



ÚČINOK GAMA RADIÁCIE NA STERILIZÁCIU LYKOŽRÚTA SMREKOVÉHO *IPS TYPOGRAPHUS*

Jozef Vakula ▪ Milan Zúbrik ▪ Andrej Gubka ▪ Juraj Galko ▪ Slavomír Rell
Andrej Kunca ▪ Michal Lalík ▪ Roman Leontovyč ▪ Christo Nikolov
Ján Jurica ▪ Zuzana Balandová ▪ Ján Bučan



Vakula, J., Zúbrik, M., Gubka, A., Galko, J., Rell, S., Kunca, A., Lalík, M., Leontovyč, R., Nikolov, Ch., Jurica, J., Balandová, Z., Bučan, J.: Effect of gama radiation for the sterilization of the spruce bark beetle *Ips typographus*. APOL, 2023, vol. 4, no. 1, p. 115–121.

Abstract: In our experiment, *Ips typographus* imagoes were exposed to 50 Gy, 60 Gy and 70 Gy gamma radiation in the field conditions. To determine the optimal radiation dose, we first used doses of 50 Gy and 70 Gy for males and females together. Subsequently, we tested the selected dose of 60 Gy separately for males and females. After irradiation, imagoes were rearing on isolated spruce stems in the forest. The optimal dose of gamma radiation, which will ensure sufficient male sterility while achieving an acceptable mortality, was determined to be 60 Gy. Statistically significant differences were found in the number of galleries with larval tunnels and in the number of larval tunnels per one maternal tunnel in 60 Gy irradiated variants compared to control variants. In the variants where were males irradiated 60 Gy there was a decrease in the number of galleries with larval tunnels by an average of 43% and a decrease in the number of larval tunnels per one maternal tunnel by 79% compared to the control. A radiation dose of 60 Gy did not effect on female sterility.

Key words: SIT method; *Ips*; spruce; bark beetle

Problematika

Chemické insekticídy sú relatívne lacné, ale majú mnohé nevýhody. Poškodzujú životné prostredie, ničia prirodzených nepriateľov škodlivého hmyzu, zanechávajú v prírode rezíduá a škodca si voči nim postupne vytvára rezistenciu. Neustále silnie tlak na zastavenie používania pesticídov, dochádza k zväčšovaniu území, kde nie je možné tieto prípravky používať. Postupný ústup od aplikácie chemických prípravkov deklaruje Európska únia aj postupným prehodnocovaním a vyradovaným účinných látok z európskeho zoznamu účinných látok. Tieto trendy však zatiaľ nie sú v adekvátnej miere kompenzované zavádzaním nových, účinných, ekologických metód ochrany lesa a účinná alternatíva tak stále chýba.

Metóda sterilného hmyzu SIT (Sterile Insect Technique) nie je nová, jej výskum začal už v 30. rokoch 20. storočia a po prvýkrát bola testovaná v terénnych podmienkach v roku 1955 (Knipling 1955; Klassen & Curtis 2005). Táto environmentálne akceptovateľná metóda bola odvtedy úspešne použitá na mnohých druhoch škodlivého hmyzu, predovšetkým v poľnohospodárstve (Lindquist 1984; Krafstur 1998). Je plne druhovo špecifická a nemá ekologicky nežiadúci dopad na iné druhy organizmov. Metóda SIT je založená na umelej produkcii veľkého množstva jedincov, ktoré sú sterilizované a následne vypúšťané do prostredia. Metóda musí byť použitá celoplošne, čo znamená, že ošetrovaná plocha nesmie priamo susediť s plochou neošetrovanou. Podstata SIT je v tom, že umelo vypustené sterilné jedince sa pária s fertílnymi jedincami toho istého druhu opačného pohlavia v prirodzenom prostredí škodcu, pričom dochádza k zabráneniu normálneho

reprodukčného procesu. Technológia SIT má viacero limitov, vyžaduje zvládnutie umelého chovu škodcu, je vysoko náročná na manažment a znalosť biológie cieľového organizmu, musí sa aplikovať na veľkých výmerách, pretože iba vtedy je možné dosiahnuť úspech a iba vtedy je ekonomicky rentabilná (Knipling 1979).

