

INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA
ZAKŁAD GOSPODARKI LEŚNEJ REGIONÓW GÓRSKICH

**Zastosowanie grzyba *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. w ochronie
drzewostanów świerkowych przed kornikiem drukarzem
i innymi owadami kambiofagicznymi**

Rodzaj opracowania:	Sprawozdanie końcowe
Nr tematu / umowy:	BLP-373 / OR-2717-31/11
Zlecniodawca:	Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych w Warszawie

Główny autor:	dr hab. inż. Wojciech Grodzki
Współautorzy:	dr inż. Mieczysław Kosibowicz dr hab. Iwona Skrzecz

Termin rozpoczęcia: kwiecień 2011
Termin zakończenia: grudzień 2013

Kierownik Zakładu wiodącego:

Dyrektor Instytutu:

.....
(miejscowość, data)

Kraków – Sękocin Stary, grudzień 2013

Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Przegląd literatury	4
3. Cel i zakres badań	5
4. Teren i metodyka badań	6
Zakres doświadczeń	8
Pułapki klasyczne opryskane zawiesiną wodną oraz opylone suchym biopreparatem.....	10
Pułapki feromonowe zawierające preparat w formie suchej.....	11
Pułapki „mokre”	12
Analizy zasiedlenia posuszu stojącego i drzew pułapkowych	13
Bezpośrednie infekowanie chrząszczy	14
Zimowanie.....	15
Ocena skuteczności i efektu ochronnego	16
5. Wyniki badań	18
Warunki pogodowe	18
Ocena efektu bezpośredniego na pułapkach klasycznych traktowanych preparatem.....	20
Zmodyfikowane pułapki feromonowe z biopreparatem	21
Analizy zasiedlenia posuszu stojącego i drzew pułapkowych	22
Bezpośrednie infekowanie chrząszczy	27
Zimowanie.....	29
Ocena efektu ochronnego – wydzielanie się posuszu czynnego.....	30
6. Podsumowanie i dyskusja	34
7. Wnioski	38
Literatura	39

1. Wstęp

Zwalczanie owadów kambiofagicznych w świerczynach należy do trudnych, kosztownych i pracochłonnych zabiegów ochroniarskich. Dotyczy to zwłaszcza do terenów górskich, gdzie świerk odgrywa szczególnie ważną rolę, a zagrożenie ze strony kambiofagów od lat jest wysokie. W ostatnim okresie pojawiły się nowe idee i technologie w zakresie ochrony lasu przed kambiofagami. Obiecującym kierunkiem w tym zakresie jest wykorzystanie organizmów entomopatogenicznych, zwłaszcza grzyba *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., wpisujące się w proekologiczny model gospodarki leśnej. Jest to organizm naturalnie występujący w środowisku leśnym, wykazujący działanie owadobójcze. Istnieją już wyniki wstępnych badań nad możliwością jego zastosowania, wykonanych m.in. w Niemczech, Czechach i na Słowacji. Wykorzystanie tej technologii miałoby ogromne znaczenie zwłaszcza w drzewostanach górskich, objętych ograniczeniami wynikającymi z ich statusu lub pełnionych funkcji ochronnych. Wobec oczekiwań ze strony służb ochrony lasu, dotyczących określenia możliwości zastosowania u nas metod przyjaznych środowisku, uznano za celowe przeprowadzenie badań nad zastosowaniem do ograniczania populacji kornika drukarza i gatunków towarzyszących preparatów opartych na grzybach entomopatogenicznych (*B. bassiana*), w aspekcie ich efektywności i określenia możliwości wprowadzenia do praktyki leśnej w Polsce. Odmienne niż miało to miejsce w Republice Czeskiej czy na Słowacji, w warunkach Polski stosowanie tej metody dotyczyłoby nie tyle obszarów chronionych, jak parki narodowe i rezerваты przyrody (ze względu na ograniczenia wynikające z ich statusu ochronnego), ile terenów górskich z lasami, pełniącymi m.in. funkcje wodochronne i z tego względu objętymi ograniczeniami w stosowaniu środków ochrony roślin.

2. Przegląd literatury

O grzybie *Beauveria bassiana* jako przyczynie śmiertelności kornika drukarza wspominał już w okresie międzywojennym Karpiński (1935). 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 i in. 1967). Głowacka i Świeżyńska, podsumowując wyniki 20-letnich badań, wymieniają w odniesieniu do kornika drukarza jedynie dwa gatunki związanych z nim grzybów owadobójczych, w tym *Beauveria 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* dawały niezmiennie bardzo zachęcające rezultaty; zazwyczaj wysoka była również śmiertelność w zamkniętych hodowlach (Bałazy 2013). W wyniku prowadzonych w ciągu ostatnich kilkunastu lat badań laboratoryjnych nad efektywnością oddziaływania patogena oraz jego rozprzestrzeniania się w środowisku (Wegensteiner 1992, 1996; Markova, Samshinyakova 1990; Markova 2000; Kreutz i in. 2004a,b) opracowana została metoda aplikacji grzyba, która następnie była testowana w warunkach terenowych (Vaupel, Zimmermann 1996; Kreutz i in. 2000, 2001, 2004b). Próby stosowania *B. bassiana* za pomocą oprysku wałków świerkowych, prowadzone w Polsce, nie przyniosły zadowalających rezultatów (Cichońska, Świeżyńska 1993). Natomiast w doświadczeniach przeprowadzonych w ostatnich latach na w obszarach chronionych (Park Narodowy Šumava) w Czechach (Landa i in. 2007, 2008), a także na Słowacji (Kunca i in. 2009, Vakula i in. 2010), uzyskano zachęcające wyniki. W najświeższych próbach zastosowania wodnej zawiesiny biopreparatu do oprysku ściętych drzew zasiedlonych przez kornika drukarza, wykonanych na Słowacji w 2007 roku, uzyskany został stopień zainfekowania populacji kornika drukarza oceniony na prawie 29% (Jakuš, Blaženec 2011).

Obecnie istnieje już kilka preparatów, które próbowano zastosować w praktyce przy pomocy odpowiednio zmodyfikowanych pułapek feromonowych (Vaupel, Zimmermann 1996). Znany jest preparat Boverol (Fytovita s.r.o., Rep. Czeska), zawierający zarodniki *B. bassiana*, który testowany był w warunkach półnaturalnych (klatki hodowlane umieszczone w

lesie) z dobrymi rezultatami (Kreutz i in. 2000, 2004b). Próby jego aplikacji przy pomocy zmodyfikowanych pułapek feromonowych w warunkach całkowicie naturalnych nie przyniosły spodziewanych efektów bezpośrednich (Vakula i in. 2010), jednak zastosowanie biopreparatu wraz innymi metodami czynnej ochrony w lasach wojskowych w centralnej Słowacji przyczyniło się do zahamowania gradacji kornika drukarza w latach 2009-2011 (Vakula i in. 2012). Istnieje także preparat BoVeril (Bioved 2005 Kft., Węgry), który w roku 2009 był poddany bardzo wstępnym testom (bez sukcesów) na terenie Beskidu Śląskiego, Żywieckiego i Sądeckiego w Polsce, a w roku 2008 na Słowacji, gdzie także nie uzyskano oczekiwanych rezultatów (Kunca i in. 2009). Wobec tak niejednoznacznych wyników, a równocześnie – agresywnych działań marketingowych słowackich dystrybutorów biopreparatu skierowanych do szeregu nadleśnictw południowej Polski uznano, że tylko przeprowadzenie metodycznych badań nad zastosowaniem tych i podobnych preparatów w świerczynach objętych gradacjami kornika w Polsce pozwoliłoby na dokonanie oceny możliwości wprowadzenia tej przyjaznej środowisku metody do praktyki leśnej. Miałaby ona zastosowanie zwłaszcza w drzewostanach górskich, objętych restrykcjami w zakresie dostępnych metod ochrony lasu, ze względu na spełniane funkcje ochronne (Sierpińska, Grodzki 2012).

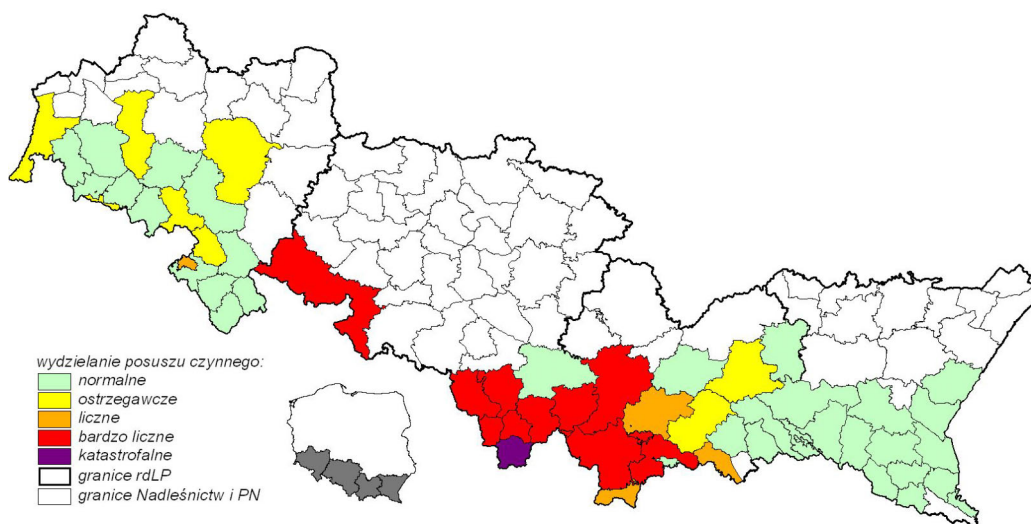
3. Cel i zakres badań

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) oraz wykonalności (technologia aplikacji).

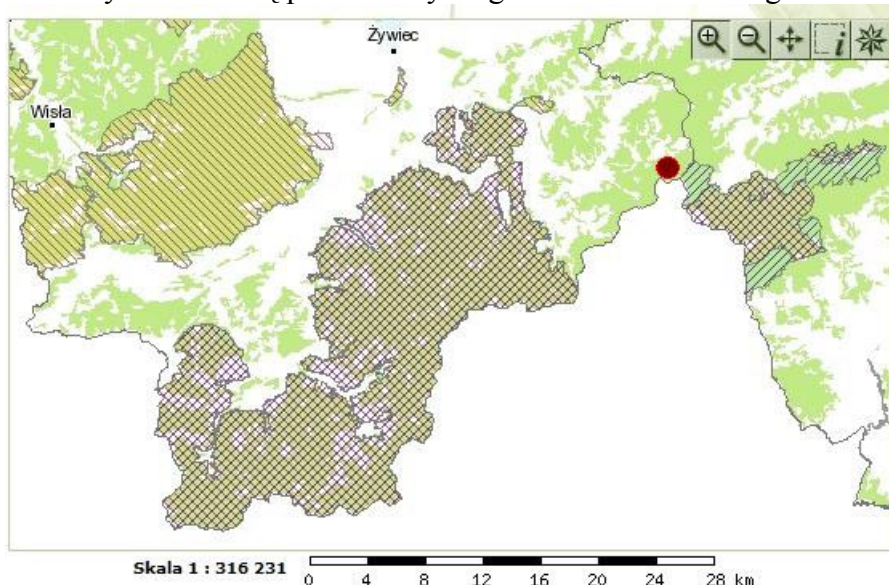
Wyniki uzyskane podczas realizacji badań stanowią podstawę do opracowania rekomendacji dla praktyki leśnej odnośnie możliwości wprowadzenia metod opartych na owadobójczym działaniu grzyba *Beauveria bassiana* do postępowania ochronnego w zakresie ograniczania populacji owadów kambiofagicznych w drzewostanach świerkowych objętych ich gradacjami, a równocześnie – restrykcjami wynikającymi z pełnionych funkcji ochronnych.

4. Teren i metodyka badań

We wstępnej fazie prac dokonano wyboru terenu badań, kierując się w pierwszym rzędzie rozeznaniem w zakresie zagrożenia drzewostanów świerkowych ze strony kornika drukarza. Na podstawie tego rozeznania uznano, że badania powinny zostać zlokalizowane w rejonie Beskidu Żywieckiego, gdzie w 2010 roku nadal utrzymywała się podwyższona frekwencja owadów kambiofagicznych, wyrażająca się miąższością pozyskanego posuszu zasiedlonego (ryc. 1). Z uwagi na charakter doświadczeń uznano także, że powinny one być prowadzone poza obszarem sieci Natura 2000. 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, we wschodniej części Nadl. Jeleśnia (ryc. 2).

