nie była statystycznie istotna. Nie stwierdzono w żerowiskach obecności chrząszczy rytownika pospolitego z objawami zagrzybienia.

#### Ocena efektu bezpośredniego infekowania chrząszczy

W żerowiskach na próbkach kory pobranych 29.07.2011 r. z opryskanych pułapek znaleziono tylko 1 chrząszcza z oznakami infekcji, tj. obecnością białego mycelium, oraz zdrowe larwy.



**Rycina 5. Gęstość zasiedlenia drzew pułapkowych przez kornika drukarza w 2013 r.: kontrola – Romanka Dolna 196ab/199a, Boverol – Koszarawa Bystra 43a/f**

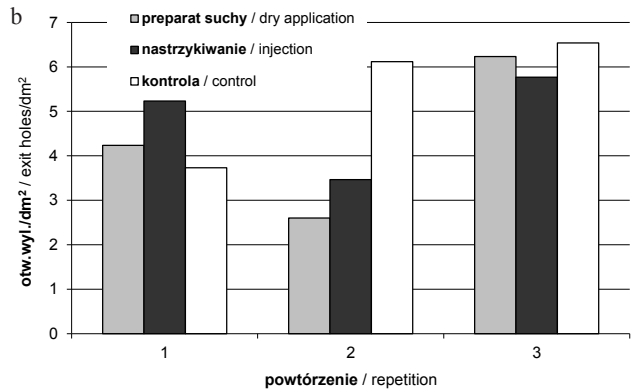
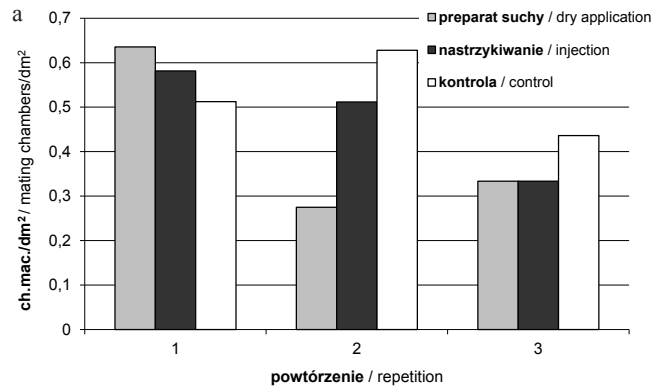
Figure 5. Infestation density by *I. typographus* on lying trap logs in 2013: control – Romanka Dolna 196ab/199a, Boverol – Koszarawa Bystra 43a/f

Wykonana w dniu 8.08.2013 r. kontrola pułapek klasycznych wykazała, że pułapki opryskane w maju roztworem wodnym Boverolu zostały silnie zasiedlone przez *I. typographus* i *P. chalcographus*, za wyjątkiem górnej ich powierzchni o przeschniętym łyku. Stwierdzono na nich także żerowiska rębacza *Rhagium* sp. i żerdzianek *Monochamus* sp. W żadnym z żerowisk nie zaobserwowano oznak zagrzybienia, zwłaszcza zaś obecności owadów przerośniętych białym mycelium. Korniki odbyły pełny rozwój (stwierdzono otwory wylotowe imagines), w przypadku *I. typographus* – łącznie z charakterystycznym żerem dojrzałościowym w postaci tzw. „jelenich rogów”. W żerowiskach kornika drukarza stwierdzano też obecność żywych larw *T. formicarius*. Podobny obraz (łącznie z żerowiskami *Monochamus* i *Rhagium*) zaobserwowano na pułapkach opylonych suchym biopreparatem Boverol, przy czym na jednej z nich znaleziono pojedyncze chrząszcze przerośnięte mycelium (fot. 5), stanowiące ułamek procenta populacji, która rozwinęła się na pułapkach.

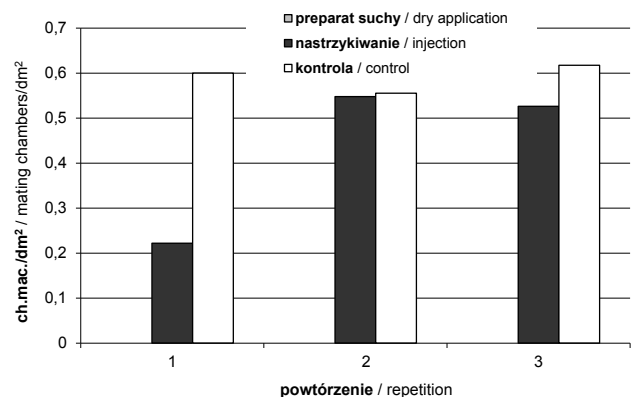


Fotografia 5. Chrząszcz *I. typographus* przerośnięty mycelium  
Photo 5. *I. typographus* adult penetrated by mycelium

W 2012 r. we wszystkich wariantach doświadczenia z użyciem zawieszonych wałków świerkowych *I. typographus* założył żerowiska, których zagęszczenie wynosiło 0,28–0,64 chodników macierzystych na 1 dm<sup>2</sup>. Najwyższą jego wartość średnią stwierdzono w wariantcie kontrolnym (0,52), niższą – w wariantcie z nastrzykiwaniem (0,48), a najniższą – w wariantcie z preparatem w formie suchej (0,41), przy czym ten układ wartości nie był zachowany w kolejnych powtórzeniach (ryc. 6a). Podobnie zmienne były średnie liczby otworów wylotowych chrząszczy (ryc. 6b), przyjmując średnie wartości: 5,46 (kontrola), 4,82 (nastrzykiwanie) i 4,36 (preparat suchy). Stwierdzono, że chrząszcze przeszły wszystkie stadia rozwojowe, odbyły żer dojrzałościowy, a nawet wyprowadziły kolejne pokolenie (w listopadzie stwierdzano liczne żywe chrząszcze, z których część wydrążyła w korze płytkie nisze do zimowania). Nie zaobserwowano żadnych różnic w stopniu i tempie rozwoju korników pomiędzy poszczególnymi wariantami doświadczenia.