Doterajšie výskumy SIT metódy na lykožrútovi smrekovom boli zamerané predovšetkým na stanovenie optimálnej dávky žiarenia, ktorá by zabezpečovala požadovanú sterilitu, bez výrazne zvýšenej vitality ožiarených jedincov (Turčáni & Vakula 2007). Ďalší výskum bol zameraný aj na vplyv žiarenia na reprodukčné a endokrinné bunky lykožrúta smrekového (Čičková et al. 2017). Príliš vysoká dávka žiarenia môže viesť k vysokej mortalite ožiarených jedincov, na strane druhej, príliš nízka dávka k neúplnej sterilitu. Dôležitou vlastnosťou tejto metódy je, že aj keď sa z časti vajícok vyliahnú jedince následnej F1 generácie, tieto sú neplodné. Jedná sa o tzv. dedičnú sterilitu hmyzu, ktorá je pri tejto metóde využívaná.

Materiál a metódy

Lykožrúty použité na pokusy s ožarovaním boli získané odchytnom počas jarného rojenia do feromónových lapačov, z jednodňových odchytnov. Odchytené lykožrúty boli uskladnené v tmavej podzemnej pivnici pri teplote 10 °C a vlhkosti 50 %. Takto boli uskladnené lykožrúty maximálne 3 dní. Sexuálna separácia lykožrútov bola vykonaná podľa metodiky Schlytter & Cederholm (1981). Na sterilizáciu lykožrútov bolo použité gama žiarenie, ktorého zdrojom je Cobalt 60. Ožarovanie lykožrútov bolo vykonané v Slovenskom metrologickom ústave Bratislava. Jedince boli počas prepravy umiestnené v prenosnej chladničke s ľadom, v plastových boxoch.

Pokusy s chovmi ožiarených lykožrútov boli založené na smrekových kmeňoch v poraste 2G20 VLM (LC Sklené). Strom bol zrúbaný 3 týždne pred začiatkom pokusu, aby kôra čiastočne zavedla. Strom s hrúbkou $d_{1,3}$ 25 cm bol po spilení rozdelený na 9 častí s dĺžkou 90 cm, ktoré boli obalené sieťovinou, ktorá izolovala jednotlivé sekcie od vonkajšieho prostredia (obr. 1). Medzi sekciami bola medzera 10 cm. Smrek bol odvetvený tak, aby nebola poškodená kôra a podložený do výšky 20 cm. Nevyužitú časť lapáku boli ošetrené insekticídmi. Na každú sekciu bolo vypustených 20 samcov a 40 samíc. Sekcie boli po 3 týždňoch odkôrnené (obr. 2), prevezené do laboratória a následne boli požerky v laboratóriu merané. Lykožrúty F1 generácie boli v čase merania požerkov v štádiu larvy. Vplyv pôsobenia gama radiácie na fertilitu a vitalitu lykožrútov bol sledovaný prostredníctvom základných chovných parametrov, ako sú: podiel počtu všetkých požerkov k počtu vypustených samcov, podiel počtu požerkov s materskými chodbami k počtu všetkých požerkov a podiel počtu požerkov s larválnymi chodbami k počtu všetkých požerkov. Zároveň boli hodnotené aj detailné chovné parametre, ako sú: dĺžka materskej chodby, počet vajícok na 1 materskú chodbu, počet larvových chodieb na 1 materskú chodbu, dĺžka larvových chodieb. Vykonané boli spolu 2 pokusy.



Obrázok 1. Kmeň rozdelený do sekcií, sekcie sú izolované od prostredia nylonovou sieťovinou

Figure 1. Spruce stem separated to the sections, the sections are isolated from the forest environment by a nylon net



Obrázok 2. Odkôrnenie sekcií po 3 týždňoch
Figure 2. Debarking section after 3 weeks

V prvom pokuse, ktorý bol zameraný na výber optimálnej dávky žiarenia boli ožiarené obe pohlavia dávkami 50 Gy a 70 Gy. Na lapáku boli založené 3 varianty pokusu (50 Gy, 70 Gy, Kontrola), každý mal 3 opakovania. V prvom variante boli vypustené a chované ožiarené jedince dávkou 50 Gy, v druhom variante boli chované ožiarené jedince dávkou 70 Gy a v treťom variante boli chované neožiarené jedince (kontrola). V druhom pokuse bola použitá vybraná dávka žiarenia 60 Gy, ktorá bola aplikovaná zvlášť na samce a samice. Na lapáku boli založené 3 varianty pokusu (ožiarené samce 60 Gy, ožiarené samice 60 Gy, kontrola), každý mal 3 opakovania. V prvom variante boli chované ožiarené samce s neožiarenými samicami, v druhom variante boli chované ožiarené samice s neožiarenými samcami a v treťom variante boli chované neožiarené jedince (kontrola).