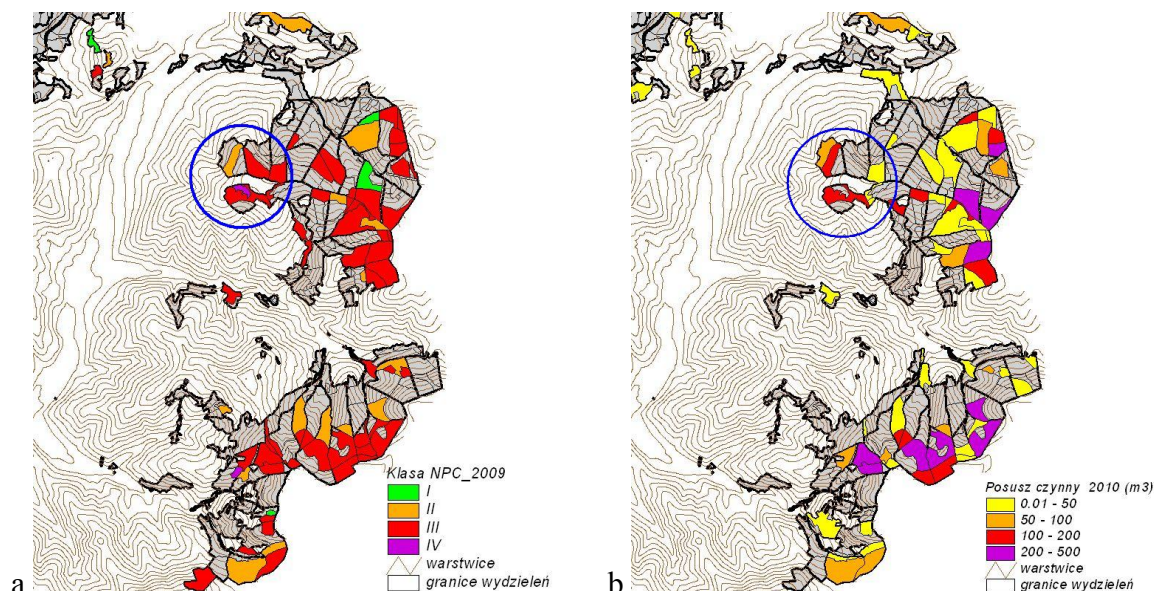


Ryc. 1. Nasilenie wydzielania się posuszu czynnego w nadleśnictwach górskich w 2010 roku



Ryc. 2. Położenie obszarów Natura 2000 w Beskidzie Żywieckim. Czerwonym kółkiem zaznaczono lokalizację doświadczeń terenowych.

Kierując się powyższymi przesłankami jako obszar badań wybrano teren Leśnictwa Koszarawa Bystra w Nadl. Jeleśnia. Szczegółowego wyboru lokalizacji doświadczeń dokonano w oparciu o dane o nasileniu wydzielania się posuszu czynnego w latach 2009 i 2010 (ryc. 3) oraz przegląd terenowy drzewostanów tego leśnictwa.



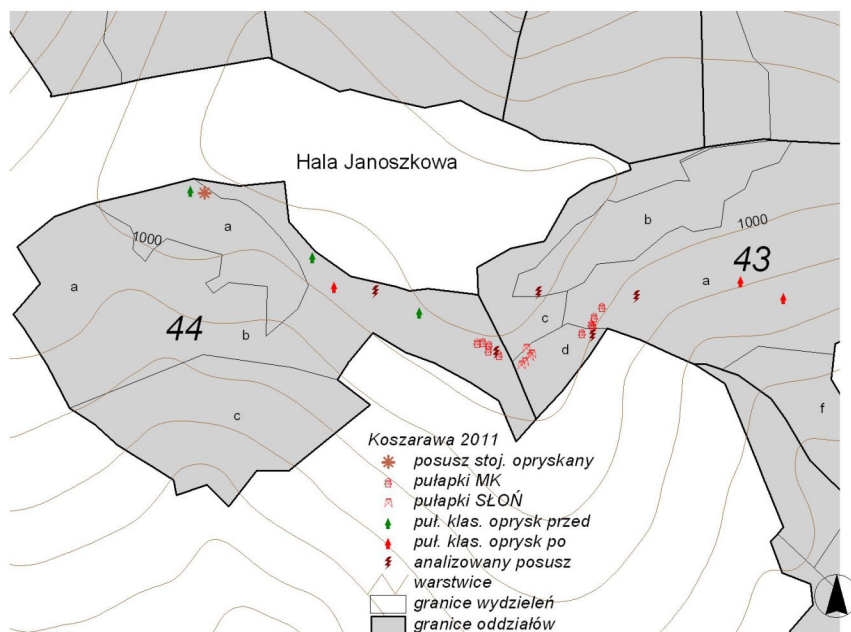
Ryc. 3. Wydzielanie się posuszu czynnego w Leśnictwach Koszarawa Cicha i Koszarawa Bystra (Nadl. Jeleśnia): a) wg wartości współczynnika NPC w 2009 r., b) wg miąższości pozyskanych drzew zasiedlonych w 2010 r. Kółkiem zaznaczono obszar wybrany do doświadczeń.

Kompleks leśny wybrany do badań 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 świerczyny o udziale świerka 7-10 w wieku od ok. 90 do 110 lat oraz występujące między nimi buczyny z udziałem świerka i jodły (tab. 1).

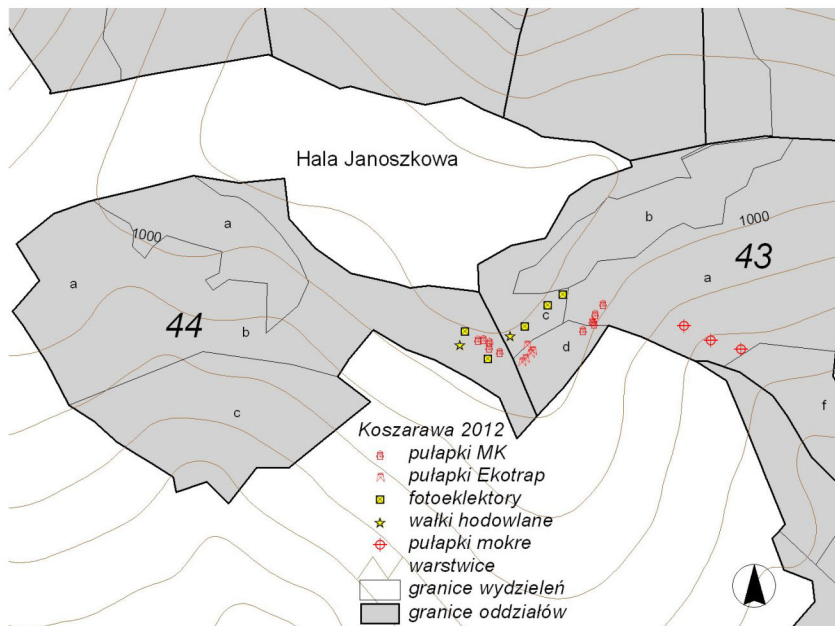
Tabela 1. Wybrane cechy taksacyjne drzewostanów objętych badaniami

oddział	wydział	powierzchnia ha	typ siedliskowy	gleba	skład gatunkowy	wiek świerka
43	a	11,68	LGśw	BRk	6Św3Bk1Jd	95
	b	2,83	LMGśw	BRk	8Bk2Św	100
	c	2,04	LGśw	BRk	7Bk3Św	50
	d	1,07	LMGśw	BRwy	10Św	90
	f	3,28	LGW	BRw	10Św	110
44	a	2,67	LMGśw	BRwy	7Bk3Św	100
	b	11,34	LMGśw	BRwy	9Św1Bk	100
	c	8,14	LGśw	BRwy	8Bk1Jd1Św	90

Doświadczenia zlokalizowano ostatecznie w oddziałach 43 i 44, w drzewostanach świerkowych o silnie rozluźnionym zwarciu, z licznymi lukami powstałymi wskutek usunięcia drzew zasiedlonych z gniazd kornikowych. Układ doświadczeń przedstawiają ryc. 4 i 5.



Ryc. 4. Układ doświadczeń terenowych w sezonie wegetacyjnym 2011 roku – Nadl. Jeleśnia, leśn. Koszarawa Bystra oddz. 43 i 44



Ryc. 5. Układ doświadczeń terenowych w sezonach wegetacyjnych 2012 i 2013 roku – Nadl. Jeleśnia, leśn. Koszarawa Bystra oddz. 43 i 44

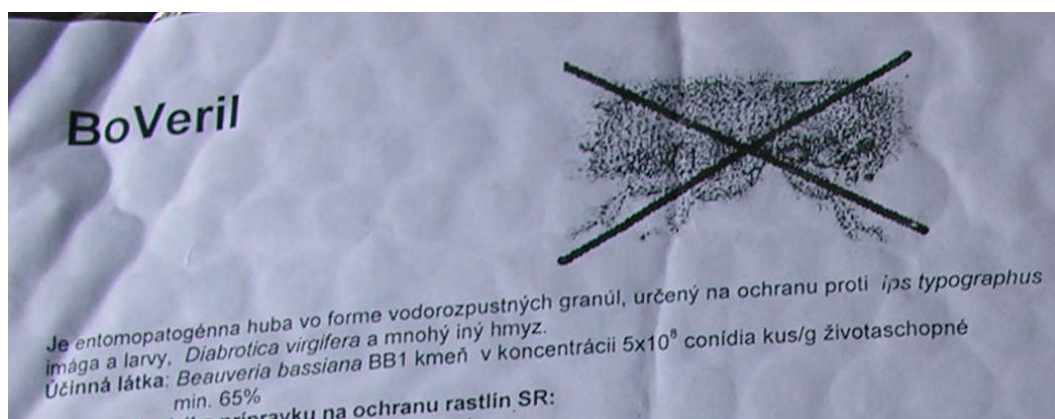
Zakres doświadczeń

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, a mianowicie:

1. podczas sezonu wegetacyjnego:
 - w fazie rójki chrząszczy,
 - w fazie zakładania żerowisk,
 - na wylatującego chrząszcza;
2. po zakończeniu sezonu wegetacyjnego:
 - na chrząszcze zimujące w ściółce.

Do doświadczeń terenowych w latach 2011-2012 użyto preparatu BoVeril produkcji węgierskiej firmy Bioved 2005 Kft., uzyskanego za pośrednictwem firmy BioTomał ze Słowacji. Preparat ten zawierał zarodniki szczepu BB1 grzyba *B. bassiana* w ilości 5×10^8 na 1 g, o żywotności min. 65%. Preparat ten został specjalnie przygotowany w formie granul rozpuszczalnych w wodzie, odpowiedniej do zwalczania *Ips typographus* (ryc. 6).



Ryc. 6. Etykieta na opakowaniu biopreparatu BoVeril.

W roku 2013 zastosowano na ograniczoną skalę 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.

Testowano następujące metody aplikacji preparatów:

- na leżące wyrzynki w korze (przed i po zasiedleniu) – oprysk i forma sucha,
- na zasiedlone drzewa stojące – oprysk,
- poprzez zmodyfikowane pułapki feromonowe odławiające chrząszcze, które po zainfekowaniu są uwalniane do środowiska – forma sucha,
- na powierzchnię ściółki, do której chrząszcze schodzą na zimowanie – forma sucha,

- na zawieszone wałki świerkowe do infekcji bezpośrednich – roztwór wodny i forma sucha.

Pułapki klasyczne opryskane zawiesiną wodną oraz opylone suchym biopreparatem

W dniu 7 czerwca 2011 r., po długotrwałym oczekiwaniu na względnie korzystną pogodę oraz rójkę kornika drukarza, wykonano pierwsze opryski dłużyce preparatem BoVeril. W oddz. 44 ścięto trzy świerki (ryc. 4), które po okrziesaniu zostały opryskane roztworem 500 g preparatu w 24 litrach wody (ryc. 7a) przy użyciu fabrycznie nowego opryskiwacza plecakowego Solo 425. Dłużyce po opryskaniu przykryto świeżymi gałęziami świerkowymi (ryc. 7b), a do każdej z nich doczepiono dispenser feromonowy Pheroprax ampułka w celu zapewnienia odpowiedniego zasiedlenia pułapek. Równocześnie wykonano także oprysk 1 świerka stojącego, zasiedlonego przez korniki, w strefie do wysokości ok. 3 m. 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.



Ryc. 7. Oprysk dłużyce roztworem wodnym preparatu (a) oraz opryskane dłużyce przykryte gałęziami, z doczepionym feromonem (b)

W dniu 21 czerwca 2011 dokonano powtórnego oprysku tych samych drzew pułapkowych, który wykonano 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 lipca 2011 r. dokonano oprysku przygotowanych wcześniej drzew pułapkowych bez feromonu, które w międzyczasie zostały zasiedlone przez korniki. Oprysk wykonano na 3 dłużycach zużywając 200 g roztworu 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 wylotu młodego pokolenia chrząszczy (spodziewana dyspersja grzyba w populacji korników).

W dniu 16 maja 2013 roku wykonano przy pomocy opryskiwacza plecakowego Solo 425 opryski dwóch leżących drzew pułapkowych roztworem wodnym biopreparatu Boverol w koncentracji 500 ml suchego preparatu na 5 l wody. 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 sierpnia 2013 oceniając stopień ich zasiedlenia oraz stan rozwoju zasiedlających je owadów.

Pułapki feromonowe zawierające preparat w formie suchej

Do doświadczeń nad infekowaniem rojących się chrząszczy kornika drukarza wykorzystano specjalnie zmodyfikowane lub skonstruowane pułapki feromonowe. W pierwszym roku badań (2011) były to pułapki typu SŁOŃ (ryc. 8a, b) oparte na słowackich pułapkach feromonowych EKOTRAP, ze zmodyfikowanym pojemnikiem na odłowione owady, a także pułapki typu MK.