Rycina 6. Liczba chodników macierzystych (a) oraz otworów wylotowych chrząszczy (b) przypadająca na 1 dm<sup>2</sup> powierzchni kory w poszczególnych wariantach i powtórzeniach doświadczenia w 2012 r.  
Figure 6. Number of mating chambers (a) and exit holes (b) on 1 dm<sup>2</sup> of bark area in individual experimental variants and repetitions in 2012



Rycina 7. Liczba chodników macierzystych przypadająca na 1 dm<sup>2</sup> powierzchni kory w poszczególnych wariantach i powtórzeniach doświadczenia w 2013 r.

Figure 6. Number of mating chambers on 1 dm<sup>2</sup> of bark area in individual experimental variants and repetitions in 2013

W 2013 r. największą średnią liczbę chodników macierzystych stwierdzono na wałkach w wariantcie kontrolnym (0,59), a niższą (0,43) w wariantcie z nastrzykiwaniem żerowisk (ryc. 7), ponownie bez zachowania regularności w powtórzeniach. Natomiast na 2 z 3 wałków w wariantcie z preparatem



w formie suchej stwierdzono jedynie po 4 wgryzienia samców kornika drukarza, które rozpoczęły drążenie komór godowych przy końcach wałków i zmarły, a na trzecim nie stwierdzono żerowisk. Na analizowanych wałkach określono liczbę chodników larwalnych rozwiniętych z 5 losowo wybranych chodników macierzystych. W wariantcie z zastosowaniem preparatu w formie suchej nie stwierdzono rozwoju larw, w wariantcie z nastrykiwaniem żerowisk wodnym roztworem preparatu liczba ta wahała się w zakresie 12–46, a w wariantcie kontrolnym wynosiła 24–44 chodniki larwalne.

W wyniku doświadczenia z zimy 2011/2012 uzyskano ogółem 74 egzemplarze owadów zebranych z 5 par fotoeklektorów, w tym 20 w wariantcie doświadczalnym oraz 54 w wariantcie kontrolnym (tab. 2).

Natomiast w doświadczeniu z wiosny 2013 r. nie uzyskano żadnych owadów z hodowli fotoeklektorowych.

### Ocena efektu ochronnego – wydzielanie się posuszu czynnego

Analiza dynamiki wydzielania się posuszu czynnego oparta została na danych o miąższości pozyskanych drzew zasiedlonych przez owady kambiofagiczne (PZ) w wybranych kompleksach drzewostanów. Według opisu taksacyjnego drzewostany o udziale świerka wynoszącym ponad 50% zajmowały w kompleksie Koszarawa Bystra 42,97 ha czyli 53%, a w kompleksie Sopotnia Potok – 82,44 ha czyli 89%. Pomimo różnic w charakterystyce drzewostanów, w obu kompleksach miało miejsce wzmożone wydzielanie się posuszu czynnego. Na obszarze obu wymienionych leśnictw łącznie w latach 2009–2010 pozyskiwano ok. 15 tys. m<sup>3</sup> posuszu czynnego rocznie; w 2009 r. większą jego ilość pozyskano w leśn. Sopotnia Potok, a w 2010 – w leśnictwie Koszarawa Bystra. W kolejnych latach rozmiar tych cięć ulegał stopniowemu ograniczeniu, wyraźniejszemu w leśn. Koszarawa Bystra (ryc. 8a). Aby możliwe było dokonanie zaplanowanych porównań, dane dotyczące miąższości posuszu czynnego po-