Výsledky a diskusia

Ožiarenie oboch pohlaví dávkou 50Gy a 70Gy

Po odkôrnení kmeňa boli v kontrolnom variante nachádzané požerky s plne vyvinutými larválnymi chodbami (obr. 3), zatiaľ čo v ožiarených variantoch boli nachádzané požerky bez larvových chodieb, resp. s redukovaným počtom larvových chodieb (obr. 4). Vo variantoch, kde boli ožiarené obe pohlavia dávkami 50 a 70 Gy bol najvyšší podiel všetkých požerkov vo variante kontrola, dosiahol hodnotu 97,8 % a najnižší vo variante 70 Gy, s hodnotou 62,2 % (obr. 5). Dávka 70 Gy spôsobila zvýšenú mortalitu lykožrútov, čoho dôsledkom bol znížený počet požerkov oproti kontrole o 35,6 %. Podiel požerkov s materskými chodbami ku všetkým požerkom bol najvyšší pri variante kontrola – 95,6 %, nasledoval variant 70 Gy – 91,7 % a najnižší bol pri variante 50 Gy – 75,6 %. Najväčšie rozdiely boli zistené pri parametri počet požerkov s larvovými chodbami, kde dosiahli ožiarené varianty výrazne nižšie hodnoty ako kontrolný variant. Pri ožiarených jedincoch dávkou 50 Gy boli larvové chodby prítomné pri 68,4 % požerkov, zatiaľ čo pri jedincoch ožiarených dávkou 70 Gy boli larvové chodby prítomné len pri 42 % požerkov.



Obrázok 3. Požerok v neožiarenom, kontrolnom variante s plným počtom larvových

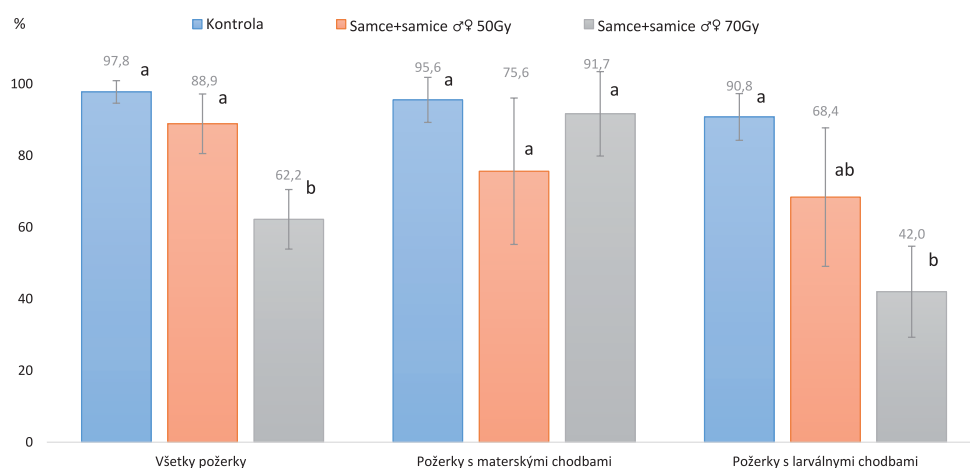
Figure 3. Gallery in control variant with the full number of larval tunnels



Obrázok 4. Požerok vo variante ožiarené samce 60 Gy s redukovaným počtom larvových chodieb

Figure 4. Gallery with reduced number of larval tunnels in the variant where the males were irradiated with a dose of 60 Gy