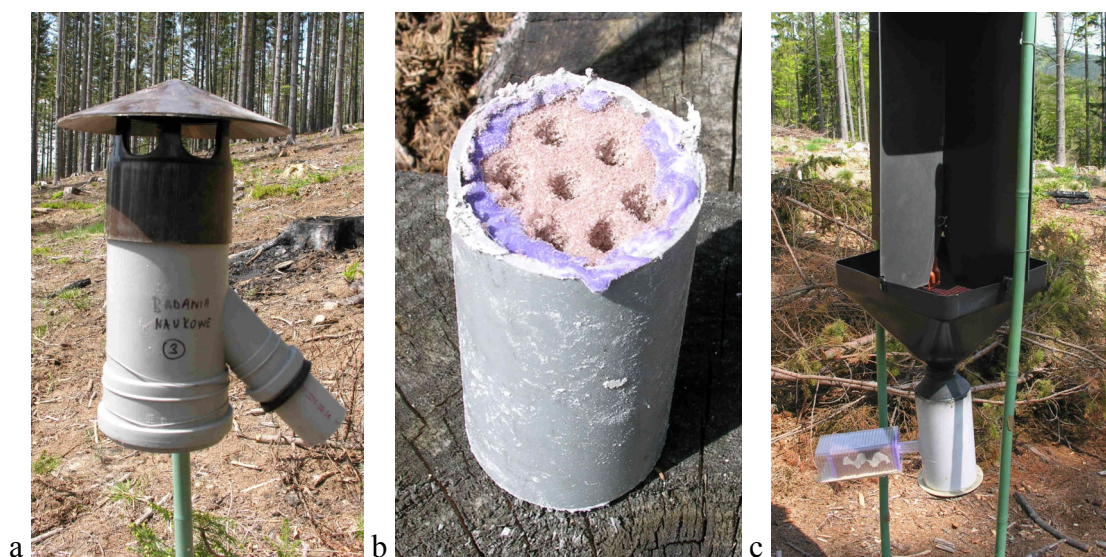


Ryc. 8. Pułapki feromonowe zawierające suchy preparat BoVeril do infekowania chrząszczy kornika drukarza: a) pułapka typu SŁOŃ, b) grupa pułapek SŁOŃ, c) pułapka typu MK

Konstrukcja pułapki SŁOŃ umożliwiała chrząszczom opuszczenie jej przez przezroczystą rurę, na końcu której zainstalowano blaszany pojemnik zawierający preparat BoVeril. Chrząszcze, przechodząc przez ten pojemnik, nabierały na swoje ciało zarodniki grzyba. Do skonstruowania pułapek typu MK (ryc. 8c) wykorzystano gotowe kominki

wentylacyjne, które wyposażono w element zawierający rurę skierowaną ukośnie w dół, umożliwiającą chrząszczom opuszczenie pułapki, a równocześnie chroniącą przed przedostaniem się wody z opadów do wnętrza pułapki, gdzie umieszczono preparat. Ogółem zainstalowano 2 grupy po 5 pułapek typu MK oraz 1 grupę 5 pułapek typu SŁOŃ (ryc. 4, 8b). Do wabienia chrząszczy zastosowano dyspensery Pheroprax ampulka (BASF), które wymieniono po ok. 6 tygodniach od wywieszenia.

W latach 2012 i 2013 kontynuowano doświadczenia nad infekowaniem rojących się chrząszczy kornika drukarza z wykorzystaniem zmodyfikowanych pułapek feromonowych. Pułapki typu MK (ryc. 9a), stosowane w roku 2011, poddano modyfikacji stosując dodatkowy element – rurkę wypełnioną substancją piankową z otworami, zawierającą preparat BoVeril (ryc. 9b), skierowaną ukośnie w dół i umożliwiającą chrząszczom opuszczenie pułapki, a równocześnie chroniącą preparat przed przedostaniem się wody z opadów i bezpośrednim wpływem promieni słonecznych. Pułapki, oparte na słowackich pułapkach feromonowych EKOTRAP, poddano podobnej modyfikacji z zastosowaniem elementu piankowego (ryc. 9c). Chrząszcze, przechodzące przez otwory w piance, nabierały na swoje ciało zarodniki grzyba. Ogółem zainstalowano 2 grupy po 5 pułapek typu MK oraz 1 grupę 5 pułapek typu EKOTRAP (ryc. 5). Do wabienia chrząszczy zastosowano feromony Pheroprax ampulka, które wymieniono po ok. 6 tygodniach od wywieszenia.



Ryc. 9. Pułapki feromonowe zawierające suchy preparat BoVeril do infekowania chrząszczy kornika drukarza: pułapka typu MK (a), element z preparatem (b), pułapka typu Ekotrap (c)

Pułapki „mokre”

W roku 2012 testowano także pułapki bez pojemników, mające postać ekranu zawierającego zarodniki *B. bassiana*. Na ramie z rurek aluminiowych rozpięto worek jutowy,

który nasączono wodnym roztworem preparatu BoVeril, a w środku umieszczono feromon Pheroprax ampulka (ryc. 10a). Preparat na pułapkach okresowo uzupełniano (ryc. 10b).



Ryc. 10. Pułapki „mokre” po zainstalowaniu (a) oraz w trakcie uzupełniania preparatu (b)

Analizy zasiedlenia posuszu stojącego i drzew pułapkowych

W celu określenia parametrów opisujących populacje kornika drukarza wykonywano analizy entomologiczne drzew zasiedlonych, stosując metodę analizy trzech półmetrowych charakterystycznych sekcji strzał: I – w odziomku, II – w połowie między odziomkiem a podstawą korony, III – pod koroną (Grodzki 2007). Sekcje wyznaczano po ścięciu drzewa, dokonując pomiaru ich obwodu (obliczenie powierzchni kory). Rejestrowano liczbę żerowisk poszczególnych gatunków owadów zasiedlających analizowane sekcje strzał.

W 2012 roku przeprowadzono szczegółowe analizy zasiedlenia, rejestrując następujące parametry charakteryzujące stan i dynamikę populacji kornika drukarza:

- gęstość zasiedlenia na analizowanych drzewach (liczba żerowisk, w tym z jednym, dwoma, trzema lub czterema chodnikami macierzystymi),
- występujące stadia rozwojowe,
- strukturę płciową populacji zasiedlającej badane drzewa – przyjmując za liczbę samców liczbę komór godowych, a za liczbę samic – liczbę chodników macierzystych),
- długość chodników macierzystych (w każdej sekcji mierzono 10 chodników z żerowisk z różną liczbą samic),

- rozrodczość efektywną (liczba jaj i rozwijających się z nich larw w chodniku drążonym przez jedną samicę, 10 chodników j.w.),
- śmiertelność owadów w żerowiskach (parazytoidy, grzyby entomopatogeniczne).

W połowie maja 2013 roku w dwóch kompleksach drzewostanów Nadl. Jeleśnia: w oddz. 43a leśnictwa Koszarawa Bystra oraz w oddz. 196ab/199a leśnictwa Romanka Dolna wyłożono po 10 pułapek klasycznych w postaci okrzęsanych 5-metrowych wyrzynków świerkowych, bez feromonu. Pierwszy kompleks objęty był od 2011 roku doświadczeniami z aplikacją preparatów zawierających *B. bassiana*, drugi – oddalony od pierwszego w linii prostej o ponad 13 km i oddzielony obszarem bezleśnym – potraktowano jako kontrolny. W połowie lipca 2013 roku 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, którą – dla zapewnienia standaryzacji wyników – przeliczano na powierzchnię 1 dm².

Bezpośrednie infekowanie chrząszczy

Wobec braku oczekiwanych wyników prób stosowania preparatu z pierwszego roku badań (2011), w 2012 i 2013 r. wykonano doświadczenia nad bezpośrednim infekowaniem chrząszczy kornika drukarza zarodnikami *B. bassiana*. W tym celu przygotowano 9 półmetrowych świeżych wałków świerkowych, które zawieszono na lince między drzewami w grupach po 3 i zamknięto w muślinowych osłonkach (ryc. 11a). Do każdej z osłonek wpuszczono 50 żywych chrząszczy kornika drukarza, odłowionych w innym leśnictwie przy pomocy feromonów syntetycznych i muślinowego ekranu w dniach 22 maja 2012 i 14 czerwca 2013. W każdej z trzech grup na pierwszym wałku umieszczono chrząszcze uprzednio przepuszczone przez suchy preparat, a na pozostałych dwóch – chrząszcze nie zainfekowane. Po upływie ok. 3-4 tygodni (odpowiednio 21 czerwca i 5 lipca) na drugim wałku wykonano iniekcje wodnym roztworem preparatu, aplikując go za pomocą strzykawki (ryc. 11b) do otworów wejściowych, wydrążonych przez chrząszcze podczas zakładania żerowisk. Trzeci wałek z każdej grupy pozostawiono jako kontrolny. Wałki pozostawiono zawieszone aż do końca sezonu wegetacyjnego, a następnie oceniono zagęszczenie i stopień rozwoju żerowisk oraz stopień porażenia chrząszczy przez *B. bassiana*.



Ryc. 11. Wałki świerkowe zawieszone w drzewostanie do doświadczeń nad bezpośrednim infekowaniem chrząszczy (a) oraz wykonywanie iniekcji roztworem preparatu do żerowisk kornika drukarza (b)

Zimowanie

W jesieni (30 listopada) 2011 roku 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: jeden na ściółkę, którą opylono preparatem BoVeril, drugi – na ściółkę nieopyloną (kontrola). Ogółem wyłożono 5 par fotoeklektorów (ryc. 12).



Ryc. 12. Fotoeklektory na zimujące chrząszcze: wyłożenie jesienią 2011 r. (a), kontrola wiosną 2012 r. (b)

Doświadczenie powtórzono wczesną wiosną 2013 roku, umieszczając na ściółce przed rójką kornika drukarza fotoeklektory parami (ryc. 13), przy czym pod jednym z

fotoklektorów każdej pary opylono powierzchnię ściółki preparatem Boverol w formie suchej. Kontroli owadów zebranych do pojemników na fotoklektorach dokonano w lipcu.



Ryc. 13. Fotoklektory na zimujące chrząszcze, wyłożone na ściółce wiosną 2013 r.

Ocena skuteczności i efektu ochronnego

Bezpośrednią ocenę skuteczności działania preparatów przeprowadzono na podstawie:

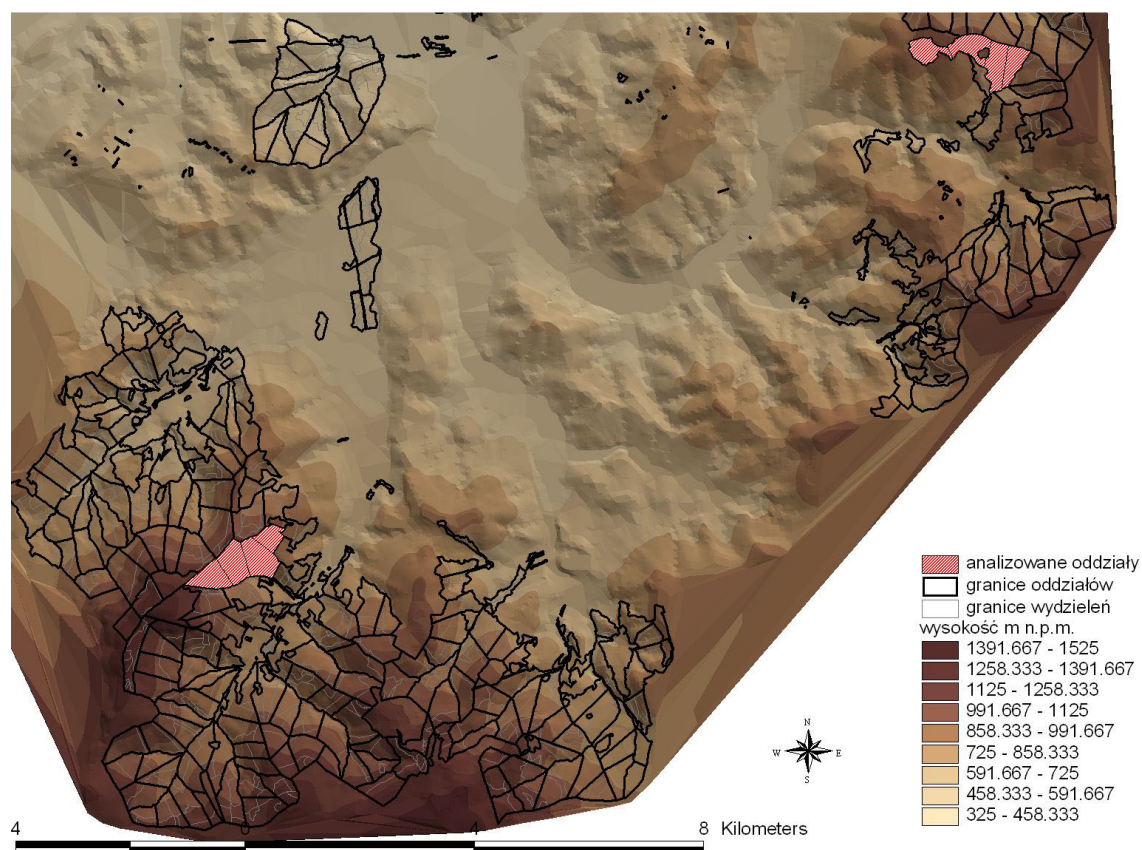
- śmiertelności chrząszczy w żerowiskach (płaty kory z owadami pobierane z drzew podanych zabiegowi oraz z drzew kontrolnych),
- stopnia zainfekowania populacji na podstawie cech makroskopowych (obecność mycelium),
- przy zastosowaniu fotoklektorów (wylęgarek) terenowych umieszczonych na powierzchni ściółki.