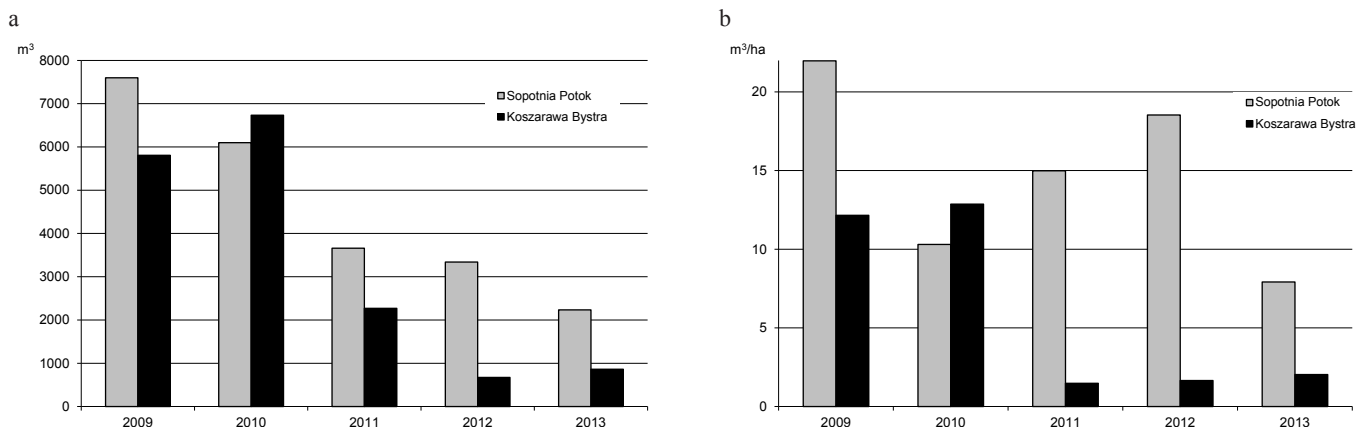
**Tabela 2. Liczba owadów w fotoeklektorach wyłożonych na zimę 2011/2012 r. na ściółce**

Table 2. Number of insects found in ground electors exposed on litter for 2011/2012 winter

Takson Taxon	wariant z preparatem experimental variant	wariant kontrolny control variant
<i>Ips typographus</i> (L.)	3	8
<i>Orthotomicus laricis</i> (Fabr.)	1	1
<i>Dryocoetes autographus</i> (Ratz.)	1	6
<i>Pityophthorus pityographus</i> (Ratz.)	-	2
<i>Hylastes</i> spp.	-	8
<i>Otiorrhynchus</i> sp.	2	1
Curculionidae (inne)	5	-
<i>Tetropium castaneum</i> (L.)	3	-
<i>Oxymirus cursor</i> (L.)	-	1
<i>Glischrochilus quadripunctatus</i> (L.)	-	1
<i>Rhizophagus</i> spp.	1	19
<i>Notiophilus biguttatus</i> (Fabr.)	-	1
Elateridae	4	6
<b>Razem / Total</b>	<b>20</b>	<b>54</b>

zyskanego w wybranych kompleksach oddziałów o zbliżonej powierzchni poddano standaryzacji, sprowadzając je do wartości przypadających na 1 ha (ryc. 8b).

W latach 2009–2010 nasilenie wydzielania się posuszu czynnego było w obu kompleksach oddziałów wysokie, osiągając wartość od ponad 10 do przeszło 20 m<sup>3</sup>/ha, przy czym w roku 2009 było ono niemal dwukrotnie wyższe w kontrolnym kompleksie oddziałów (Sopotnia Potok), niż w oddziałach poddanych w późniejszych latach doświadczeniom (Koszarawa Bystra), a w roku 2010 posusz wydzieliał się



**Rycina 8. Wydzielanie się posuszu czynnego w leśn. Koszarawa Bystra (obszar objęty doświadczeniami z lat 2011–2013) i w leśn. Sopotnia Potok (obszar kontrolny) w latach 2009–2013: ogółem (a) i w przeliczeniu na 1 ha (b)**

Figure 8. Volume of trees infested by bark beetles in Koszarawa Bystra (experiments in 2011–2013) and Sopotnia Potok (control) in 2009–2013: in total (a) and per 1 ha (b)

intensywniej w drugim z wymienionych kompleksów (ryc. 8b). W kolejnych latach, czyli w okresie prowadzenia doświadczeń, wydzielanie się posuszu czynnego uległo bardzo wyraźnemu ograniczeniu w kompleksie oddziałów w leśn. Koszarawa Bystra, a znacznie wzrosło w drzewostanach leśn. Sopotnia Potok w latach 2011–2012, a być może także w 2013 r. (dane nie obejmują całego roku).

#### 4. Podsumowanie i dyskusja

W prowadzonych przez 3 kolejne sezony wegetacyjne doświadczeniach terenowych nad zastosowaniem biopreparatów zawierających zarodniki owadobójczego grzyba *Beauveria bassiana* nie uzyskano spodziewanych rezultatów w postaci bezpośrednich symptomów transmisji grzyba do populacji korników żyjących na świerku pospolitym, ani też wywołanej przez ten organizm ich śmiertelności. Jest to wynik nieoczekiwany, bowiem zakładane osiągnięcie przynajmniej ograniczonego efektu zastosowania tego entomopatogena wynikało z dotychczasowej wiedzy o wielokrotnie dowiedzionym w warunkach laboratoryjnych owadobójczym działaniu *B. bassiana* w stosunku do kornika drukarza, jak również z pozytywnych wyników eksperymentów terenowych, które jednak jak dotąd nigdzie nie doprowadziły do opracowania metody ochronnej przydatnej dla praktyki leśnej.

Bałazy (1962) izolował *B. bassiana* z martwych okazów imagines szeregu gatunków chrząszczy, w tym z korników występujących na świerku, m.in. *I. typographus*, *I. amitinus*, *P. chalcographus*, *Pityophthorus pityographus* (Ratz.) czy *Polygraphus poligraphus* (L.), ale także z pasożytniczej błonkownicy *Rhopalophorus clavicornis* (Wesm.). Wskazywać by to mogło, że sztuczne aplikacje biopreparatu zawierającego zarodniki tego grzyba powinny wywołać efekt w postaci mykoz u szeregu gatunków kambiofagów świerka, a także u ich pasożytoidów, czego jednak nie udało się uzyskać. We wszystkich wariantach doświadczeń zarówno korniki, jak ich pasożytoidy odbywały pełny rozwój zakończony wydaniem nowego pokolenia, a spowodowana przez grzyby śmiertelność populacji w żerowiskach była na poziomie praktycznie niezauważalnym.