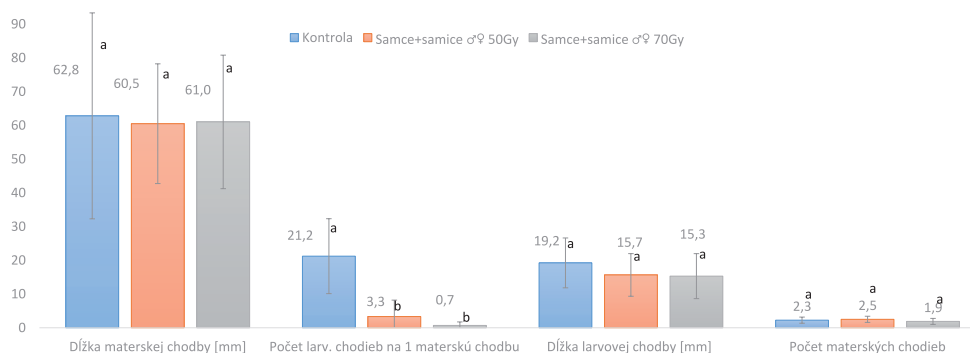
Pri hodnotení detailných chovných parametrov požerkov sme zistili, že priemerná dĺžka materskej chodby dosahovala pri kontrole 62,8 mm, pri variante 50 Gy – 60,5 mm a pri variante 70 Gy – 61,0 mm (obr. 6). Tento parameter bol v jednotlivých variantoch veľmi podobný, rozdiely neboli štatisticky významné. Aj tento skúmaný parameter potvrdzuje, že žiarenie nemá výrazný vplyv na plodnosť samíc. Tu je potrebné brať do úvahy dĺžku vývoja lykožrútov na lapáku, ktorá bola 21 dní, čo znamená, že niektoré detailné parametre požerkov neboli v čase odkôrňovania ukončené. Počet larvových chodieb na jednu materskú chodbu bol štatisticky významne nižší pri ožiarených variantoch. Vo variante 50 Gy dosahoval hodnotu 3,3 larvy a pri variante 70 Gy to bolo len 0,7 larvy, zatiaľ čo pri kontrole to bolo 21,2 larvy na 1 materskú chodbu. Dĺžka larvej chodby bola najdlhšia pri kontrole – 19,2 mm a najkratšia pri variante 70 Gy – 15,3 mm, hodnoty



Obrázok 5. Porovnanie základných chovných parametrov generácie F0, v kontrolnom variante a ožiarených variantoch ♂♀ (priemerná hodnota ± smerodajná odchýlka)

Figure 5. Comparison of basic breeding parameters of the F0 generation, in the control variant and irradiated variants ♂♀ (mean value ± standard deviation)

boli v jednotlivých variantoch podobné, rozdiely štatisticky nevýznamné. Počet materských chodieb na jeden požerok dosahoval priemerné hodnoty od 1,9 chodby pri variante 70 Gy, po 2,5 chodby pri variante 50 Gy, rozdiely neboli štatisticky významné.



Obrázok 6. Porovnanie detailných chovných parametrov generácie F0 – F1, v kontrolnom variante a ožiarených variantoch ♂♀ (priemerná hodnota ± smerodajná odchýlka)

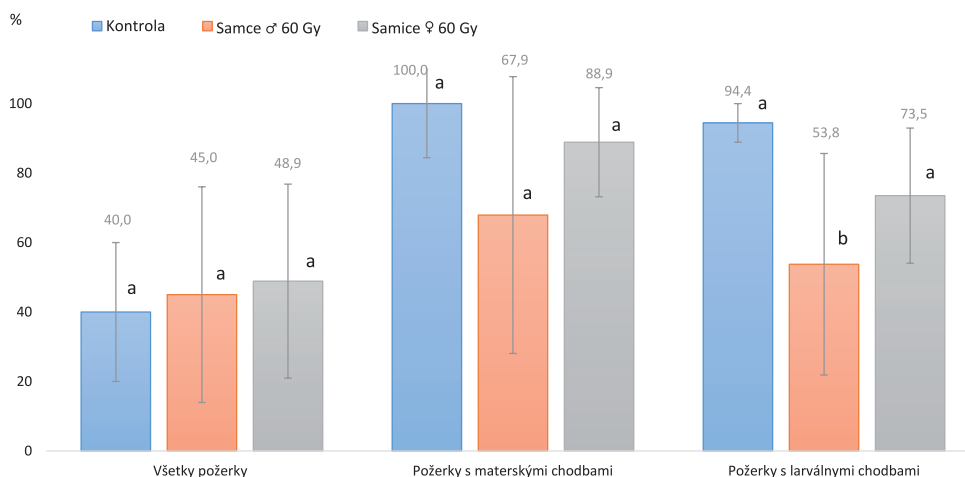
Figure 6. Comparison of detailed breeding parameters of the F0 – F1 generation, in the control variant and irradiated variants ♂♀ (mean value ± standard deviation)

