

Izvorni znanstveni članak  
*Original scientific paper*

Prispjelo - *Received*: 08.08.2007.  
Prihvaćeno - *Accepted*: 10.12.2007.

Pernek Milan<sup>1</sup>

## UTJECAJ ENTOMOPATOGENE GLJIVE *BEAUVERIA BASSIANA* NA MORTALITET JELOVIH POTKORNJAKA *PITYOKTEINES SPINIDENS* I *PITYOKTEINES CURVIDENS*

### *INFLUENCE OF THE ENTOMOPATHOGENIC FUNGI BEAUVERIA BASSIANA ON THE MORTALITY OF FIR BARK BEETLES PITYOKTEINES SPINIDENS AND PITYOKTEINES CURVIDENS*

#### SAŽETAK

Istraživanjem je obuhvaćena analiza prisutnosti patogene gljive *Beauveria bassiana* u populaciji jelovih potkornjaka te njezin utjecaj na redukciju populacije vrsta iz roda *Pityokteines* na dva lokaliteta u Hrvatskoj. Utvrđen je visok ukupni mortaliteta potkornjaka; 60-73% u populaciji iz Trakošćana i 41-45% u populaciji iz Litorića. Gljiva *B. bassiana* bila je uzročnik mortaliteta u Trakošćanu na 11,6-25,2% od ukupno uginulih potkornjaka, a u Litoriću ovaj se postotak kretao između 1,7% i 13,2%.

Cilj provedenog istraživanja je stvaranje preduvjeta za razvoj budućih istraživanja izolata gljive *B. bassiana* čije bi spore mogle biti upotrijebljene protiv jelovih potkornjaka kao jedna od bioloških metoda suzbijanja potkornjaka.

**Ključne riječi:** patogeni kukaca, *Abies alba*, biološke mjere zaštite, umiranje jele

#### UVOD

##### INTRODUCTION

Pojam krivozubih jelovih potkornjaka vezan je uz vrste roda *Pityokteines* (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) poznatih štetnika obične jele (*Abies alba*

---

<sup>1</sup> Šumarski institut, Jastrebarsko, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko, e-mail: milanp@sumins.hr

Mill.) u palearktičkoj regiji (Pfeffer 1995). Dolaze, iako rjeđe, i na nekim drugim četinjačama kao što su smreka, ariš ili bor (Kovačević 1956). U Hrvatskoj su poznate tri vrste ovog roda: *P. curvidens* Germar, *P. spinidens* Reitter i *P. vorontzowi* Jakobson (Kovačević 1956; Pfeffer 1995). Od 2003. godine u Hrvatskoj je zabilježeno pojačano sušenje jele naročito u Lici i Gorskom Kotaru što se svakako može dovesti u vezu i s potkornjacima (Schwerdtfeger 1981; Pernek 2005). Slične štete bilježe se u Bosni i Hercegovini i Sloveniji (Jakša 2005; Ušćuplić 2005). Sudeći po osutosti krošanja, jela u hrvatskim šumama spada u najugroženiju vrstu četinjača (Seletković i Potočić 2004). Sušenje i umiranje jelovih šuma ubraja se u kompleksne bolesti što je prema Prpiću i Seletkoviću (2001) posljedica promjenjivog djelovanja abiotičkih i biotičkih čimbenika. Prema podacima službe za Izvještajno prognozne poslove (IPP), u šumarstvu od 2003. do 2006. godine, u Hrvatskoj je posječena znatna količina sušaca jele: nekoliko tisuća m<sup>3</sup> u 2002., oko 100.000 m<sup>3</sup> u 2003., oko 130.000 m<sup>3</sup> u 2004 i više od 300.000 m<sup>3</sup> u 2005., pri čemu je gotovo uvijek zabilježen jak napad spomenutih potkornjaka (Pernek 2005). U uvjetima jakih gradacija javlja se problem slabe učinkovitosti suzbijanja koji je vezan uz skriven život većine razvojnih stadija potkornjaka pod korom. Budući da su teško dostupni zaštitnim sredstvima naglašava se važnost preventivnih mjera koje su opće prihvaćen koncept zaštite šuma od potkornjaka sa osnovnim ciljem zadržavanja populacije niskom. Koncept obuhvaća strogu primjenu šumske higijene, brz odvoz zaraženog materijala iz šume, kontrolnu i represivnu primjenu feromona i prskanje insekticidima. Kod primjene kemijskih sredstava potreban je oprez jer je njihova uporaba u šumama iz ekoloških i gospodarskih razloga sve više upitna.