Mimo że owadobójcze działanie *B. bassiana* w stosunku do korników żyjących na świerku zostało wielokrotnie potwierdzone w warunkach laboratoryjnych, a śmiertelność korników w zamkniętych hodowlach była zazwyczaj wysoka (Wegensteiner 1996; Kreutz et al. 2004a), to w warunkach naturalnych mykozy imagines, a zwłaszcza larw i poczwerek, zdarzały się rzadko, a śmiertelność w populacjach z tego powodu tylko czasami i to nieznacznie przekraczała 3% (Bałazy 1966, 1968; Bałazy et al. 1967). Wyższe wskaźniki śmiertelności miały miejsce w czasie wylotu młodego pokolenia chrząszczy oraz ich żeru dojrzałościowego, a zwłaszcza w populacjach zimujących w tej fazie rozwoju (Bałazy 2013). W pewnym stopniu potwierdzają to wyniki uzyskane w doświadczeniu z przełomu 2011 i 2012 r. z użyciem fotoeklektorów wyłożonych na ściółce, w którego wariantcie kontrolnym zebrano ponad 2,5-krotnie więcej owadów o znacznie szerszym spektrum gatunkowym niż w wariantcie z aplikacją

biopreparatu na ściółkę. Może to wskazywać na skuteczność jego działania na liczne gatunki chrząszczy (także drapieżnych) zimujących w ściółce, prawdopodobnie z uwagi na bardziej sprzyjające dla grzyba warunki środowiskowe.

Bałazy (2013) wspomina o jednym przypadku bardzo wysokiego (17%) udziału mykoz spowodowanych przez *B. bassiana* w zimującej populacji *I. typographus* na obumarłych drzewach. Wskazywałoby to na większą efektywność tego entomopatogena w warunkach zimującej populacji, co do pewnego stopnia znalazło potwierdzenie w wynikach uzyskanych w doświadczeniu z aplikacją suchego biopreparatu na ściółkę. Jego wyniki są jednak dość trudne do ostatecznej interpretacji, z uwagi na stosunkowo niewielką liczbę owadów zebranych w pierwszym doświadczeniu oraz całkowity brak wyników drugiego eksperymentu. Być może rezultat ten byłby inny, gdyby udało się trafić na większe skupisko chrząszczy zimujących w ściółce, co jednak w warunkach naturalnych jest niezwykle trudne. Warto jednak zwrócić uwagę na brak selektywności biopreparatu w stosunku do różnych grup systematycznych i funkcjonalnych owadów.

Kreutz i in. (2001, 2004b), prowadzący doświadczenia nad sztuczną infekcją chrząszczy *I. typographus* z zastosowaniem zmodyfikowanej pułapki feromonowej, uzyskali efekt transmisji grzyba do żerowisk i wywołania silnych mykoz, a także zmniejszenia gęstości zasiedlenia i skrócenia chodników macierzystych. Doświadczenia te prowadzono wprawdzie w warunkach terenowych, jednakże z zastosowaniem klitek hodowlanych zapobiegających przemieszczaniu się testowanej populacji chrząszczy, a zatem w warunkach w znacznej mierze kontrolowanych. W takich warunkach udawało się osiągnąć śmiertelność chrząszczy dochodzącą do 100% (Kreutz et al. 2000), a także obniżenie zdolności rozrodczych rzędu 23–29% (Vaupel, Zimmermann 1996). Żadnego z tych efektów nie udało się osiągnąć w doświadczeniach przeprowadzonych w warunkach całkowicie naturalnych, gdzie dyspersja zainfekowanych chrząszczy w drzewostanach najprawdopodobniej powoduje rozmycie się efektów stosowania biopreparatu. Stwierdzano natomiast wysokie (dochodzące do 80%) spasożytowanie kornika głównie przez *Coeloides bostrychorum*, który także nie wykazywał oznak zagrzybienia. Liczba składanych jaj i rozwijających się z nich larw nie była mniejsza niż w drzewostanach nieobjętych doświadczeniem, a ewentualne jej obniżenie wynikało jedynie z bardzo dużego zagęszczenia żerowisk (konkurencja). Co więcej, efektu obniżenia zdolności rozrodczych kornika nie uzyskano także w doświadczeniu z użyciem wałków świerkowych chronionych muślinowymi osłonkami, izolującymi populacje zainfekowane i niezainfekowane. Możliwe jest więc, że do braku efektu przyczyniła się stosunkowo niska odporność biopreparatu na warunki środowiskowe (wysoka temperatura, wilgotność), choć starano się zachować określony reżim podczas aplikacji oraz ochronę biopreparatu w pułapkach.