Výsledky pokusov z roku 2022 preukázali, že pri ožiarení oboch pohlaví dávkou 50 Gy a 70 Gy došlo k sterilizácii samcov, čo sa prejavilo na znížení počtu požerkov s larválnymi chodbami priemerne o 22 %, resp. 49 %. To znamená, že po nakladiení vajíčok nedošlo k vyliahnutiu lariev s neoplodených vajíčok. Zároveň v požerkoch významne poklesol počet larvových chodieb oproti kontrole, pri variante 50 Gy o 84 % a pri variante 70 Gy o 97 %. Pri variante 70Gy však negatívne vzrástla mortalita ožiarených jedincov, čo sa prejavilo výrazným znížením počtu požerkov na sekciu. Na jedince samičieho pohlavia nemala dávka 50 a 70 Gy vplyv, čo sa neprejavilo na zhoršení ich reprodukčných charakteristík.

Ožiarenie jedného pohlavia dávkou 60 Gy

V pokusoch s ožarovaním jedného pohlavia vybranou dávkou 60 Gy bol najvyšší podiel všetkých požerkov vo variante ožiarených samíc, dosiahol hodnotu 48,9 % a najnižší vo variante kontrola, s hodnotou 40,0 %, rozdiely neboli štatisticky významné.

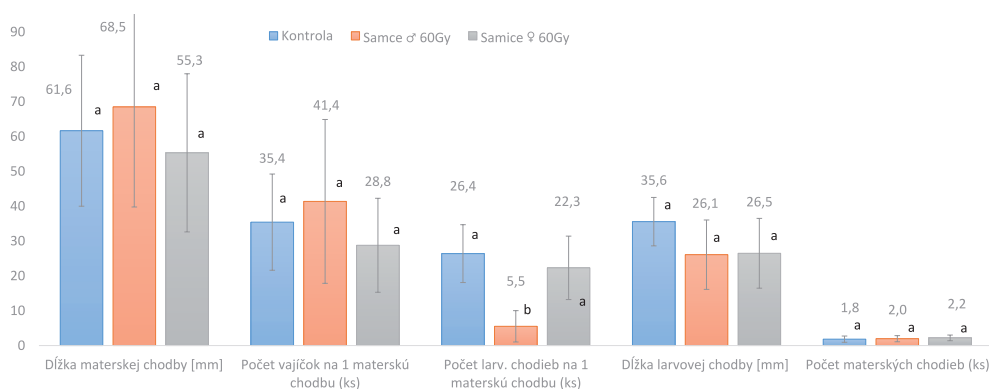
rozdiely neboli štatisticky významné (obr. 7). Podiel pozerkov s materskými chodbami ku všetkým pozerkom bol najvyšší pri variante kontrola – 100 %, nasledoval variant ožiarené samice – 88,9 % a najnižší bol pri variante ožiarené samce – 67,9 %. Najväčšie rozdiely boli zistené pri parametri počet pozerkov s larvovými chodbami, kde dosiahol variant ožiarené samce štatisticky významne nižšie hodnoty ako kontrolný variant. Pri ožiarených samcoch dávkou 60 Gy boli larvové chodby prítomné pri 53,8 % pozerkov, zatiaľ čo pri kontrole pri 94,4 % pozerkov a pri variante ožiarené samice pri 73,5 % pozerkov.