Kod gomilanja velikih količina neizrađenog i neizvezenog drvnog materijala (nakon vjetrolomova i izvala) niti navedene mjere nisu uvijek učinkovite. Jednu alternativu suzbijanju predstavljaju biološka sredstva čija je primjena u šumarstvu zasad veoma ograničena s obzirom da nisu dovoljno proučena (Berryman i Ferrel 1988; Turchin i dr. 1991; Reeve 1997). Prirodni neprijatelji koji bi se mogli koristiti u tu svrhu mogu se grubo svrstati u nekoliko skupina: grabežljivi kukci i grinje, parazitoidi, nematode i patogeni (virusi, bakterije, praživi, gljive) (Mills 1983; Fuxa i dr. 1998). Kada je riječ o potkornjacima, naročiti značaj daje se patogenima (Wegensteiner 1994; Weiser i dr. 1998; Händel 2001; Kohlmyer i dr. 2003; Pernek 2005). Kao antagonist mnogih vrsta kukaca spominje se gljiva *Beauveria bassiana* (Balsano) Vuillemin čija je primjena u obliku biološkog preparata istraživana na nekim vrstama potkornjaka (Bathon 1971; Wegensteiner 1992; Nierhaus-Wunderwald 1993, Kreutz i dr. 2004). Poznati su brojni izolati i preparati na bazi ove gljive koji su se pokazali vrlo efikasnim (Kreutz i dr. 2004), mada treba naglasiti kako su mnogi problemi oko optimalne primjene preparata još neriješeni. To se prije svega odnosi na način unošenja spora u populaciju i selektivnost preparata. Jedna ponuđena mogućnost je kombiniranje spora gljive sa feromonskim klopnama. Vaupel i Zimmermann (1996) i Kreutz i dr. (2000) su na taj način uspješno prenijeli spore u populaciju smrekinog pisara (*Ips typographus* L.) i

dokazali mogućnost horizontalnog prijenosa među jedinkama. Na jelovim potkornjacima takva istraživanja manjkaju.

Predmet ovog istraživanja bio je utvrditi prisutnost patogene gljive *B. bassiana* u populaciji jelovih potkornjaka te njezin potencijal u redukciji populacije vrsta iz roda *Pityokteines* na dva lokaliteta u Hrvatskoj. Cilj istraživanja je stvaranje preduvjeta za buduća istraživanja izolata gljive *B. bassiana* čije bi se spore mogle koristiti u suzbijanju potkornjaka.

## MATERIJALI I METODE

### MATERIALS AND METHODS

Po jedno stablo jele posječeno je na lokalitetima Trakošćan (400 m n.v., 46°05'28'' N i 15°56'55'' E) i Litorić (550 m n.v., 45°27'00'' N i 15°04'06'' E) i ona su pregledana na prisutnost potkornjaka. Najčešći stadij nađen na oba lokaliteta bila je većinom kukuljica.

4. listopada 2003. godine oboreno je jače osuto stablo jele u Trakošćanu. Sa stabla su odrezane tri sekcije (trupčici T1, T2 i T3) dužine i promjera navedenih u



Slika 1. Potkornjak napadnut gljivom *Beauveria bassiana* čiji bijeli micelij obrasta čitavu površinu tijela  
Figure 1 Bark beetle infested with *Beauveria bassiana* with its dead body engulfed with the white mycelium of the fungus

Tablici 1. Sekcije su 6. listopada prebačene u laboratorij Instituta za entomologiju, fitopatologiju i zaštitu šuma Sveučilišta BOKU (IFFF) u Beču. Isto tako, na Litoriću je 17. listopada 2003. godine oboreno stablo jele još zelene, ali blago osute krošnje. Odrezane su dvije sekcije (trupčići T4 i T5) različitih dužina i promjera (Tablica 1.) te su odneseni u isti laboratorij gdje su inkubirani 20. listopada 2003. godine.

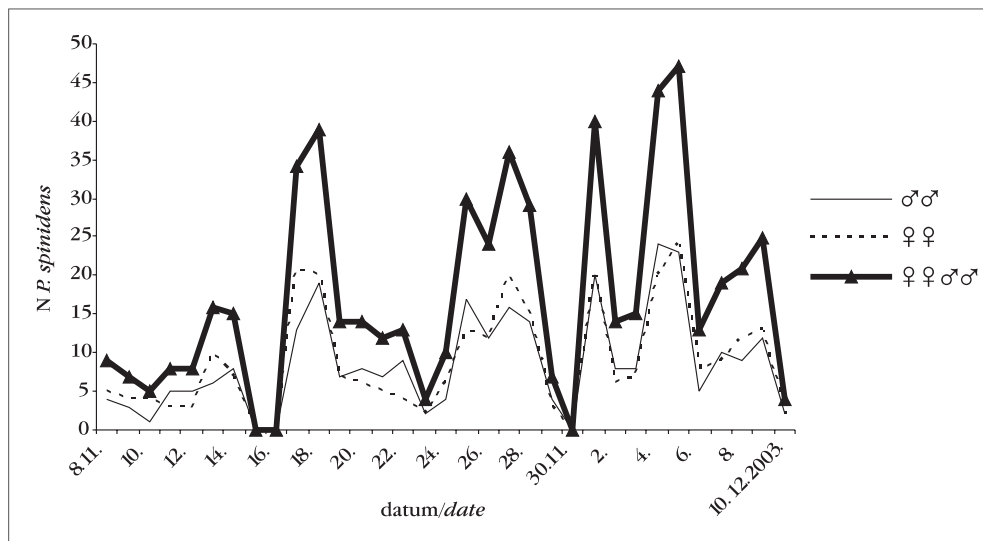
Svih pet trupčića inkubirano je u odvojenim kavezima u klima-komorama na  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ , uz odnos dužine dana i noći (L:D) 16:8.