Wpływy uboczne zastosowanego preparatu określano na podstawie oceny śmiertelności innych owadów (niebędących celem zabiegów) w żerowiskach korników.

Podczas prowadzenia doświadczeń, zwłaszcza w okresie aplikacji preparatów, rejestrowano podstawowe dane meteorologiczne (temperaturę i wilgotność powietrza lub sumę opadów, warunkujące działanie biopreparatu). Rejestrację tych parametrów prowadzono przy pomocy automatycznych rejestratorów TinyTag Extra montowanych na powierzchniach badawczych oraz za pomocą automatycznej stacji pogodowej Davis Vantage VUE, zamontowanej w lecie 2012 roku gospodarstwie agroturystycznym „Zagroda pod halą” znajdującym się w bezpośrednim sąsiedztwie terenu badań. Korzystano także z danych z monitoringu powiatowego, dostępnych na stronie internetowej www.traxelektronik.pl.

Pośrednia ocena skuteczności zastosowanych preparatów została przeprowadzona na podstawie analizy nasilenia wydzielania się posuszu czynnego w drzewostanach objętych doświadczeniami oraz w drzewostanach kontrolnych, w których nie stosowano preparatów.

W tym celu wybrano dwa kompleksy oddziałów, położone w zbliżonych warunkach wysokości n.p.m. i ekspozycji: 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 (ryc. 14).

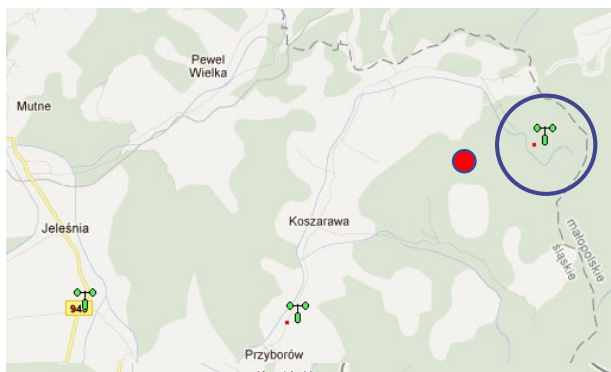


Ryc. 14. Położenie drzewostanów objętych badaniami w leśnictwie Koszarawa Bystra oraz drzewostanów kontrolnych w leśnictwie Sopotnia Potok

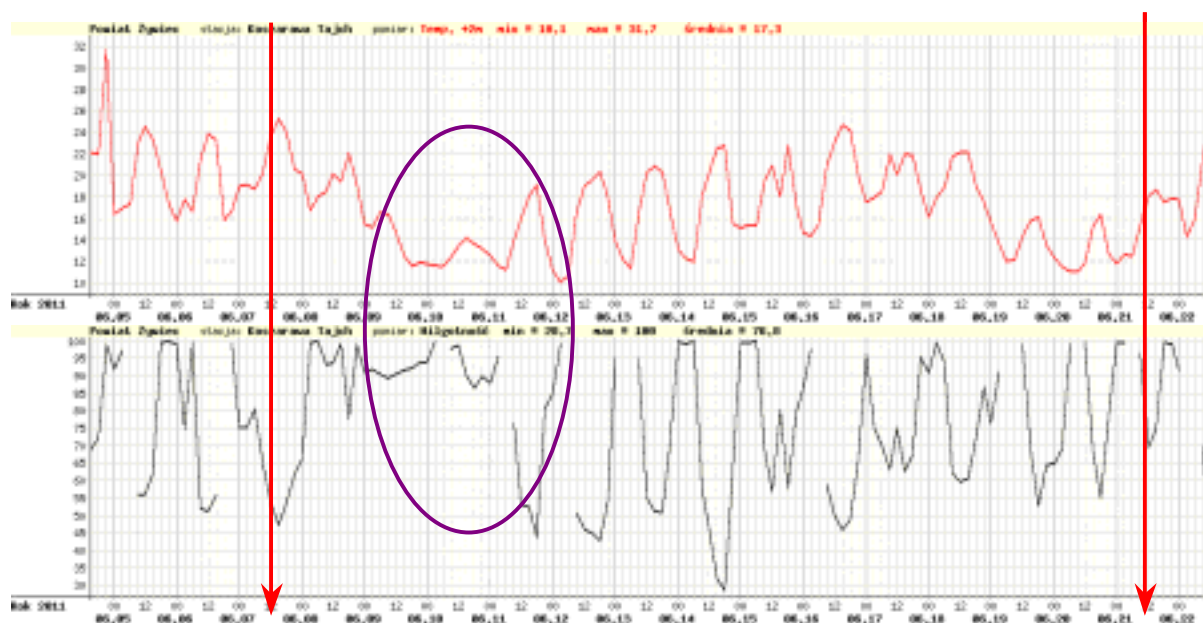
5. Wyniki badań

Warunki pogodowe

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 (ryc. 15) i pozostającej w gestii Starostwa Powiatowego w Żywcu. Dane (ryc. 16) pobrano ze strony internetowej www.traxelektronik.pl.



Ryc. 15. Położenie stacji pomiarowej Koszarawa Tajch (w niebieskim okręgu) względem obszaru badań (czerwony punkt)

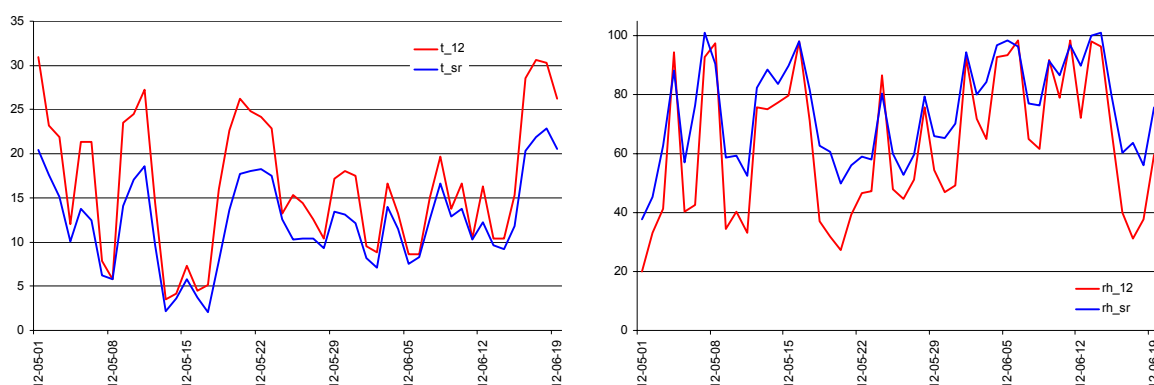


Ryc. 16. Temperatura i wilgotność względna powietrza na stacji pomiarowej Koszarawa Tajch w okresie 5-22.06.2011. Zaznaczono terminy wykonania oprysków preparatem BoVeril (czerwone strzałki) oraz okres chłodu i silnych opadów po wykonaniu pierwszego oprysku (fioletowa elipsa)

Okres obejmujący kolejne opryski dłużyć (kiedy trwało zasiedlanie drzew i miała nastąpić spodziewana infekcja chrząszczy) charakteryzował się chłodną i deszczową pogodą (ryc. 16), a także zimnymi nocami (10-12°C). O ile chłodna pogoda (bez silnego

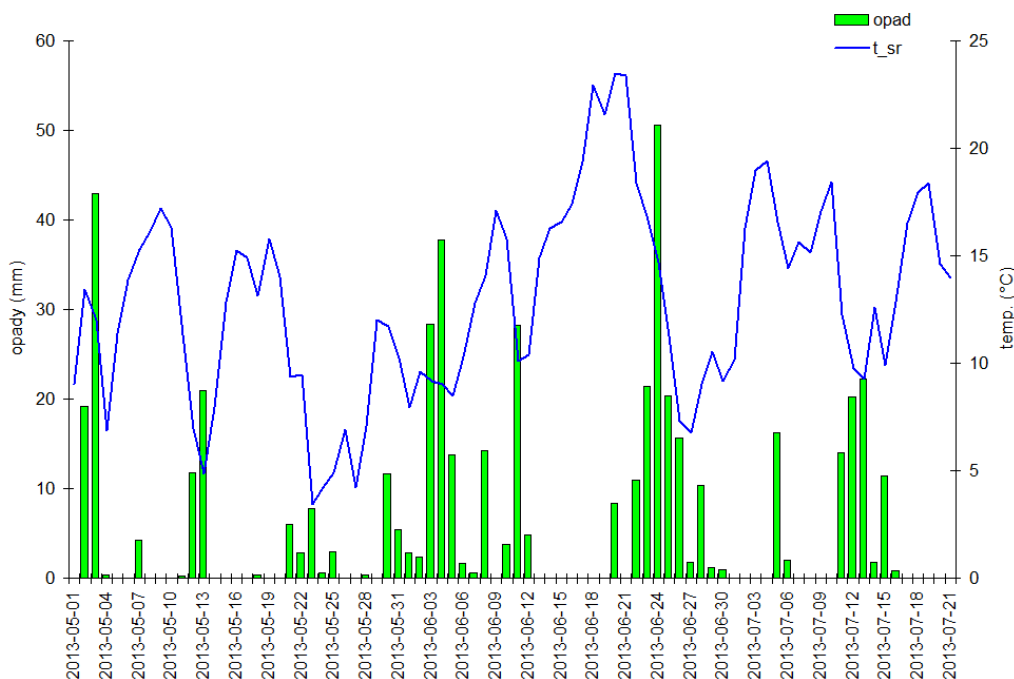
nasłonecznienia) jest korzystna dla zachowania zarodników *B. bassiana* – według zaleceń producenta aplikację powinno się prowadzić raczej w dni pochmurne i wilgotne, to opady deszczu mogą stanowić istotny czynnik zmniejszający skuteczność zabiegu poprzez zmywanie preparatu z opryskanych dłuźyc. Chłodna i deszczowa pogoda nie sprzyja także rójce kornika drukarza i innych owadów, co może ograniczać skuteczność działania zastosowanych pułapek feromonowych.

W roku 2012 prowadzono własne pomiary temperatury i wilgotności powietrza w rejonie badań (ryc. 17). Na początku maja panowały zmienne temperatury, z dniami bardzo chłodnymi (nieco ponad 5°C) i 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 i 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.



Ryc. 17. Temperatura (wykres lewy) i wilgotność względna (wykres prawy) powietrza – średnie dobowe i o godz. 12.00 w okresie 1.05.-20.06.2012 pomierzone w rejonie doświadczeń w Leśn. Koszarawa Bystra

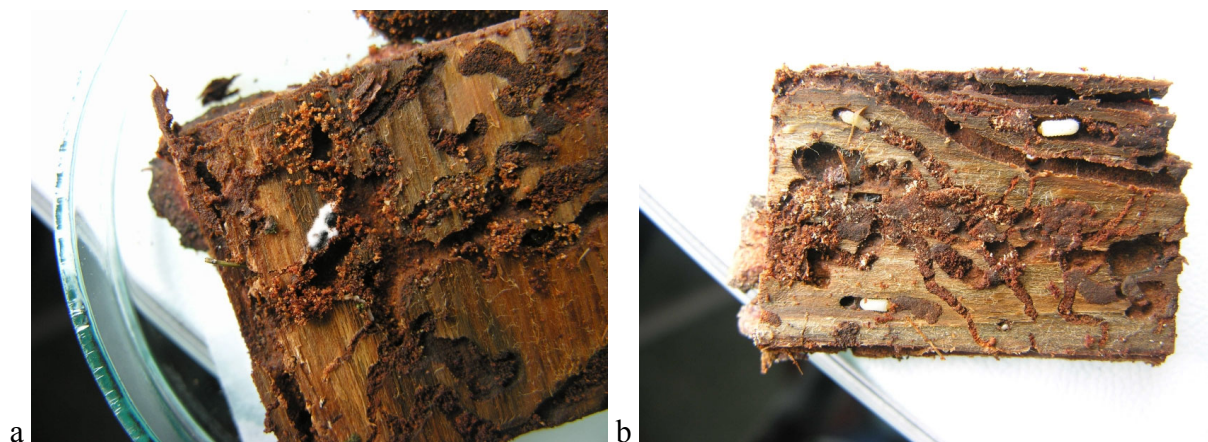
Sezon wegetacyjny 2013 roku także cechował się zmiennymi warunkami atmosferycznymi, z okresami chłodnej i deszczowej pogody w maju i czerwcu (ryc. 18). Wpłynęło to na opóźnienie i rozwleczenie rójki kornika drukarza, co wobec trudności ze zbiorem żywych chrząszczy do doświadczeń spowodowało ich stosunkowo 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, jakie panowały również w okresie dokonywania iniekcji w wałkach świerkowych użytych do doświadczeń.