Obrázok 7. Porovnanie základných chovných parametrov generácie F0, v kontrolnom variante, ožiarených ♂ 60 Gy a ožiarených ♀ 60 Gy (priemerná hodnota ± smerodajná odchýlka)

Figure 7. Comparison of basic breeding parameters of the F0 generation, in the control variant irradiated ♂ 60 Gy and irradiated ♀ 60 Gy (mean value ± standard deviation)

Pri hodnotení detailných chovných parametrov pozerkov sme zistili, že priemerná dĺžka materskej chodby dosahovala pri kontrole 61,6 mm, pri variante ožiarené samce 68,5 mm a pri variante ožiarené samice 55,3 mm, rozdiely neboli štatisticky významné (obr. 8). Počet nakladených vajíčok jednou samicou bol najvyšší pri ožiarených samcoch, dosahoval priemernú hodnotu 41,4 vajíčok a najnižší pri ožiarených samiciach 28,8 vajíčok, rozdiely neboli štatisticky významné. Štatisticky významné rozdiely boli zistené pri počte larvových chodieb na jednu materskú chodbu, keď pri variante ožiarené samce bol počet larvových chodieb len 5,5, zatiaľ čo pri kontrole to bolo 35,6 a vo variante ožiarené samice to bolo 22,3 chodby. Dĺžka larvovej



Obrázok 8. Porovnanie detailných chovných parametrov generácie F0 – F1, v kontrolnom variante, ožiarených ♂ 60 Gy a ožiarených ♀ 60 Gy (priemerná hodnota ± smerodajná odchýlka)

Figure 8. Comparison of detailed breeding parameters of the F0 – F1 generation, in the control variant, irradiated ♂ 60 Gy and irradiated ♀ 60 Gy (mean value ± standard deviation)

chodby bola najvyššia pri kontrole 35,6 mm a najkratšia pri variante ožiarené samce – 26,1 mm, rozdiely neboli štatisticky významné. Počet materských chodieb na jeden požerok dosahoval priemerné hodnoty od 1,8 chodby pri variante kontrola, po 2,2 chodby pri variante ožiarené samice, rozdiely neboli štatisticky významné.

Výsledky pokusov preukázali, že pri ožiarení oboch pohlaví dávkou 50 Gy a 70 Gy došlo k sterilizácii samcov, čo sa prejavilo na znížení počtu požerokov s larválnymi chodbami priemerne o 22 %, resp. 49 %. To znamená, že po nakladení vajíčok nedošlo k vyliahnutiu lariev s neoplodnených vajíčok. Zároveň v požerkoch významne poklesol počet larvových chodieb oproti kontrole, pri variante 50 Gy o 84 % a pri variante 70 Gy o 97 %. Pri variante 70 Gy však negatívne vzrástla mortalita ožiarených jedincov, čo sa prejavilo znížením počtu požerokov na sekciu. Na jedince samičieho pohlavia nemala dávka 50 a 70 Gy vplyv, čo sa neprejavilo na zhoršení ich reprodukčných charakteristík. Pri ožiarení samcov dávkou 60 Gy došlo k poklesu počtu požerokov s larválnymi chodbami priemerne o 43 % a pri ožiarení samíc tou istou dávkou o 22 %. Zároveň v požerkoch významne poklesol počet larvových chodieb pri variante ožiarené samce o 79 % oproti kontrole. Pri variante ožiarené samice poklesol počet larvových chodieb len o 16 %. Pri počte nakladených vajíčok na jednu materskú chodbu neboli zistené veľké rozdiely.

Výsledky možno zhrnúť do nasledovných bodov:

- Optimálna dávka gama žiarenia, ktorá zabezpečuje dostatočnú sterilitu samcov lykožrúta smrekového pri dosiahnutí prijateľnej mortality bola stanovená na hodnotu 60 Gy.
- Dávka žiarenia 60 Gy nemá výrazný vplyv na sterilitu samíc.
- Metódou chovu ožiarených lykožrútov na kmeni v lese sú zabezpečené lepšie výsledky, resp. nižšia variabilita výsledkov ako pri chove v insektáriu, čo súvisí s vhodnejšími podmienkami prostredia.
- Prvoradou podmienkou využitia tejto metódy je zvládnutie úspešného umelého chovu, pretože podmienky prostredia významne vplyvajú na vitalitu chovaných lykožrútov.
- Ďalšou podmienkou je objavenie rýchlej a spoľahlivej metódy na triedenie pohlaví lykožrúta smrekového, ktorého pohlavný dimorfizmus je veľmi malý.