Svakodnevno je praćeno i bilježeno izlaženje potkornjaka koji su potom sakupljeni u petrijevim posudama gdje su čuvani najčešće 2 dana, a najviše 2 tjedna, nakon čega su disektirani prema metodi Wegensteiner i dr. (1995). Nakon što potkornjaci više nisu izlazili, trupčić je okoran i okularno pregledan. Prisutnost gljive *B. bassiana* je utvrđena na okoranim trupčićima gdje su potkornjaci, prožeti bijelim micelijem gljive (Slika 1.), sakupljeni i spremeni u petrijeve posude radi kasnijeg brojanja i mikroskopiranja. Kako bi se potvrdilo da bijeli micelij uistinu potječe od gljive *B. bassiana*, svaki dvadeseti potkornjak prožet micelijem mikroskopski je pregledan na prisutnost spora grozdastog rasporeda (pod povećanjem 1000x).

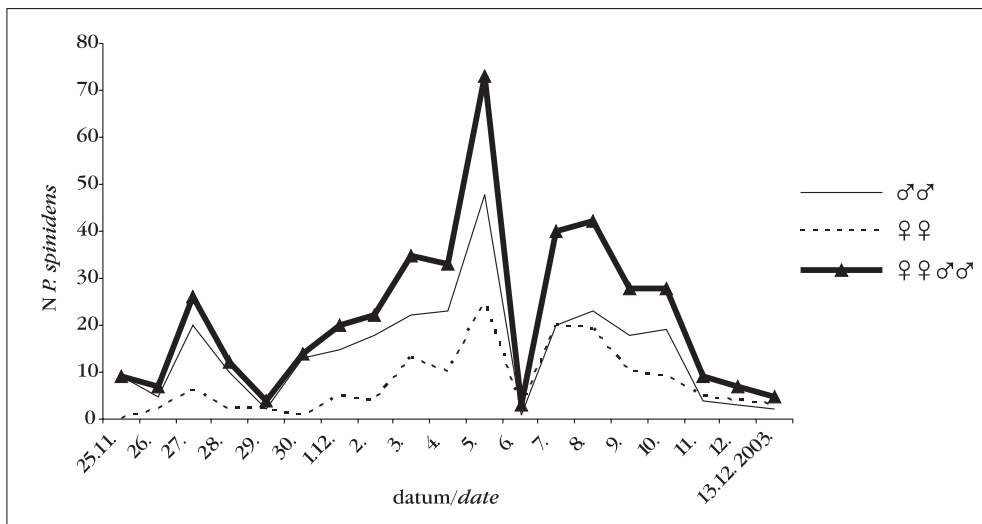
## REZULTATI

### RESULTS

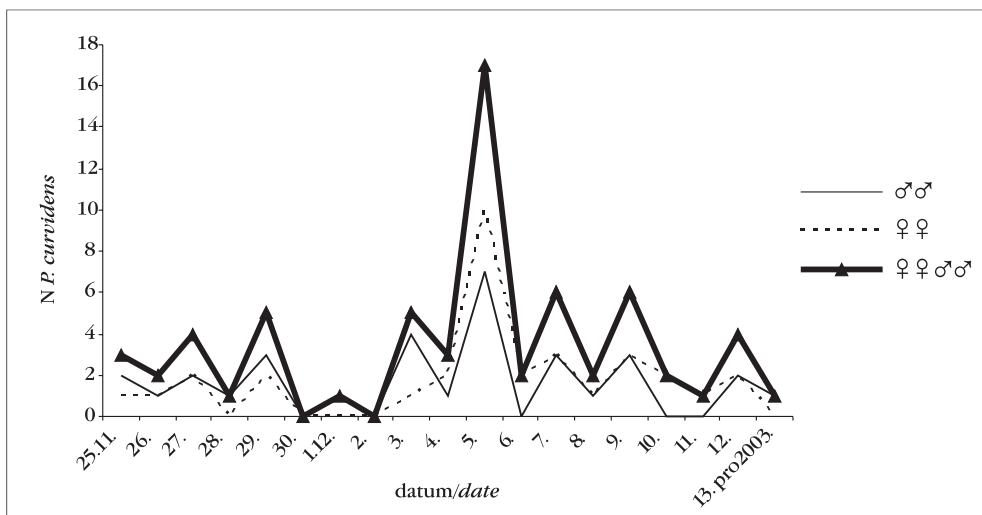
Inkubacija dijelova stabla u kontroliranim uvjetima rezultira dinamikom izlaženja kukaca koja nije usporediva sa stanjem u prirodi. Bez obzira na razlike