Ryc. 18. Opady (mm) i średnie temperatury dobowe (t_{sr}) w okresie 1.05.-21.07.2013 w rejonie doświadczeń w Leśn. Koszarawa Bystra

Ocena efektu bezpośredniego na pułapkach klasycznych traktowanych preparatem

W dniu 29 lipca 2011 r. pobrano próbki kory z dłuźyc 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. W żerowiskach znaleziono tylko 1 chrząszcza z oznakami infekcji, tj. obecnością białego mycelium (ryc. 19a) oraz zdrowe larwy (ryc. 19b). Podobnie negatywne wyniki uzyskano podczas kontroli opryskanego posuszu stojącego.



Ryc. 19. Kontrola laboratoryjna infekcji kornika w żerowiskach: chrząszcz przerośnięty mycelium (a), zdrowe larwy z opryskanych dłuźyc (b)

W dniu 8 sierpnia 2013 r. dokonano kontroli pułapek klasycznych, które opryskano lub opylono biopreparatem w maju. Pułapki opryskane roztworem wodnym Boverolu zostały silnie zasiedlone przez kornika drukarza i rytownika pospolitego, za wyjątkiem górnej ich powierzchni o przeschniętym łyku. Stwierdzono na nich także żerowiska kózkowatych: rębacza *Rhagium* sp. i żerdzianek *Monochamus* sp. W żadnym z żerowisk nie stwierdzono oznak zagrzybienia, zwłaszcza zaś obecności owadów przerośniętych białym mycelium. Korniki odbyły pełny rozwój (stwierdzono otwory wylotowe imagines), w przypadku kornika drukarza – łącznie z charakterystycznym żerem dojrzałościowym w postaci tzw. „jelenich rogów”. W żerowiskach kornika drukarza stwierdzano też obecność żywych larw *Thanasimus formicarius* (L.). Podobny obraz (łącznie z żerowiskami *Monochamus* i *Rhagium*) stwierdzono na pułapkach opylonych suchym biopreparatem Boverol, przy czym na jednej z nich znaleziono pojedyncze chrząszcze przerośnięte mycelium (ryc. 20), stanowiące ułamek procenta populacji, która rozwinęła się na pułapkach.



Ryc. 20. Chrząszcz *I. typographus* przerośnięty mycelium

Zmodyfikowane pułapki feromonowe z biopreparatem

Podczas kontroli doświadczeń terenowych prowadzono obserwacje działania pułapek feromonowych, zwłaszcza w zakresie odławiania się chrząszczy i opuszczania przez nie pułapek. Stwierdzono, że chrząszcze odławiające się do pułapek feromonowych opuszczały je mając na ciele zarodniki *B. bassiana* (ryc. 21a), przy czym zbyt duża ilość suchego preparatu na ciele chrząszczy powodowała ich zamieranie wskutek mechanicznego zatykania

przetchników. W drugim i trzecim roku doświadczeń efekt ten częściowo ograniczono modyfikując moduł pułapki zawierający preparat poprzez zastosowanie elementu piankowego. Chrząszcze opuszczające pułapki podejmowały lot, a nieliczne pozostawały na ściółce pod pułapkami (ryc. 21b). Nie stwierdzono widocznych różnic w działaniu pułapek typu MK i Ekotrap. W pułapkach MK znajdowano pojedyncze osobniki trzmieli *Bombus* spp., które prawdopodobnie szukały w nich schronienia.

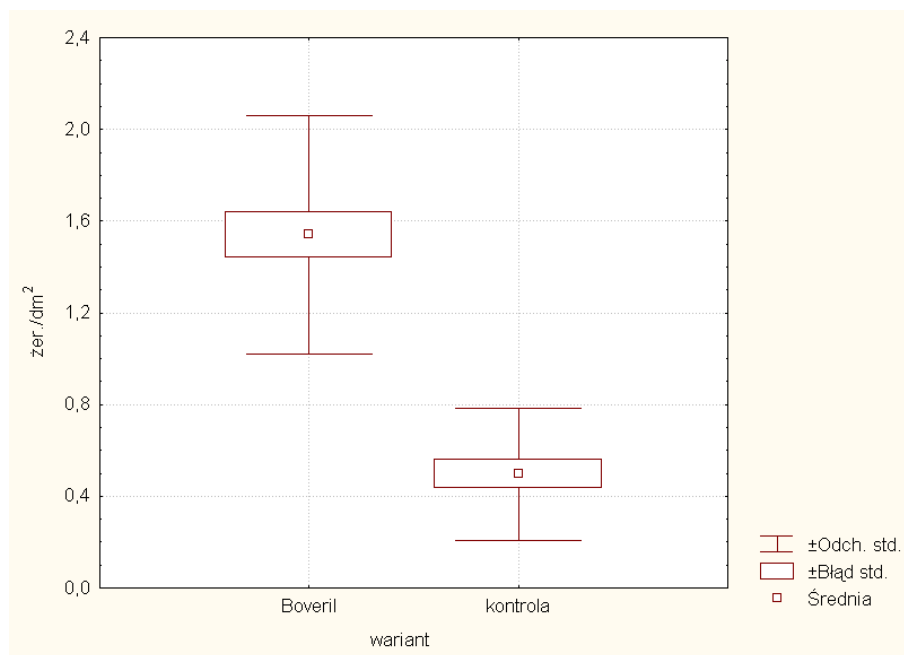


Ryc. 21. Chrząszcze kornika drukarza opuszczające pułapkę (a) i lądujące na ściółce (b)

Analizy zasiedlenia posuszu stojącego i drzew pułapkowych

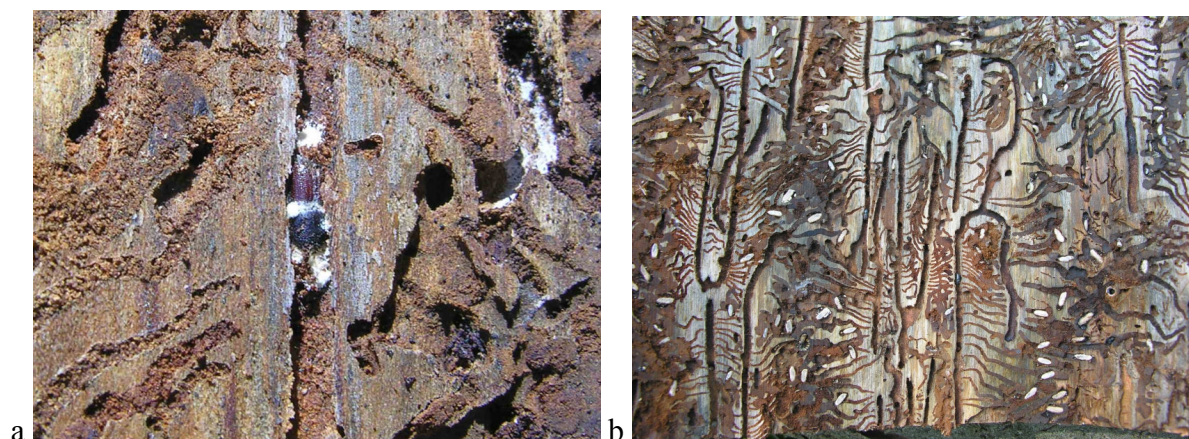
W ostatnich dniach sierpnia 2011 r. dokonano kontroli rozprzestrzeniania się *B. bassiana* w lokalnej populacji kornika drukarza. W tym celu dokonano sekcyjnych analiz entomologicznych 10 drzew posuszowych (posusz czynny) ściętych w rejonie prowadzenia doświadczeń z pułapkami klasycznymi i feromonowymi. W sumie przeanalizowano 27 płatów kory (1 ścięty świerk okazał się być niezasiedlony). W celach porównawczych wykonano także analogiczne analizy 7 zasiedlonych świerków w oddz. 223b leśn. Romanka Dolna, w drzewostanach rosnących na podobnej (965-985 m) wysokości n.p.m.

W analizowanych sekcjach stwierdzono zasiedlenie przez kornika drukarza o średnim ($\pm$ odch. stand.) zagęszczeniu 1,541 ($\pm$ 0,520) żerowiska na 1 dm² w wariancie doświadczalnym, wobec 0,497 ($\pm$ 0,289) żer./dm² w wariancie kontrolnym (ryc. 22), a różnice między wariantami były statystycznie istotne (ANOVA F=68,09, p<0,001).

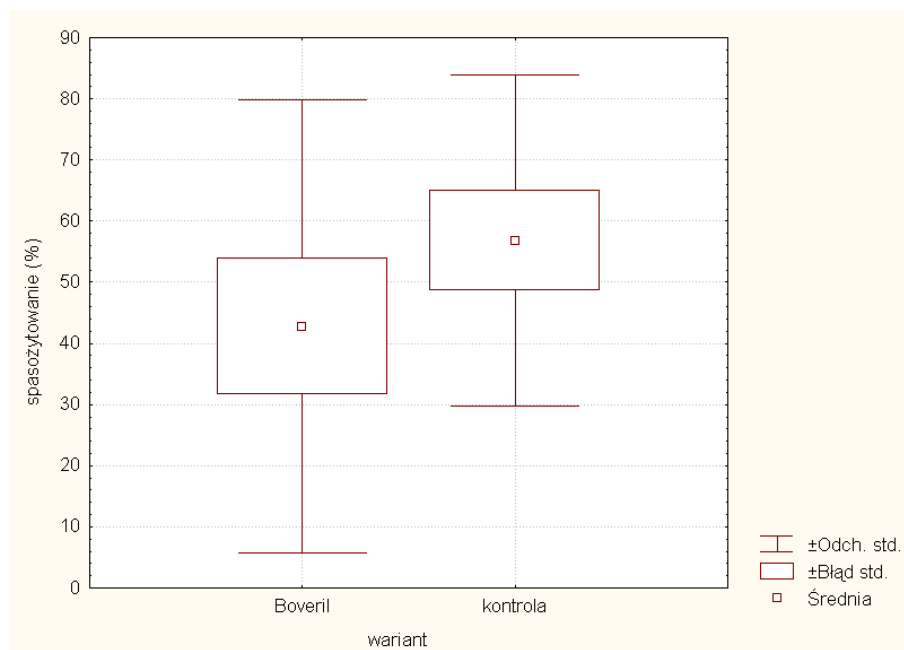


Ryc. 22. Średnia gęstość zasiedlenia sekcji strzał świerków w oddz. 43ab/44b (wariant doświadczalny) oraz 223b (wariant kontrolny) Nadl. Jeleśnia w 2011 r.

W wariantcie doświadczalnym na płatach kory o rozmiarach 25x25 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 od 0 do 4 chrząszczy martwych, które znaleziono na 8 analizowanych płatach kory (30%). Wśród martwych osobników znaleziono tylko jednego chrząszcza przerośniętego mycelium (ryc. 23a). Na 11 z 27 płatów (41%) stwierdzono obecność oprzędów parazytoida *Coeloides bostrychorum* (Gir.) (Hym., Braconidae) (ryc. 23b).