W warunkach laboratoryjnych optymalna dla wzrostu *B. bassiana* temperatura określona została na 23–28°C, minimalna na 5–10°C, a maksymalna na 30–38°C, podczas gdy temperatura 50°C powoduje zamieranie zarodników w ciągu 10 minut (Zimmermann 2007). Zastosowanie opartego na grzybie

owadobójczym *B. bassiana* biopreparatu do zwalczania stonki ziemniaczanej w warunkach polowych nie było skuteczne przy temperaturach dochodzących do 45°C, gdyż wówczas zarodniki grzyba w ogóle nie kiełkują (Sosnowska 2005). Średnia temperatura dochodząca do 24°C była jednak wystarczająca do tego, aby uzyskać dużą skuteczność grzyba, natomiast jej spadek do 19°C był już mniej korzystny dla jego rozwoju, powodując znacznie mniejszą jego skuteczność (Martin et al. 1999). Wiadomo też, że nawet w warunkach wysokich temperatur i niskiej wilgotności Boverol zachowuje swoje właściwości przez okres trzech miesięcy (Kreutz et al. 2001), natomiast według informacji na etykiecie BoVeril jest aktywny przy temperaturze gleby wynoszącej 12–26°C. Panujące podczas wykonywania oprysków oraz w okresie bezpośrednio po nim stosunkowo niskie temperatury najprawdopodobniej nie wpłynęły negatywnie na właściwości biopreparatu. Chłodna pogoda (bez silnego nasłonecznienia) jest bowiem korzystna dla zachowania zarodników *B. bassiana* – według zaleceń producenta (informacja ustna) aplikację powinno się prowadzić raczej w dni pochmurne i niezbyt ciepłe, natomiast istotnym czynnikiem zmniejszającym skuteczność zabiegu mogą być opady deszczu, wskutek zmywania preparatu z opryskanych dłuźyc. Chłodna i deszczowa pogoda nie sprzyja także rójce kornika drukarza i innych owadów, co może ograniczać skuteczność działania zastosowanych pułapek feromonowych. Jednak we wszystkich latach doświadczeń temperatura w okresie późniejszym wzrastała do poziomu 21°C i więcej, wystarczającego do skielkowania zarodników grzyba. Warto także zwrócić uwagę, że wskutek nagrzewania się leżących drzew pułapkowych temperatura i wilgotność ich kory i łyka jest zwykle wyższa niż powietrza, a zatem warunki w środowisku kiełkowania zarodników powinny być zbliżone do określonych jako optymalne dla środowiska glebowego.

Bałazy (1962) w doświadczeniach terenowych polegających na opylaniu chrząszczy *I. typographus* zarodnikami *B. bassiana* stwierdził zamieranie w chodnikach wyłącznie chrząszczy opylonych i brak transmisji grzyba na jaja i larwy. Bardzo słabą transmisję między chrząszczami pokolenia rodzicielskiego i młodego obserwowali także Vaupel i Zimmermann (1996), którzy w eksperymentach polegających na bezpośrednim umieszczaniu chrząszczy zainfekowanych Boverolem na powierzchni świeżych wałków świerkowych w korze, uzyskali śmiertelność korników rzędu 23–29%. Podobne doświadczenia przeprowadzone w ramach niniejszych badań nie przyniosły jednak spodziewanych rezultatów. Zainfekowane (opylone) suchym preparatem BoVeril korniki nie tylko nie zamierały, ale odbywały normalny rozwój i wykształcały żerowiska o parametrach porównywalnych z tymi w wariantcie kontrolnym. Jedynie w przypadku zastosowania suchego Boverolu w 2013 r. nie doszło do założenia żerowisk przez opylone chrząszcze, które prawdopodobnie ginęły w wyniku zatkania przetchlinek zarodnikami grzyba. Może to wynikać z odmiennej konsystencji obu biopreparatów.

Opryski wyrzynków świerkowych zawiesiną wodną obu biopreparatów, wykonywane zarówno przed, jak i po zasiedleniu, nie przyniosły żadnych ze spodziewanych efektów. Nie stwierdzono zwiększonej śmiertelności lub zmniejszonych

zdolności rozrodczych kornika, a w żerowiskach spotykano jedynie pojedyncze egzemplarze chrząszczy przerośniętych mycelium. Jednakże wcześniejsze próby stosowania oprysków także nie przyniosły nadzwyczajnych rezultatów. Cichońska i Świeżyńska (1993) uzyskały bardzo niski (1,7%) odsetek chrząszczy porażonych przez *B. bassiana* przy zastosowaniu oprysku wałków przed zasiedleniem, natomiast Jakuś i Błażenec (2011), opryskujący ścięte drzewa zasiedlone, określili stopień zainfekowania korników na niemal 29%, przy czym podają oni niejasne informacje o wielkości badanej próby oraz sposobie obliczania udziału zainfekowanych owadów, wobec czego trudno jest ocenić rzeczywisty efekt tego doświadczenia.