Slika 2. Dinamika izlaženja *Pityokteines spinidens* u klima komorama (trupčići inkubirani: 06.10.2003.)  
Figure 2 Dynamic of emergence of *Pityokteines spinidens* in clima chambers (logs incubated 6/10/03)



Slika 3. Dinamika izlaženja *Pityokteines spinidens* u klima komorama (trupčiči inkubirani: 20.10.2003.)  
 Figure 3 Dynamic of emergence of *Pityokteines spinidens* in clima chambers (logs incubated 20/10/2003)



Slika 4. Dinamika izlaženja *Pityokteines curvidens* u klima komorama (trupčiči inkubirani: 20. 10. 2003.)  
 Figure 4 Dynamic of emergence of *Pityokteines curvidens* in clima chambers (logs incubated 20/10/2003)

fenološke prirode, ovako dobiveni podaci ipak daju uvid u abundancu pojedinih vrsta potkornjaka, omjer vrsta i spolova (Slika 2, 3 i 4.).

Iz trupčiča dopremljenih iz Trakošćana i inkubiranih 6. listopada 2007. godine izlazile su isključivo jedinke vrste *P. spinidens*. Imaga su počela izlaziti već nakon 27. dana od početka uvođenja režima inkubacije (Slika 2). Od tada je izlaženje trajalo 32 dana (do 10. prosinca).

Tablica 1. Ukupni broj izašlih potkornjaka iz trupčića (T1-T5) inkubiranih u klima komori, omjer spolova i broj potkornjaka po dm<sup>2</sup> kore  
Table 1 Total numbers of emerged Pityokteines beetles from logs (T1-T5) their respective sex ratio, and average number of beetles per dm<sup>2</sup> of the bark

Lokalitet Locality	Oznaka trupčića Label of the bolts	Datum inkubacije Date of incubation	h	O	PPK	Vrsta potkor- njaka Bark beetle species	Ukupno potkornjaka Total of bark beetles			Omjer spolova Sex ratio	N /dm <sup>2</sup>
			cm	cm	dm <sup>2</sup>		♂	♀	♂+♀	♂:♀	
Trakošćan	T1	06.10. 2003.	37,5	116,5	43,7	P. spinidens	262	242	504	0,9	11,5
	T2	06.10. 2003.	40,5	117	47,4	P. spinidens	212	403	615	0,5	13,0
	T3	06.10. 2003.	31	104	32,2	P. spinidens	428	486	914	0,9	28,3
Litorić	T4	20.10. 2003.	46	110	50,6	P. spinidens	279	233	512	1,2	11,2
						P. curvidens	20	35	55	0,6	
	T5	20.10. 2003.	43,5	121	52,6	P. spinidens	489	334	823	1,5	17,1
					P. curvidens	48	30	78	1,6		
	Ukupno/Total				226,5		1738	1763	3501	0,98 (~1:1)	15,5

Tablica 2. Mortalitet i infekcija potkornjaka gljivom *Beauveria bassiana* u trupčićima iz Trakošćana inkubiranih u klima komori  
Table 2 Mortality and *Beauveria bassiana* infected bark beetles incubated in clima chambers from logs from Trakošćan

Oznaka trupčića Label of the bolts	Vrsta potkornjaka Bark beetle species	N <sub>i</sub>	n <sub>m</sub>	n <sub>m</sub> %	n <sub>b</sub>	n <sub>b</sub> %	n <sub>bm</sub> %
T1	P. spinidens	204	300	59,5	41	8,1	13,6
T2	P. spinidens	162	453	73,6	53	8,6	11,6
T3	P. spinidens	267	647	70,1	163	17,8	25,2
	Ukupno/Total	633	1400	68,8	257	12,6	18,4