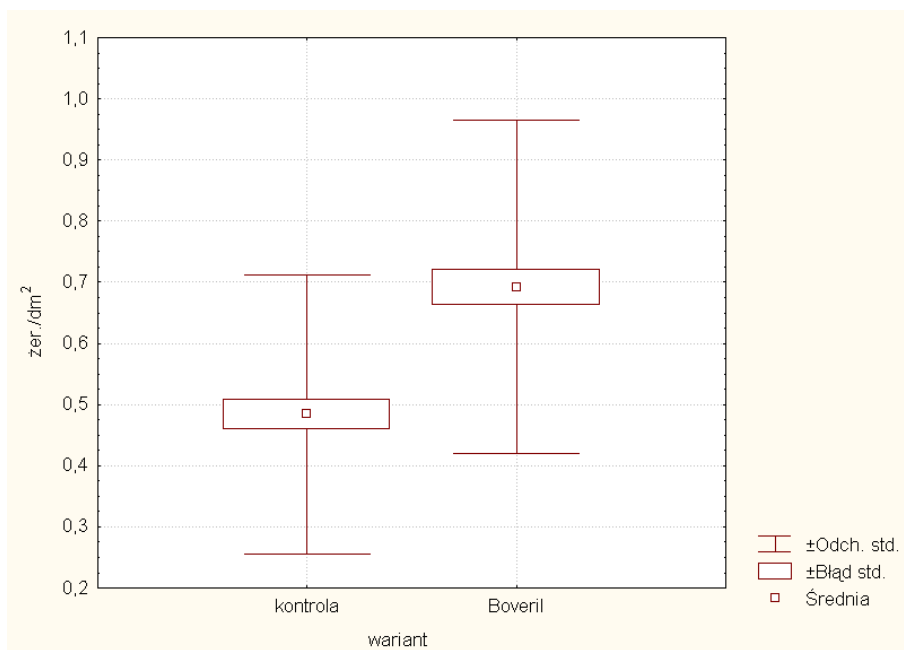
Ryc. 23. Kontrola terenowa infekcji na drzewach stojących w oddz. 43 i 44 leśn. Koszarawa Bystra: chrząszcz przerośnięty mycelium (a), oprzędy *Coeloides bostrychorum* w żerowiskach kornika drukarza (b)



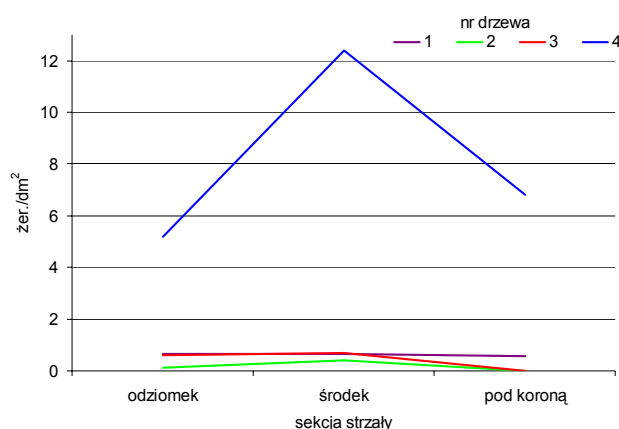
Ryc. 24. Średni stopień spasożytowania (%) kornika drukarza przez *Coeloides bostrychorum* w sekcjach strzał świerków w oddz. 43ab/44b (wariant doświadczalny) oraz 223b (wariant kontrolny) Nadl. Jeleśnia w 2011 r.

Stopień spasożytowania kornika drukarza przez *C. bostrychorum* wahał się od 10 do 100% w wariancie doświadczalnym oraz od 10 do 90% w wariancie kontrolnym, przy czym średnio był niższy w drzewostanach objętych doświadczeniem (ryc. 24). Poczwaraki w oprzędach rozwijały się jednak bez przeszkód, a w hodowlach laboratoryjnych uzyskano imagines parazytoidów.

W lipcu 2012 roku w oddz. 43a i 44b leśn. Koszarawa Bystra wykonano szczegółowe analizy zasiedlenia czterech drzew posuszowych ściętych w sąsiedztwie wystawionych pułapek z zarodnikami grzyba. W celach porównawczych analogiczne analizy wykonano na trzech drzewach w oddz. 108f leśn. Korbielów. Stwierdzono większe zagęszczenie średnie ($\pm$ odch. stand.) żerowisk kornika drukarza w wariancie doświadczalnym ($0,692 \pm 0,272$) niż w kontrolnym ($0,484 \pm 0,229$), przy czym różnice między wariantami były statystycznie istotne (ANOVA $F=29,55$, $p<0,001$) (ryc. 25). Maksymalne zagęszczenie żerowisk przekraczało 12 komórek godowych na 1 dm^2 (ryc. 26).

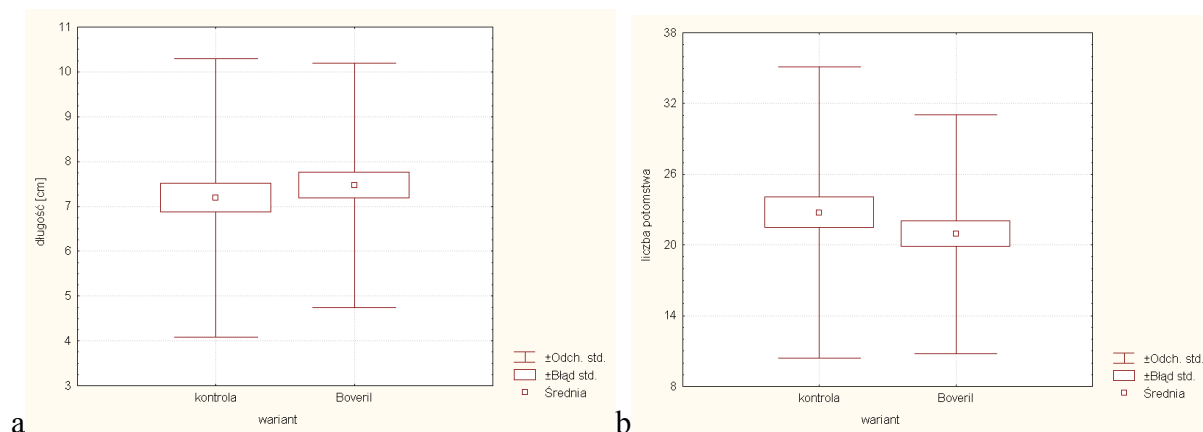


Ryc. 25. Gęstość zasiedlenia przez kornika drukarza sekcji strzał stojących drzew posuszowych w 2012 roku: kontrola – Korbielów 108a, Boveril – Koszarawa Bystra 43a/44b



Ryc. 26. Wyniki analiz sekcyjnych zasiedlenia drzew stojących przez *I. typographus* (a) oraz fragment silnie zasiedlonej kory z żerowiskami (b) w leśn. Koszarawa Bystra latem 2012 r.

Analizując wybrane parametry żerowisk stwierdzono, że w wariacie doświadczalnym samice kornika drukarza wykształcały nieco dłuższe chodniki macierzyste niż w wariacie kontrolnym – odpowiednio 7,469 i 7,184 cm (ryc. 27a), przy nieco większej niż w wariacie doświadczalnym liczbie potomstwa jednej samicy w wariacie kontrolnym – odpowiednio 22,75 i 20,92 (ryc. 27b), w obu przypadkach bez różnic statystycznie istotnych.



Ryc. 27. 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 roku

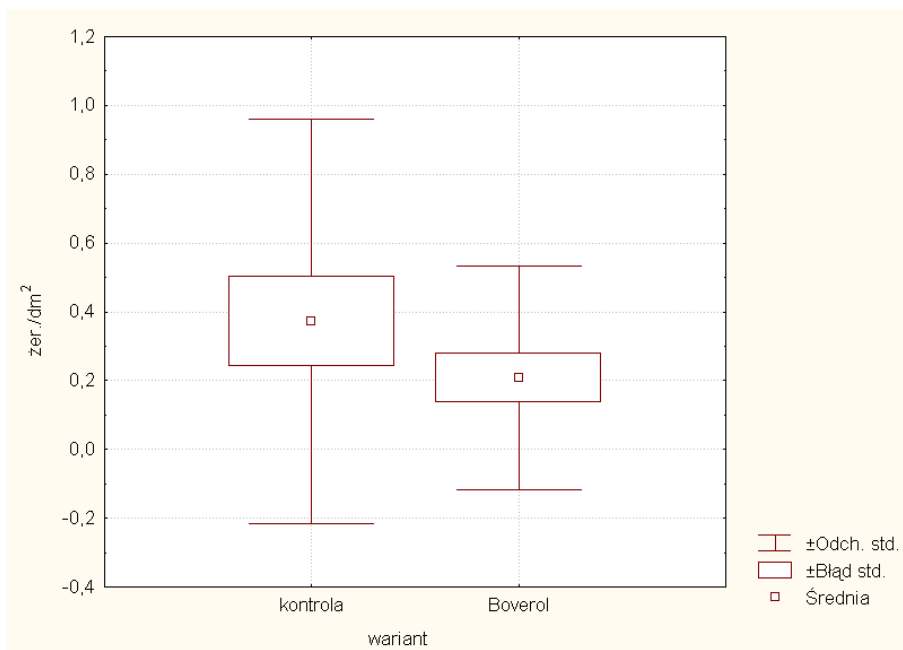
Struktura płciowa populacji kornika drukarza zasiedlającej drzewa posuszowe była zbliżona w obu wariantach, z niewielką przewagą samic – średni ich udział w wariancie doświadczalnym wynosił 61% przy większej rozpiętości wynoszącej 50-79%, a w kontrolnym (62%) był bardziej wyrównany (56-65%). W obu wariantach 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%) spasożytowanie kornika głównie przez *C. bostrychorum*, który także nie wykazywał oznak zagrzybienia.

W sierpniu 2013 roku w drzewostanach objętych doświadczeniami wykonano jedynie pobieżne analizy zasiedlenia drzew stojących przez kornika drukarza. Potwierdziły one wyniki zebrane w latach 2011-2012. Na analizowanym posuszu, wydzielającym się w niewielkim nasileniu, stwierdzano typowy obraz zasiedlenia przez *I. typographus*, *I. amitinus* i *Pityogenes chalcographus*, z pełnym (do wykształconych, żywych imagines) spektrum stadiów rozwojowych zarówno korników, jak i ich wrogów naturalnych (parazytoidy, żerujące larwy *Thanasimus formicarius*, okazy chrząszczy z rodziny kusakowatych Staphylinidae). Nie stwierdzano podwyższonej śmiertelności lub oznak zagrzybienia owadów w żerowiskach.

Latem 2013 roku wykonano analizy zasiedlenia 40 sekcji na 20 pułapkach klasycznych o długości 5 m, wyłożonych po 10 szt. w drzewostanie objętym doświadczeniami (oddz. 43a/f leśn. Koszarawa Bystra) i kontrolnym (oddz. 196ab/199a leśn. Romanka Dolna). Stwierdzono obecność żerowisk *I. typographus* w 10 (50%) na 20

analizowanych sekcji w wariancie doświadczalnym oraz 11 (55%) w wariancie kontrolnym. Średnia ($\pm$ odch. stand.) gęstość zasiedlenia przez kornika drukarza była wyższa w wariancie kontrolnym ($0,373 \pm 0,588$ żer./dm²) niż w wariancie z Boverolem ($0,207 \pm 0,325$ żer./dm²), a różnice między wariantami nie były statystycznie istotne (ryc. 28).



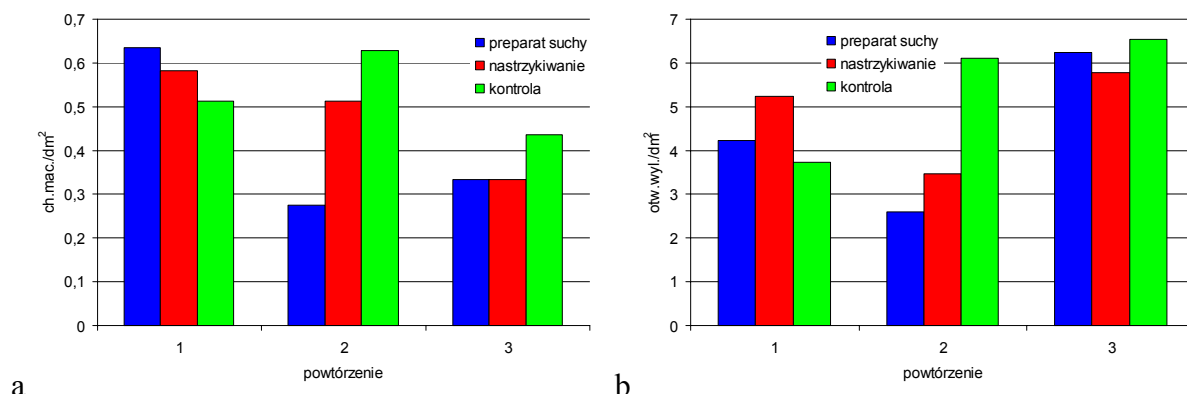
Ryc. 28. Gęstość zasiedlenia drzew pułapkowych przez kornika drukarza w 2013 roku: kontrola – Romanka Dolna 196ab/199a, Boverol – Koszarawa Bystra 43a/f

Analizowane pułapki zasiedlone były także przez rytownika pospolitego, którego żerowiska stwierdzono w 13 (65%) na 20 analizowanych sekcji w wariancie doświadczalnym i 6 (30%) w wariancie kontrolnym. Średnie ($\pm$ odch. stand.) zagęszczenie żerowisk *P. chalcographus* na 1 dm² było wyższe w wariancie 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.