Praktycznie za jedyny efekt zastosowania biopreparatów można uznać zmniejszenie intensywności wydzielania się posuszu zasiedlonego przez korniki, jakie nastąpiło w rejonie badań w okresie ich prowadzenia. Wprawdzie na całym obszarze Nadl. Jeleśnia w okresie tym zarysowała się spadkowa tendencja intensywności wydzielania się drzew zasiedlonych (Grodzki 2013), jednak biorąc pod uwagę zbliżony poziom tego wydzielania w leśnictwach Koszarawa Bystra i Sopotnia Potok w latach poprzedzających rozpoczęcie doświadczeń zauważalne jest wyraźne załamanie tempa ich zamierania w rejonie stosowania biopreparatu. Różnica ta jest jeszcze wyraźniejsza przy porównaniu kompleksów oddziałów położonych w podobnych warunkach wysokości n.p.m. i ekspozycji, objętych – przed zastosowaniem biopreparatu – wydzielaniem się posuszu o zbliżonym nasileniu. Wprawdzie drzewostany „kontrolne” znajdują się w niewielkiej odległości od rezerwatu „Romanka”, w którym nie prowadzi się czynnej ochrony lasu, jednak nie jest to sąsiedztwo bezpośrednie. Biorąc pod uwagę zbliżony wyjściowy (przed rozpoczęciem doświadczeń) poziom wydzielania się posuszu czynnego w obu obiektach, można zatem mówić o znacznym jego obniżeniu w drzewostanach poddanych eksperymentalnej aplikacji biopreparatu zawierającego *B. bassiana*. O efekcie zastosowania *B. bassiana* w połączeniu z innymi metodami ochrony lasu przed kornikami (podobnie jak to miało miejsce w drzewostanach leśnictwa Koszarawa Bystra) wspominają Vakula i in. (2012). Wydaje się jednak, że taki wynik nie stanowi bezpośredniego dowodu na skuteczność biopreparatu, a tym bardziej wystarczającej przesłanki potwierdzającej możliwość zastosowania tej metody w ochronie świerczyn przed kornikiem drukarzem i towarzyszącymi mu owadami kambiofagicznymi.

Sosnowska (2013) zwraca uwagę, że stosowanie grzybów pasożytniczych w praktyce ochrony roślin często jest mało skuteczne, gdyż powodzenie zwalczania biologicznego uwarunkowane jest poznaniem zjawisk zachodzących w układzie paszyt-żywiciel-środowisko. Jednak w warunkach naturalnych grzyby owadobójcze odgrywają bardzo ważną rolę i regulują populacje wielu szkodników. Karg i Bałazy (2009) wykazali, że lasy sprzyjają rozwojowi grzybów owadzych i podkreślają, że lasy są ponad 2-krotnie bogatsze w gatunki grzybów owadobójczych niż agroekosystemy, a w związku z tym mogą bez działania człowieka w sprzyjających warunkach zredukować populacje wielu szkodników.

Podjmując badania przedstawione w niniejszym opracowaniu zakładano, że ich wyniki posłużą jako podstawa do opracowania wytycznych dla praktyki leśnej co do możliwości stosowania metod opartych na owadobójczym działaniu grzyba *B. bassiana*. W szczególności chodziło o ich ewentualne wprowadzenie do postępowania ochronnego w zakresie ograniczania populacji owadów kambiofagicznych w drzewostanach świerkowych objętych restrykcjami wynikającymi z ich funkcji ochronnych. Mimo że stwierdzono pośredni efekt ochronny w postaci zmniejszenia się ilości posuszu czynnego w obszarze objętym doświadczeniami w porównaniu z drzewostanami kontrolnymi, należy stwierdzić, że przedstawione wyniki trzyletnich doświadczeń nie dają wystarczających podstaw do rekomendowania tej metody jako elementu postępowania ochronnego w drzewostanach świerkowych zagrożonych przez owady z zespołu kornika drukarza. Stwierdzenie to jest istotne wobec podejmowanych przez producentów lub dystrybutorów biopreparatów prób zainteresowania jednostek Lasów Państwowych wprowadzeniem ich do praktyki ochrony lasu. Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że wykorzystanie biopreparatów zawierających *B. bassiana* w ochronie świerczyn przed kambiofagami pozostaje nadal „obiecującą perspektywą”. Potrzeba większej ilości badań w środowisku leśnym, które pozwolą lepiej poznać zależności zachodzące między grzybami pasożytniczymi, owadami i roślinami, jak również wpływ warunków naturalnych na skuteczność zabiegów z zastosowaniem grzybów owadobójczych. Dzięki temu będzie można opracować strategię praktycznego zastosowania biopreparatów opartych na grzybach owadobójczych do ograniczania liczebności populacji szkodników lasów.

## 5. Wnioski

1. W wyniku trzyletnich badań nad zastosowaniem biopreparatów zawierających zarodniki owadobójczego grzyba *Beauveria bassiana* w warunkach lasu gospodarczego nie uzyskano zadowalających efektów prowadzących do ograniczenia liczebności populacji korników występujących na świerku pospolitym.

2. Chrzążce kornika drukarza na dłuźcach opryskanych lub opylonych preparatem (zarówno przed, jak i po zasiedleniu) w zdecydowanej większości kończyły rozwój lub ulegały spasożytowaniu przez błonkówki (zwłaszcza *Coeloides bostrychorum*), które także kończyły rozwój.

3. Stwierdzono, że chrząszcze odławiające się do zmodyfikowanych pułapek feromonowych zawierających biopreparat opuszczają je mając na ciele zarodniki *B. bassiana*. Zbyt duża ilość suchego preparatu na ciele korników powoduje ich zamieranie, prawdopodobnie wskutek fizycznego działania preparatu (zatykanie przetchlinek).