Skraćenice: N<sub>i</sub>- ukupno izašlih potkornjaka; n<sub>m</sub>- mortalitet potkornjaka u trupčićima; n<sub>b</sub>- broj inficiranih potkornjaka gljivom *Beauveria bassiana* u trupčiću; n<sub>bm</sub>%- postotak inficiranih potkornjaka gljivom *Beauveria bassiana* od ukupnog uginulog broja potkornjaka u trupčićima  
Abbreviations: N<sub>i</sub>- total emerged bark beetles; n<sub>m</sub>- mortality of bark beetles in the bolts; n<sub>b</sub>- number of infected bark beetles with *Beauveria bassiana* in bolts; n<sub>bm</sub>%- percentage of infected bark beetles with *Beauveria bassiana* from the total dead beetles in the bolts

Iz trupčića dopremljenih iz Litorića i inkubiranih 20. listopada 2007. godine prvi potkornjaci su počeli izlaziti nakon 23 dana (Slika 3. i 4.). Od tada je izlaženje za *P. spinidens* trajalo 18 (do 13. prosinca), a za *P. curvidens* 23 dana.

Sveukupan broj potkornjaka u inkubiranim trupčićima iznosio je 3.501, što je 11,2-28,3 potkornjaka po dm<sup>2</sup> ili prosječno oko 16 potkornjaka/dm<sup>2</sup> (Tablica 1.). Ako se to preračuna prema prosječnom promjeru trupčića u pokusu koji je iznosio 40cm, onda to odgovara prosječnom stablu jele starosti 90 godina i visini 24m (Klepac 2001) u kojem bi ukupan broj jedinki potkornjaka bio oko 20.000 (u obračun uzeto 20m visine budući da je na vrhu stabla kora tanka i u tom su dijelu zastupljenije vrste *P. vorontzowi* i *Cryphalus piceae* Ratz.

Usporedba omjera spolova kod vrste *P. spinidens* ukazuje na razlike između lokaliteta. Dok je omjer mužjaka i ženki u Trakošćanu od 0.5-0.9, na Litoriću je

Tablica 3. Mortalitet i infekcija potkornjaka gljivom *Beauveria bassiana* u trupčicama iz Litorića inkubiranih u klima komori  
 Table 3 Mortality and *Beauveria bassiana* infected bark beetles incubated in clima chambers from logs from Litorić

Oznaka trupčica Label of the bolts	Vrsta potkornjaka Bark beetle species	N <sub>i</sub>	n <sub>m</sub>	n <sub>m</sub> %	n <sub>b</sub>	n <sub>b</sub> %	n <sub>bm</sub> %
T4	<i>P. spinidens</i>	302	210	41,0	4	0,7	1,7
	<i>P. curvidens</i>	33	22	40,0			
T5	<i>P. spinidens</i>	451	372	45,2	55	6,1	13,2
	<i>P. curvidens</i>	34	44	56,4			
Ukupno/Total		820	648	44,1	316	21,5	48,7

Skraćenice: kao Tablica 2.

Abbreviations: like in Table 2

bilo više mužjaka: 1,2-1,6 (Tablica 2.). Omjer spolova kod vrste *P. curvidens* jako je varirao između inkubiranih trupčica pa je taj omjer iznosio na jednom 0,6 a na drugom 1,6. U odnosu na ukupan broj potkornjaka, omjer spolova iznosio je 1:1 (Tablica 1.).

Disekcijom više od 1.400 jedinki obiju istraživanih vrsta potkornjaka utvrđeno je nekoliko vrsta patogena (Pernek i dr.-u pripremi), ali niti jedna zaraza gljivom *B. bassiana*. Nakon okoravanja i pregledavanja potkornjaka pod korom utvrđen je relativno visok mortalitet koji je bio između 60 i 73% od ukupne populacije u trupčicama iz Trakošćana i između 40 i 56% iz Litorića (Tablica 2., Tablica 3.).

Mortalitet uzrokovan zarazom gljive *B. bassiana* gledano na kompletnu populaciju potkornjaka pod korom trupčica kretao se u vrijednostima 8,1-17,8% u Trakošćanu (Tablica 2.), odnosno 0,7-6,1% u Litoriću (Tablica 3.). Promatraju li se samo uginuli potkornjaci, onda je udio onih koji su stradali od gljive *B. bassiana* bio 11,6-25,2% u Trakošćanu (Tablica 2.) odnosno 1,7-13,2% u Litoriću (Tablica 3.).

## RASPRAVA

### DISCUSSION

*P. spinidens* i *P. curvidens* dvije su vrste jelovih potkornjaka koji genetski nisu srodni kao vrsta *P. curvidens* i *P. vorontzowi* (Pernek i dr.-neobjavljeno), ali dijele deblju jelovu koru kao zajedničku životnu nišu. Prema rezultatima ovog istraživanja, prisutnost vrste *P. spinidens* u jelovim šumama Hrvatske daleko je češća nego prisutnost vrste *P. curvidens*, što odgovara i starijim literaturnim podacima (Kovačević 1956).