Bezpośrednie infekowanie chrząszczy

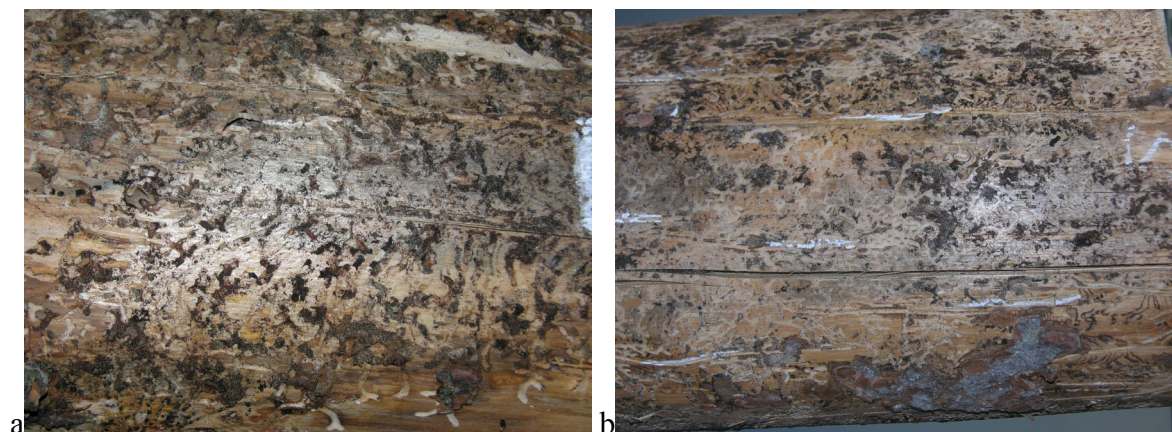
W 2012 r. we wszystkich wariantach doświadczenia kornik drukarz założył żerowiska, których zagęszczenie wynosiło 0,28-0,64 chodników macierzystych na 1 dm². Najwyższą jego wartość średnią stwierdzono w wariancie kontrolnym (0,52), niższą – w wariancie z nastrzykiwaniem (0,48), a najniższą – w wariancie z preparatem w formie suchej (0,41), przy czym ten układ wartości nie był zachowany w kolejnych powtórzeniach (ryc. 29a). Podobnie

układały się średnie liczby otworów wylotowych chrząszczy (ryc. 29b), przyjmując średnie wartości: 5,46 (kontrola), 4,82 (nastrzykiwanie) i 4,36 (preparat suchy).



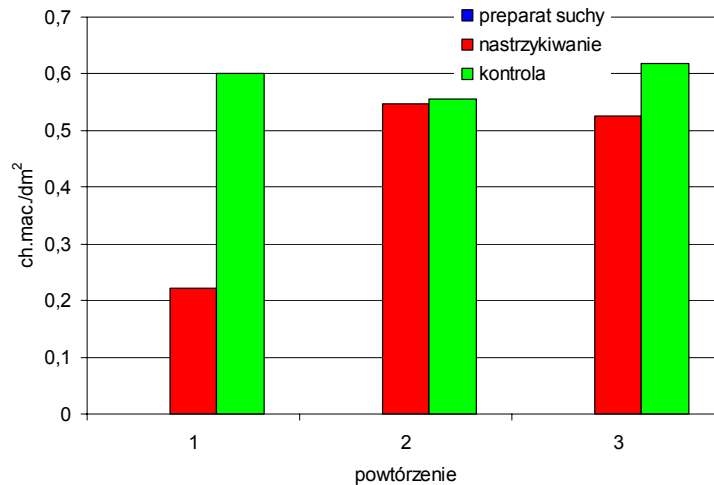
Ryc. 29. Liczba chodników macierzystych (a) oraz otworów wylotowych chrząszczy (b) przypadająca na 1 dm² powierzchni kory w poszczególnych wariantach i powtórzeniach doświadczenia w 2012 roku

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 stwierdzono żadnych różnic w stopniu i tempie rozwoju korników pomiędzy poszczególnymi wariantami doświadczenia (ryc. 30).



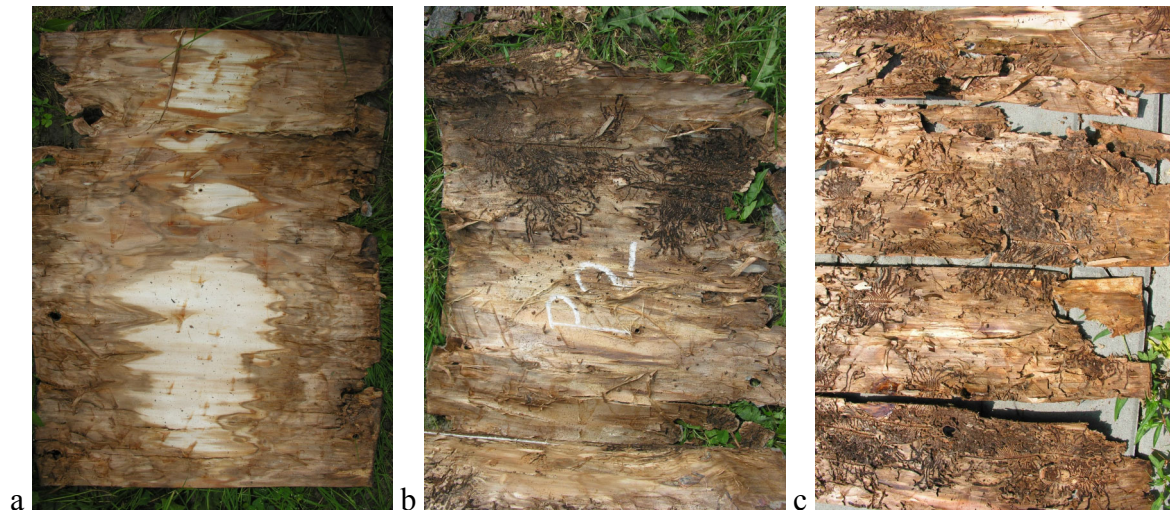
Ryc. 30. Ukończone żerowiska kornika drukarza na wałkach, w których zostały one zainfekowane przed założeniem żerowisk (a) i w trakcie rozwoju larw (b) w roku 2012

W 2013 roku największą średnią liczbę chodników macierzystych stwierdzono na wałkach w wariantcie kontrolnym (0,59), a niższą (0,43) w wariantcie z nastrzykiwaniem żerowisk (ryc. 31), 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 zamarły (ryc. 32), a na trzecim nie stwierdzono żerowisk.



Ryc. 31. Liczba chodników macierzystych przypadająca na 1 dm² powierzchni kory w poszczególnych wariantach i powtórzeniach doświadczenia w 2013 roku

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 nastrzykiwaniem żerowisk wodnym roztworem preparatu liczba ta wahała się w zakresie 12-46, a w wariantcie kontrolnym wynosiła 24-44 chodniki larwalne.



Ryc. 32. Płaty kory zdjęte z wałków w wariantcie: z preparatem w formie suchej (a), z nastrzykiwaniem żerowisk roztworem wodnym preparatu (b) oraz kontrolnym (c) w 2013 r.

Zimowanie

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). W wariantcie doświadczalnym zebrano w sumie 3 osobniki *I. typographus*, 1 *Orthotomicus laricis* (Fabr.) i 1 *Dryocoetes autographus* (Ratz.) oraz

Tetropium castaneum (L.) – 3, *Otiorhynchus* sp. – 2, *Rhizophagus* sp. – 1 i okazy z rodzin Elateridae – 4 i Curculionidae (bez Scolytinae) – 5. W wariancie kontrolnym uzyskano 8 chrząszczy *I. typographus*, 6 *Dryocoetes autographus*, 1 *Orthotomicus laricis* i korniki z rodzajów: *Hylastes* – 8 i *Pityophthorus* – 2, a także egzemplarze *Oxymirus cursor* (L.) – 1, *Notiophilus biguttatus* (Fabr.) – 1, *Glischrophilus quadripunctatus* (L.) – 1, *Otiorhynchus* sp. – 1, *Rhizophagus* sp. – 19 i okazy z rodziny Elateridae – 6.

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

Powtórzenie	wariant z preparatem	wariant kontrolny
1	<i>Dryocoetes</i> (1), <i>Orthotomicus</i> (1)	<i>Dryocoetes</i> (6), <i>Hylastes</i> (7), <i>Orthotomicus</i> (1)
2	0	<i>I. typographus</i> (4), <i>Pityophthorus</i> (2)
3	0	<i>I. typographus</i> (1), <i>Hylastes</i> (1)
4	0	0
5	<i>I. typographus</i> (3)	<i>I. typographus</i> (3)

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

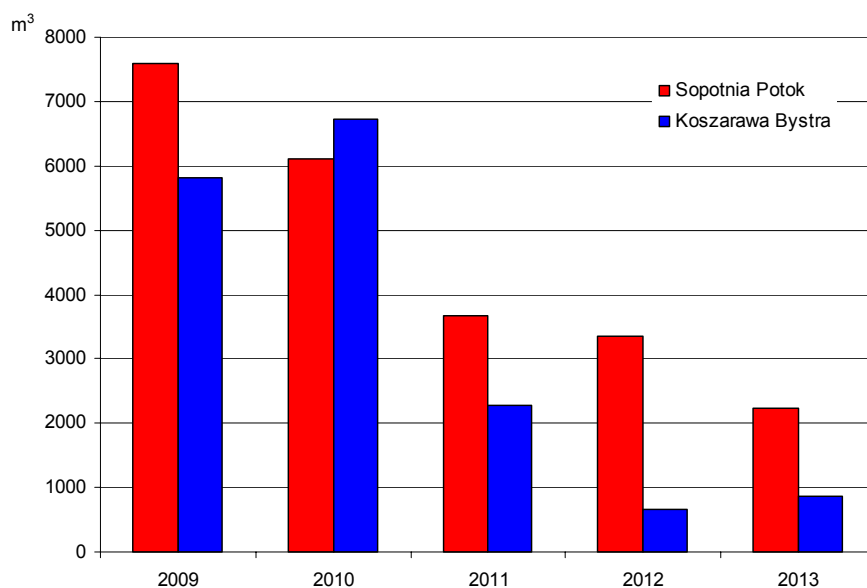
Ocena efektu ochronnego – wydzielanie się posuszu czynnego

Analiza dynamiki wydzielania się posuszu czynnego, oparta na danych o miąższości pozyskanych drzew zasiedlonych przez owady kambiofagiczne (PZ) w wybranych kompleksach drzewostanów, znajdujących się w leśnictwach: Koszarawa Bystra (obszar doświadczeń) i Sopotnia Potok (obszar kontrolny), oddalonych od siebie w linii prostej o ok. 14 km. 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. 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% (tab. 3). 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. m³ 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. 33).

Tabela 3. Nasilenie wydzielania się posuszu czynnego w wydzieleniach objętych doświadczeniami (leśn. Koszarawa Bystra) i w wydzieleniach kontrolnych (leśn. Sopotnia Potok) w latach 2009-2013¹

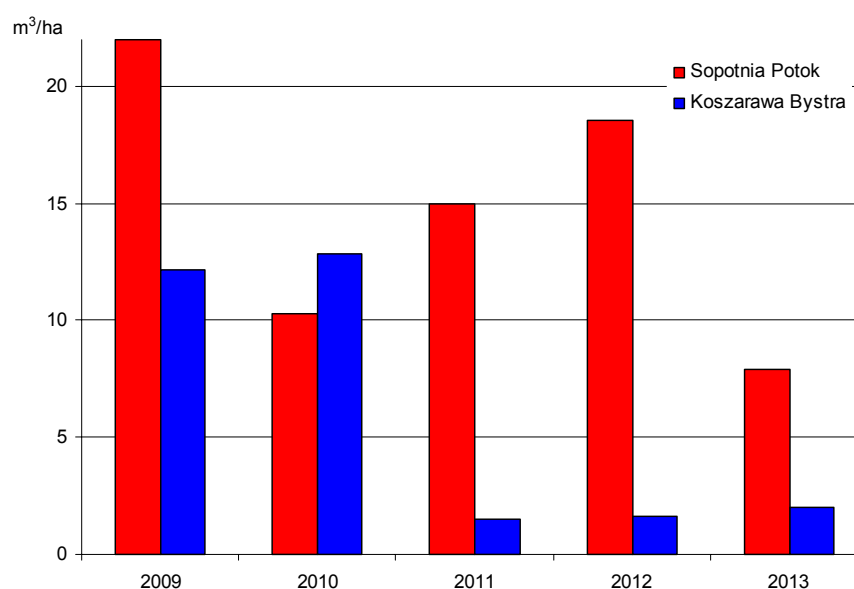
oddział	pow. ha	Miąższość posuszu czynnego w m ³ /ha w roku:					udział świerka	klasa wieku świerka
		2009	2010	2011	2012	2013		
Koszarawa Bystra								
41a	1,52	30,52	13,02	8,89	20,21	7,28	10	V
41b	2,72	0,00	14,05	0,00	0,00	3,37	5	III
41c	6,57	0,00	0,00	0,00	0,00	4,46	4	II
41d	5,87	0,00	0,00	0,00	0,00	2,05	6	II
42a	6,4	21,63	24,21	0,00	0,00	0,00	10	IV
42b	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4	II
42c	4,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3	I
42d	5,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4	II
42f	1,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7	II
43a	11,68	23,66	39,80	0,40	0,83	0,00	6	V
43b	2,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2	V
43c	2,04	42,21	8,08	0,00	0,00	0,00	3	III
43d	1,07	0,00	27,00	27,54	17,79	9,40	10	V
43f	3,28	0,00	42,76	0,00	0,00	0,00	10	VI
44a	2,67	12,83	0,00	12,42	0,00	10,93	3	V
44b	11,34	22,16	15,00	3,40	6,54	5,57	9	V
44c	8,14	18,14	0,47	0,00	0,00	0,00	1	V
razem/średnio	80,65	12,16	12,86	1,48	1,66	2,03		
Sopotnia Potok								
187a	0,92	0,00	0,00	1,89	0,00	0,00	10	II
187b	0,75	0,00	0,00	4,49	15,81	0,00	10	III
187c	13,12	50,77	27,98	13,32	39,70	7,78	10	V
189a	1,67	18,51	7,80	0,00	15,72	0,00	10	VII
189b	20,45	29,79	6,92	14,08	9,74	13,06	9	V
189c	3,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4	I
189d	3,21	9,98	0,00	0,00	0,00	0,00	8	V
190a	2,33	18,26	0,00	24,86	42,27	0,00	10	V
190b	1,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	mjs	VI
190c	23,24	16,40	14,09	18,28	16,27	11,26	9	VI
191a	8,06	16,35	0,00	24,91	12,68	0,00	10	V
191b	4,91	0,00	0,00	4,42	0,00	0,00	mjs	VI
191c	8,69	15,99	12,00	24,45	43,40	11,66	7	VI
razem/średnio	92,49	21,98	10,31	14,98	18,53	7,91		

¹ dane z roku 2013 obejmują okres 1.01- 11.09.