4. Nie stwierdzono objawów transmisji preparatu grzybowego do żerowisk chrząszczy. Na analizowanych pułapkach klasycznych oraz drzewach zasiedlonych stojących w sąsiedztwie pułapek praktycznie nie znajdowano chrząszczy przerośniętych mycelium.

5. Stwierdzono ograniczony efekt owadobójczy preparatu w odniesieniu do owadów (kambio- i ksylofagów oraz drapieżców) zimujących w ściółce.

6. W doświadczeniach z bezpośrednim infekowaniem chrząszczy przed i po założeniu żerowisk nie stwierdzono oznak działania biopreparatów na rozwój kolejnych stadiów kornika drukarza ani na jego zdolności rozrodcze.

7. Stwierdzono pośredni efekt ochronny w postaci zmniejszenia się ilości posuszu czynnego w obszarze objętym doświadczeniami, w porównaniu z drzewostanami kontrolnymi. We wszystkich tych drzewostanach stosowane jednak były także standardowe metody ochrony lasu przed owadami kambiofagicznymi.

8. Testowana metoda ograniczania liczebności populacji kornika drukarza i współwystępujących z nim owadów kambiofagicznych z zastosowaniem grzyba *B. bassiana* wymaga dalszych badań. Na obecnym etapie nie ma wystarczających podstaw do rekomendowania jej jako elementu postępowania ochronnego w drzewostanach świerkowych zagrożonych przez owady z zespołu kornika drukarza.

## Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

## Podziękowania i źródła finansowania

Badania zrealizowano w ramach tematu BLP-373 finansowanego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych w latach 2011–2013.

Autorzy serdecznie dziękują pracownikom Nadleśnictwa Jeleśnia za udostępnienie danych z baz SILP oraz wsparcie w badaniach terenowych.

## Literatura

- Bałaży S. 1962. Obserwacje nad występowaniem niektórych grzybów owadobójczych z grupy *Fungi Imperfecti* na owadach leśnych. *Polskie Pismo Entomologiczne Seria B, Entomologia Stosowana* 2–3 (27–28): 149–164.
- Bałaży S. 1966. Organizmy żywe jako regulatory liczebności populacji korników w drzewostanach świerkowych ze szczególnym uwzględnieniem owadobójczych grzybów. I. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk XXI*, 1: 3–50.
- Bałaży S. 1968. Analysis of bark beetle mortality in spruce forests in Poland. *Ekologia Polska (A)* 16(33): 657–687.
- Bałaży S. 2012. Antagonistyczne oddziaływania pomiędzy bezkręgowcami a ich patogenami grzybowymi w żerowiskach kambio- i ksylofagów, w: A. Mazur (red.) *Ochrona lasu – wybrane problemy historyczne i współczesne*. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu: 51–63. ISBN 978-83-7160-669-4.
- Bałaży S. 2013. Organizmy entomopatogeniczne, w: W. Grodzki (red.) *Kornik drukarz *Ips typographus* (L.) i jego rola w ekosystemach leśnych*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa: 46–49. ISBN 978-83-63895-08-2.
- Bałaży S., Bargielski J., Ziółkowski G., Czerwińska C. 1967. Śmiertelność dorosłych chrząszczy kornika drukarza – *Ips typographus*.