Na temelju dobivenog rezultata prosječnog broja potkornjaka po dm<sup>2</sup> i omjera spolova koji je približno 1:1 (Tablica 1.) te prosječno 50 jaja koje odlaže ženka (Maksymov 1950) može se izračunati biotički potencijal potkornjaka. Od 8 ženki na dm<sup>2</sup> u idućoj generaciji (F1) očekuje se 400 jedinki potkornjaka, čijih 200 ženki u idućoj generaciji (F2) formira novij jedinki 10.000 potkornjaka, od kojih zatim 5.000 ženki odloži 250.000 jaja (F3). Kako ovi kukci imaju 2 generacije godišnje,

od 5 trupčića iz ovog pokusa čija je površina kore iznosila ukupno 226,5 dm<sup>2</sup> potencijalno bi se moglo očekivati 250.000 potkornjaka u sljedećem vegetacijskom razdoblju. Drugim riječima, stablo starosti 90 godina i promjera 40 cm čija površina kore iznosi 1260 dm<sup>2</sup> sadrži 20.000 potkornjaka koji bi u F3 generaciji dali 12.500.000 potkornjaka, a koji bi za svoj normalni razvoj morali naseliti oko 600 jelovih stabala. Treba napomenuti kako se ovaj obračun i interpretacija temelji na malom uzorku (2 stabla), ali ipak pokazuje velik biotički potencijal ovih vrsta. Obračun treba umanjiti za iznos mortaliteta za kojeg je utvrđeno da je relativno visok (44 odnosno 69%; Tablica 2. i 3.). Dakle pola jedinki potkornjaka ne uspije završiti svoj razvoj. Isto tako, potkornjaci koji su uspjeli izaći iz floema kao odrasli kukci stradavaju od bolesti kojima su inficirani još unutar kore (Pernek i dr. - u pripremi), a zatim stradavaju od različitih antagonista, loših vremenskih uvjeta, nedostatka hrane itd. To je razlog zašto ipak ne dolazi do ostvarenja scenarija iz gore navedenog obračuna gdje od jednog napadnutog stabla narednog vegetacijskog razdoblja taj broj raste na 600. Pa ipak, ako se broj reducira i za 90%, još uvijek se dobije 60 napadnutih stabala, što ukazuje na važnost smanjivanja broja jedinki potkornjaka raznoraznim zaštitnim mjerama.

Mogući razlog zbog kojeg među disekcijom analiziranih potkornjaka nije nađena niti jedna jedinka inficirana gljivom *B. bassiana* je što su kukci najčešće histološki obrađeni unutar nekoliko dana pa se bolest nije stigla razviti do stadija koji omogućuje pouzdanu identifikaciju patogena. Svakako, potrebno je uvažiti mogućnost da je određen broj ipak bio zaražen. To znači da je broj kukaca realno inficiranih gljivom bio viši nego što je dobiven ovim istraživanjem. Iako nema podataka za jelove potkornjake, kod primjerice smrekinog pisara prirodni mortalitet uzrokovan gljivom *B. bassiana* iznosi 10-18% (Kreutz i dr. 2004). Prema rezultatima tog istraživanja inficirani kukci ugibali su prosječno za 4-5 dana, a mortalitet nakon 7 dana iznosio je visokih 99-100%.

Iz praktičnih razloga važno je shvatiti da postoji mnogo različitih čimbenika radi kojih potkornjaci stradavaju i ne uspiju ostvariti svoj biotički potencijal u potpunosti. To znači da svako potpomaganje takvih čimbenika od strane čovjeka predstavlja doprinos u integriranom pristupu koji slično kao u prirodi, smanjuje biotički potencijal potkornjaka. Što su pojedine komponente naglašenije to će zaštitne mjere biti uspješnije. To govori u prilog kako primjena lovnih stabala i feromona kao komponenta integrirane zaštite šuma nije beznačajna.

S obzirom da je utvrđen relativno visok mortalitet potkornjaka vezan uz mikoze koju izaziva *B. bassiana* to će jačanje prisutnosti gljiva u hodniku ujedno značiti smanjenje populacije. Kako je optimalna temperatura za sazrijevanje konidija *B. bassiana* 25°C (Hallsworth i Mayer 1999) stavljanje zaraženog stabla u takve temperaturne uvjete povećava biotički potencijal mikoze.

Provedeno istraživanje i istraživanja drugih autora ukazuju na značajan potencijal gljive *B. bassiana* u biološkom suzbijanju potkornjaka, pogotovo ako se u praktičnoj primjeni upotrijebe domaći (lokalni) sojevi (Kreutz i dr. 2004).