Ryc. 33. 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

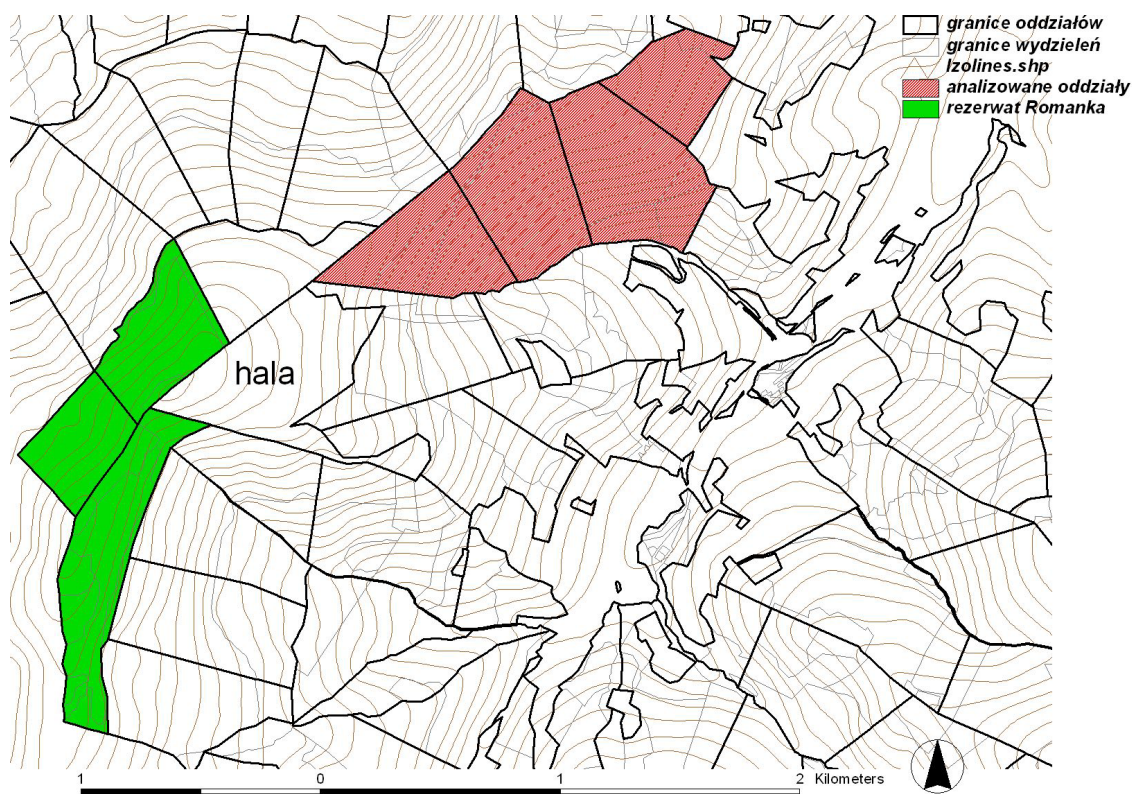
Aby możliwe było dokonanie zaplanowanych porównań, dane dotyczące miąższości posuszu czynnego pozyskanego w wybranych kompleksach oddziałów o zbliżonej powierzchni poddano standaryzacji, sprowadzając je do wartości przypadających na 1 ha (ryc. 34).



Ryc. 34. Wydzielanie się posuszu czynnego w przeliczeniu na 1 ha drzewostanów w obszarze objętym doświadczeniami z lat 2011-2013 (Koszarawa Bystra) i w obszarze kontrolnym (Sopotnia Potok) w latach 2009-2013

W latach 2009-2010 nasilenie wydzielania się posuszu czynnego było w obu kompleksach oddziałów wysokie, osiągając wartość od ponad 10 do przeszło 20 m³/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 wydzielał się intensywniej w drugim z wymienionych kompleksów (ryc. 34). 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 2013 (dane nie obejmują całego roku). Drzewostany „kontrolne” znajdują się w niewielkiej odległości od rezerwatu „Romanka”, w którym nie prowadzi się czynnej ochrony lasu, jednak nie jest to sąsiedztwo bezpośrednie (ryc. 35). 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 *Beauveria bassiana*.



Ryc. 35. Położenie oddziałów kontrolnych w leśnictwie Sopotnia Potok względem rezerwatu „Romanka”

6. Podsumowanie i dyskusja

W prowadzonych przez 3 kolejne sezony wegetacyjne doświadczeniach terenowych nad zastosowaniem biopreparatów zawierających zarodniki *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 w tym zakresie. Opierano się bowiem zarówno na wielokrotnie dowiedzionym w warunkach laboratoryjnych owadobójczym działaniu *B. bassiana* w stosunku do kornika drukarza, jak też na zachęcających wynikach 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. *Ips typographus*, *I. amitinus*, *Pityogenes chalcographus*, *Pityophthorus pityographus* (Ratz.) czy *Polygraphus poligraphus* (L.), ale także z pasożytniczej błonkówki *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 parazytoidów, czego jednak nie udało się uzyskać. We wszystkich wariantach doświadczeń zarówno korniki, jak ich parazytoidy 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 i in. 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 i in. 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 roku 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 jednorazowym stwierdzeniu bardzo wysokiego (17%) udziału mykoz spowodowanych przez *B. bassiana* w zimującej populacji kornika drukarza na obumarłych drzewach. Wskazywałoby to na większą efektywność tego entomopatogena w warunkach zimujących 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 zasiedlenia i skrócenia chodników macierzystych. Doświadczenia te prowadzono wprawdzie w warunkach terenowych, jednakże z zastosowaniem klatek 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 i in. 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. Możliwym jest więc, że do braku efektu przyczyniła się stosunkowo niska odporność biopreparatu na warunki środowiskowe (temperatura, wilgotność), choć starano się zachować określony reżim podczas aplikacji oraz ochronę biopreparatu w pułapkach, a

Boverol zachowuje swoje właściwości w warunkach wysokich temperatur i niskiej wilgotności przez okres trzech miesięcy (Kreutz i in. 2001).

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 wariacie kontrolnym. Jedynie w przypadku zastosowania suchego Boverolu w 2013 roku nie doszło do założenia żerowisk przez 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 pojedyncze egzemplarze chrząszczy przerośniętych mycelium. Jednakże wcześniejsze próby stosowania oprysków także nie przyniosły nadzwyczajnych rezultatów. Cichońska i Świeżyńska (1993) przy zastosowaniu oprysku wałków przed zasiedleniem uzyskały bardzo niski (1,7%) odsetek chrząszczy porażonych przez *B. bassiana*, natomiast Jakuš i Blaženec (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 namacalny 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. O efekcie zastosowania *B. bassiana* w połączeniu z innymi metodami ochrony lasu przed kornikami (podobnie jak to miało miejsce w drzewostanach leśn. 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.

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 *Beauveria 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 jako „cudownych sposobów na uzdrowienie lasu”¹. W oparciu o przeprowadzone badania należy stwierdzić, że wykorzystanie biopreparatów zawierających *B. bassiana* w ochronie świerczyn przed kambiofagami pozostaje nadal „obietnicą perspektywą”. Zastosowanie opartej na nich metody w praktyce leśnej, z uwagi na nierozwiązany problem aplikacji biopreparatów, ich trwałości oraz dyspersji w środowisku, na obecnym etapie nie jest możliwe. Przedstawione wyniki powinny być wykorzystane jako argumenty uzasadniające negatywne stanowisko jednostek Lasów Państwowych wobec działań marketingowych w tym zakresie.

¹ sformułowanie ze słowackiej ulotki reklamowej

7. Wnioski

1. W wyniku trzyletnich badań nad zastosowaniem biopreparatów zawierających zarodniki *Beauveria bassiana* nie uzyskano spodziewanych efektów w postaci ich owadobójczego działania wobec kornika drukarza i innych korników występujących na świerku pospolitym.
2. Chrząszcze 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 *Beauveria bassiana* wymaga dalszych badań. Na obecnym etapie, w oparciu o wyniki trzyletnich doświadczeń, nie ma wystarczających podstaw do rekomendowania jej jako elementu postępowania ochronnego w drzewostanach świerkowych zagrożonych przez owady z zespołu kornika drukarza.

Literatura

- Bałazy 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.
- Bałazy 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.
- Bałazy S. 1968. Analysis of bark beetle mortality in spruce forests in Poland. Ekol. Pol. (A), 16(33): 657-687.
- Bałazy S. 2012. Antagonistyczne oddziaływania pomiędzy bezkręgowcami a ich patogenami grzybowymi w żerowiskach kambio- i ksylofagów. [W:] Ochrona lasu – wybrane problemy historyczne i współczesne. Red. A. Mazur. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu: 51-63.
- Bałazy S. 2013. Organizmy entomopatogeniczne. [W:] Grodzki W. (red.) Kornik drukarz *Ips typographus* (L.) i jego rola w ekosystemach leśnych. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa: 46-49.
- Bałazy S., Bargielski J., Ziółkowski G., Czerwińska C. 1967. Śmiertelność dorosłych chrząszczy kornika drukarza – *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae) w żerowiskach i jej przyczyny. Pol. Pismo Ent. 37 (1): 201-205.
- Cichońska A., Świeżyńska H. 1993. Próby zastosowania biopreparatów grzybowych do ograniczania liczebności populacji niektórych szkodliwych owadów leśnych. Prace Inst. Bad. Leśn. 761-769: 137-144.
- Głowacka B., Świeżyńska H. 1993. Grzyby owadobójcze występujące na owadach leśnych. Prace Inst. Bad. Leśn., 761-769, 117-136.
- Grodzki W. 2007. Wykorzystanie pułapek feromonowych do monitoringu populacji kornika drukarza w wybranych parkach narodowych w Karpatach. Prace Inst. Bad. Leś., Rozpr. i Monogr. 8: 1-127.
- 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.
- Jakuš R., Blaženec 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.
- Karpiński J.J. 1935. Przyczyny ograniczające rozmnażanie się korników drukarzy (*Ips typographus* L. i *Ips duplicatus* Sahlb.) w lesie pierwotnym. IBLP Warszawa, Ser. 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. J. Appl. Entom. 128(6): 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: 167-173.
- 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)." Mitt. Deutsch.n Ges. allgem. und angew. Entom. 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.
- Kunca A., Vakula J., Leontovyč R., Gubka A. 2009. Využitie entomopatogénnej huby *Beauveria bassiana* v ochrane smreka. In: Kunca A. (ed.) Aktuálne problémy v ochrane lesa. Národné lesnícke centrum Zvolen: 91-97.
- Landa Z., Kalista M., Křenová Z., Vojtěch O. 2008. Praktické využití entomopatogenní houby *Beauveria bassiana* proti lýkožroutu smrkovému *Ips typographus*. In: Vojtech O., Šustr. P., (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 lýkožroutu 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: 231-239.
- 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.
- Onyško Z., Starzyk J.R. 2011. Przestrzenne rozmieszczenie zimujących chrząszczy kornika drukarza (*I. typographus* L.) i kornika zrosłozębnego (*I. duplicatus* C. R. Sahlb.). Sylwan 155 (1): 21-30.
- Sierpińska A., Grodzki W. 2012. Badania nad wykorzystaniem *Bacillus thuringiensis* i entomopatogenicznych grzybów w ochronie lasu. W: Skrzecz I., Sierpińska A. (red.) Kierunki rozwoju patologii owadów w Polsce. Instytut Badawczy Leśnictwa Sękocin Stary: 144-155.
- Vakula J., Gubka A., Galko J., Varkonda Š. 2012. Aplikácia entomopatogénov do populácii škodcov s využitím feromónových lapačov. In: Kunca A. (ed.) Aktuálne problémy v ochrane lesa. Národné lesnícke centrum Zvolen: 92-96.
- Vakula J., Varkonda Š., Galko J., Gubka A., Kunca A., Zúbrik M. 2010. Rozvoj súčasných technických možnosti pri štúdiu niektorých spôsobov aplikácie entomopatogénnej huby *Beauveria bassiana* v rámci biologických metód ochrany lesa. In: Kunca A. (ed.) Aktuálne problémy v ochrane lesa. Národné lesnícke centrum Zvolen: 64-68.
- 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. Anz. Schädlingskde, 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.