- graphus* (L.) (Col., Scolytidae) w żerowiskach i jej przyczyny. *Polskie Pismo Entomologiczne* 37(1): 201–205.
- Cichońska A., Świeżyńska H. 1993. Próby zastosowania biopreparatów grzybowych do ograniczania liczebności populacji niektórych szkodliwych owadów leśnych. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa* 761–769: 137–144.
- Głowacka B., Świeżyńska H. 1993. Grzyby owadobójcze występujące na owadach leśnych. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa* 761–769: 117–136.
- Grodzki W. 2007. Wykorzystanie pułapek feromonowych do monitoringu populacji kornika drukarza w wybranych parkach narodowych w Karpatach. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Rozprawy i Monografie* 8: 1–127. ISBN 978-83-87647-69-8.
- Grodzki W. 2010. The decline of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. stands in Beskid Śląski and Żywiecki: theoretical concept and reality. *Beskydy* 3(1): 19–26.
- Grodzki W. 2013. Zagrożenie lasów górskich i podgórskich, w: Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce w 2012 roku. *Instytut Badawczy Leśnictwa, Analizy i Raporty* 20: 124–137. ISBN 978-83-62830-16-9,
- Jakuš R., Blaženc M. 2011. Treatment of bark beetle attacked trees with entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 53(2): 150–155.
- Karg J., Bałazy S. 2009. Wpływ struktury krajobrazu na występowanie agrofagów i ich antagonistów w uprawach rolniczych. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 49(3): 1015–1034.
- Karpiński J.J. 1935. Przyczyny ograniczające rozmnażanie się korników drukarzy (*Ips typographus* L. i *Ips duplicatus* Sahlb.) w lesie pierwotnym. *Instytut Badawczy Lasów Państwowych Warszawa, Seria A Rozprawy i sprawozdania* 15: 1–65.
- Kreutz J., Vaupel O., Zimmermann G. 2004a. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. against the spruce bark beetle, *Ips typographus* L., in the laboratory under various conditions. *Journal of Applied Entomology* 128(6): 384–389. DOI: 10.1111/j.1439-0418.2004.00813.384–389.
- Kreutz J., Zimmermann G., Marohn H., Vaupel O., Mosbacher G. 2000. Preliminary investigations on the use of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and other control methods against the bark beetle *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) in the field. *Bulletin OILB/SROP* 23(2): 167–173. ISBN 92-9067-119-X.
- Kreutz J., Zimmermann G., Marohn H., Vaupel O., Mosbacher G. 2001. Freilandversuche zum Einsatz von *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. zur biologischen Bekämpfung des Buchdruckers *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae). *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 13: 465–470.
- Kreutz J., Zimmermann G., Vaupel O. 2004b. Horizontal transmission of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* among the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in the laboratory and under field conditions. *Biocontrol Science and Technology* 14(8): 837–848. DOI: 10.1080/788222844.
- Kunca A., Vakula J., Leontovyč R., Gubka A. 2009. Využitie entomopatogénnej huby *Beauveria bassiana* v ochrane smreka, w: A. Kunca (ed.) Aktuálne problémy v ochrane lesa. Národné lesnícke centrum Zvolen: 91–97. ISBN 978-80-8093-081-3.
- Landa Z., Kalista M., Křenová Z., Vojtěch O. 2008. Praktické využití entomopatogenní houby *Beauveria bassiana* proti lýkožrotu smrkovému *Ips typographus*, w: O. Vojtěch, P. Šustr (eds.) Ekologické metody ochrany lesa před podkorním hmyzem. Sborník referátů ze semináře, Sborníky z výzkumu na Šumavě-sešit 1. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk: 62–71.
- Landa Z., Křenová Z., Vojtěch O. 2007. Využití houby *Beauveria bassiana* v ochraně proti lýkožrotu smrkovému. *Lesnická práce* 10: 14–15.
- Markova G. 2000. Pathogenicity of several entomogenous fungi to some of the most serious forest insect pests in Europe. *Bulletin OILB/SROP* 23(2): 231–239. ISBN 92-9067-119-X.
- Markova G., Samshinyakova A. 1990. Laboratory studies on the effect of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on larvae of *Lymantria dispar*. *Nauka za Gorata* 27(1): 81–84.
- Martin P.A.W., Schroder R.F.W., Poprawski T.J., Lipa J.J., Sosnowska D., Hausvater E., Rasocha V. 1999. The effect of high temperatures on the susceptibility of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) to *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin in Poland, the Czech Republic and the United States. *Vědecké práce, Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod*, 13: 69–77.
- Onyško Z., Starzyk J.R. 2011. Przewidywanie rozmieszczenia zimujących chrząszczy kornika drukarza (*I. typographus* L.) i kornika zroszobębnego (*I. duplicatus* C. R. Sahlb.). *Sywan* 155(1): 21–30.
- Sierpińska A., Grodzki W. 2012. Badania nad wykorzystaniem *Bacillus thuringiensis* i entomopatogennych grzybów w ochronie lasu, w: I. Skrzecz, A. Sierpińska (red.) Kierunki rozwoju patologii owadów w Polsce. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary: 144–155. ISBN 978-83-62830-11-4.
- Sosnowska D. 2005. Biopreparaty grzybowe w biologicznym zwalczaniu upraw szklarniowych i polowych. *Postępy Nauk Rolniczych* 5: 17–27.
- Sosnowska D. 2013. Postępy w badaniach i wykorzystanie grzybów pasożytniczych w integrowanej ochronie roślin. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 53(4): 747–750.
- Vakula J., Gubka A., Galko J., Varkonda Š. 2012. Aplikácia entomopatogénov do populácie škodcov s využitím feromónových lapačov, w: A. Kunca (ed.) Aktuálne problémy v ochrane lesa. Národné lesnícke centrum Zvolen: 92–96. ISBN 978-80-8093-161-2.
- Vakula J., Varkonda Š., Galko J., Gubka A., Kunca A., Zúbrik M. 2010. Rozvoj súčasných technických možností pri štúdiu niektorých spôsobov aplikácie entomopatogénnej huby *Beauveria bassiana* v rámci biologických metód ochrany lesa, w: A. Kunca (ed.) Aktuálne problémy v ochrane lesa. Národné lesnícke centrum Zvolen: 64–68. ISBN 978-80-8093-108-7.
- Vaupel O., Zimmermann G. 1996. Orientierende Versuche zur Kombination von Pheromonfallen mit dem insektenpathogenen Pilz *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. gegen die Borkenkäferart *Ips typographus* L. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 69(8): 175–179.
- Wegensteiner R. 1992. Untersuchungen zur Wirkung von *Beauveria*-Arten auf *Ips typographus* (Col., Scolytidae). *Bulletin OILB/SROP* 8(1-3): 104–106.
- Wegensteiner R. 1996. Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. against the bark beetle, *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae). *Bulletin OILB/SROP* 19(9): 186–189.
- Zimmermann G. 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology* 17: 553–596. DOI:10.1080/09583150701309006.

## Wkład autorów

W.G. – koncepcja badań, opracowanie metodyki, badania terenowe, opracowanie wyników, przygotowanie maszynopisu; M.K. – badania terenowe, koncepcja i wykonanie modyfikacji pułapek i fotoeklektorów, zestawienie wyników.