Iz rezultata je također vidljivo kako je na lokalitetu Trakošćan potencijal gljive *B. bassiana* mnogo jači od onoga na lokalitetu Litorić. S obzirom na mali uzo-



rak, nije potpuno jasno da li se jačina infekcije može dovesti u vezu sa manjim štetama zabilježenim na jeli u Trakošćanu u odnosu na Litorić (podaci IPP 2003-2006).

Kako je pojava patogena na potkornjacima vezana uz kompleksno povezane čimbenike kao što su: mikroklima, nadmorska visina, gustoća populacije, broj generacija godišnje, prisutnost alternativnog domaćina, doba godine, za bolji uvid u ove međudnose potrebna su daljnja istraživanja. Dobri učinci sa gljivom *B. bassiana* postižu se s relativno niskom koncentracijom konidija  $10 \times 10^4$  kod vrste *I. typographus* (Doberski 1981, Wulf 1983), pa se ne treba isključiti slična mogućnost redukcije populacije i kod jelovih potkornjaka.

Buduća istraživanja trebat će težiti pronalaženju alternativnih domaćina za patogena koji bi mogli biti prenositelji, a važno će biti naći odgovore na pitanja o prijenosu, brzini djelovanja i perzistenciji gljive u prirodi.

Provedeno istraživanje trebalo bi doprinijeti u budućim istraživanjima najpatogenijih izolata gljive jer je poznato kako su spore *B. bassiana* iz areala samih potkornjaka najvirulentnije (Kreutz i dr. 2004).

## ZAHVALA

### ACKNOWLEDGEMENT

Ovo istraživanje financirano je sredstvima sa projekta tvrtke „Hrvatske šume“ d.o.o. te putem dobivene stipendije „Ernst Mach“ Austrijskog ministarstva znanosti. Zahvaljujem se Mandici Dasović (UŠP Gospić), Željku Kauzlariću i Matiji Pleše (UŠP Delnice) na svekolikoj pomoći pri sakupljanju materijala. Hvala ide i prof.dr. Rudolfu Wegensteineru sa Sveučilišta BOKU u Beču koji mi je omogućio rad u njegovom laboratoriju u Institutu za entomologiju, fitopatologiju i zaštitu šuma u Beču (Sveučilište BOKU, Austrija).

## LITERATURA

### REFERENCES

- Bathon, H. 1991. Möglichkeiten der biologischen Schädlingsbekämpfung von Borkenkäfern. U: A. Wulf, A.R. Kehr (ur.), Borkenkäfergefahren nach Sturmschäden. Bundesanstalt Land und Forstwirtschaft 267. 111-117.
- Berryman, G., Ferrell, G.T. 1988. The fir engraver beetle in western states. U: A.A. Berryman (ur.), Dynamics of Forest insect Populations: Patterns, Causes and Implications. New York. 556-576.
- Doberski, J.W. 1981. Comparative laboratory studies on three fungal pathogens of the elm bark beetle *Scolytus scolytus*: effect of temperature and humidity on infection by *Beauveria bassiana*, *Metharhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus* to larvae and adults of *S. scolytus*. J. Invert. Pathol. 37: 195-200
- Fuxa, J.R., Ayyappath, R., Goyer, R.A. 1998. Pathogens and Microbial Control of North American Forest Insect Pests. Forest Health Technology Enterprise Team, USDA, Morgantown, WV.

- Hallsworth, J.E., Magan, N. 1999. Water and temperature relations of growth of the entomogenous fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopilae* and *Paecilomyces farinosus*. J. Invert. Pathol. 74: 261-266.
- Händel, U. 2001. Untersuchungen zum Gegenspielerkomplex assoziiert lebender Fichtenbor-  
kensäker (Col., Scolytidae) aus naturnahen und sekundären Fichtenbeständen unter beson-  
derer Berücksichtigung der Pathogene. Universität BOKU, Wien.
- Jakša, J. 2005: Bark Beetles in Slovene Forests in the Period 1995-2004. UJMA 19: 154-162.
- Klepac, D. 2001: Rast I prirast obične jele. U: B. Prpić (ur.), Obična jela u Hrvatskoj. Akademija  
šumarskih znanosti i Hrvatske šume, Zagreb. 503-520.
- Kohlmayer, B., Weiser, J., Wegensteiner, R., Händel, U., Zizka, Z. 2003. Infection of *Tomicus  
piniperda* (Col., Scolytidae) with *Canningia tomici* sp. n. (Mikrosporidija, Unikaryonidae).  
J. Pest. Sci., 76, 3: 65-73.
- Kovačević, Ž. 1956. Primijenjena entomologija: Šumski štetnici. Poljoprivredni nakladni za-  
vod, Zagreb.
- Kreutz, J., Zimmermann, G., Marohn, H., Vaupel, O., Mosbacher, G. 2000. Preliminary in-  
vestigations on the use of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. And other control methods against  
the bark beetle, *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) in the field. IOBC/WPRS- Bulletin  
23: 167-173.
- Kreutz, J., Vaupel, O., Zimmermann, G. 2004: Efficacy of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.  
Against the spruce bark beetle, *Ips typographus* L., in the laboratory under various condi-  
tions. J. Appl. Entomol., 128, 6: 384-389.
- Maksymov, J. 1950: Untersuchungen über den krummzahnigen Weißtannenborkensäker *Ips  
curvidens* Germ. während seiner Massenvermehrung 1947-49 in der Schweiz. Mitteilun-  
gen der schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 26, 2: 499-584
- Mills, N.J. 1983. The natural enemies of scolytids infesting conifer bark in Europe in relation to  
the biological control of *Dendroctonus* spp. in Canada. Biocontrol News and Information  
4: 305-328.
- Nierhaus-Wunderwald, D. 1993. Die natürlichen Gegenspieler der Borkensäker. Wald und  
Holz 1: 8-14.
- Pernek, M. 2005. Jelovi potkornjaci roda *Pityokteines* (Coleoptera, Scolytidae) u Hrvatskoj i  
njihovi prirodni neprijatelji s naglaskom na patogene. Disertacija. Šumarski fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu.
- Pfeffer, A. 1995: Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer. Naturhistorisches  
Museum Basel.
- Prpić, B., Seletković, Z. 2001: Ekološka konstitucija obične jele. U: B. Prpić (ur.), Obična jela u  
Hrvatskoj. Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume, Zagreb. 255-268.
- Reeve, J.D. 1997: Predation and bark beetle dynamics. Oecologia 112: 48-54.
- Schwerdtfeger F., 1981. Waldkrankheiten. 4. Auflage. Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin.
- Seletković, I., Potočić, N. 2004. Oštećenost šuma u Hrvatskoj u razdoblju od 1999. do 2003.  
godine. Šum. list 3-4: 137-148.
- Turchin, P., Lorio, P.L., Taylor, A.D., Billings, R.F. 1991. Why do populations of southern  
pine beetles (Coleoptera: Scolytidae) fluctuate? Environ. Entomol. 20: 401-409.
- Ušćuplić, M., Dautbašić, M., Trešić, T., Nišić, T., Jokanović, B., Selman, E., Mujezinović, O.  
2005: Umiranje jele (*Abies alba*) u Bosni i Hercegovini. Akademija nauka i umjetnosti Bo-  
sne i Hercegovine, Sarajevo, Bosna i Hercegovina.
- Vaupel, O., Zimmermann, G. 1996. Orientierende Versuche zur Kombination von Pheromon-  
fallen mit insektenpathogenen Pilz *B. bassiana* (Bals.)Vuill. Gegen die Borkensäkerart *Ips  
typographus* L. (Col., Scolytidae). Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 69:  
175-179.

- Wegensteiner, R. 1992. Untersuchungen zur Wirkung von *Beauveria bassiana* Arten auf *Ips typographus* (Col., Scolytidae). Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie 8: 104-106.
- Wegensteiner, R. 1994. *Chytridiopsis typographi* (Protozoa, Microsporidia) and other pathogens in *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae). IOBC wprs Bulletin Vol. 17, 3: 39-42.
- Weiser, J., Wegensteiner, R., Zizka, Z. 1998. *Unikaryon montanum* sp.n. (Protista: Microspora), a new pathogen of the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae). Folia Parasitologica 45: 191-195.
- Wulf, A. 1983. Untersuchungen über den insektenpathogenen Pilz *B. bassiana* (Bals.) Vuill. Als Parasit des Borkenkäfers *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae) Z. ang. Entomol. 95: 34-46.

## INFLUENCE OF THE ENTOMOPATHOGENIC FUNGI *BEAUVERIA BASSIANA* ON THE MORTALITY OF FIR BARK BEETLES *PITYOKTEINES SPINIDENS* AND *PITYOKTEINES CURVIDENS*

### Summary

*Occurrence of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and their influence in the reduction of Pityokteines fir bark beetle population was studied at two localities in Croatia.*

*The mortality of bark beetles at the location Trakošćan was 60-73% while 41-45% at Litorić. The mortality rate caused by the fungi B. bassiana in Trakošćan was between 11,6 and 25,2%, and in Litorić between 1,7% and 13,2%.*

*The aim of this study was to obtain first information about the fungi B. bassiana in fir bark beetle population in Croatia and build a basis for future research of fungi isolates which can be used in biological control measures against fir bark beetles.*

*Key words: insect pathogens, Abies alba, biological control measures, fir decline*