Čičková et al. (2018) odporúča pre totálnu sterilitu lykožrúta smrekového dávku žiarenia 70 – 90 Gy. Táto dávka žiarenie štatisticky významne znížila úspešnosť liahnutia vajíčok v požerkoch na úroveň 17 – 27 %, a zároveň znížila počet larvových chodieb na úroveň 30 % oproti kontrole. Na strane druhej táto dávka zvýšila mortalitu, čo sa prejavilo v počte požerokov, ktorých počet poklesol na polovicu oproti neožiarenému variantu. Bakri et al. (2005) odporúča sterilizačnú dávku gama žiarenia pre čelad' Curculionidae menej ako 100 Gy. Našimi pokusmi vykonávanými v prírodných podmienkach sme stanovili optimálnu dávku ožarovania na 60 Gy. Aj keď sú experimenty vykonávané v lese prácnejšie, náročnejšie na logistiku, vykonávajú sa v menej kontrolovaných podmienkach, je mortalita ožiarenej generácie nižšia. V článkoch zaoberajúcich sa chovom a ožarovaním lykožrúta smrekového sa vyskytuje pomerne vysoká variabilita výsledkov. Toto je spôsobené jednak rôznou kondíciou lykožrútov použitých v chovoch, ale aj určitou chybovosťou pri komplikovanej separácii jedincov na samce a samice. Budúci výskum by mal byť primárne zameraný na masový chov vitálnych jedincov lykožrúta smrekového na umelej potrave a výskum jednoduchého a rýchleho triedenia pohlaví lykožrúta smrekového, ktorého pohlavný dimorfizmus je veľmi malý.

Úspešnosť metódy SIT dokumentuje množstvo príkladov v poľnohospodárstve. V Argentíne je používaná proti škodcovi citrusových plodov vrtivke mediterannej *Ceratitis capitata*. Tu bolo na výmere 290 tis. ha sádov v rokoch 1992 – 1994 vypúšťaných 70 – 200 miliónov sterilných jedincov týždenne. Výsledkom bolo zníženie početnosti škodcu na 2 % predchádzajúcej úrovne (De Longo et al. 2000). K dosiahnutiu takto úspešných praktických výsledkov však predchádzali desaťročia výskumu zameraného na umelý chov škodcu a samotné pokusy. V lesníctve zatiaľ nemáme praktické výsledky, výskum SIT metódy je len na začiatku a počet projektov zameraných na túto problematiku je malý. Na rozdiel od poľnohospodárstva, kde produkcia ekologicky čistých potravín vedie pestovateľov i za cenu vyšších nákladov k použitiu ekologických metód, v lesníctve zatiaľ nie sú také vonkajšie tlaky, ktoré by nútili majiteľov lesa seriózne rozmyšľať o nahradení insekticídov inými spôsobmi obrany, napr. aj drahšími ale ekologickejšími. Väčšina nových metód v lesníctve zostáva na experimentálnej úrovni. Pritom práve lesné ekosystémy sú omnoho bohatšie, ako sú ekosystémy kultúrnej krajiny a zaslúžili by si o to väčšiu ochranu.

PodĎakovanie

Práca vznikla vĎaka finanĎnej podpore projektu „Znižovanie environmentálnej záťaže pri pôsobení ozbrojených síl – výskum nových ekologických metód boja so škodcami lesa na území v správe podniku Vojenské lesy a majetky“, ktorý je realizovaný s finanĎnou podporou Ministerstva obrany Slovenskej republiky a vĎaka finanĎnej podpore projektov APVV-19-0116, APVV-19-0119, APVV-22-0399 a APVV-22-0545.

Literatúra

- Bakri, A., Heather, N., Hendrichs, J., Ferris, I., 2005: Fifty years of radiation biology in entomology: lessons learned from IDIDAS. *Annals of the Entomological Society of America*, 98:1–12.
- ĎiĎková, H., Kozánek, M., Žitňan, D., Roller, L., 2018: Effects of γ radiation on the reproduction and enter-endocrine cells of the spruce bark beetle *Ips typographus* and prospects for its control. *Biologia*, 73:67–75.
- De Longo, O., Colombo, A., Gomez-Riera, P., Bartolucci, A., 2000: The use of Massive SIT for the Control of the Medfly, *Ceratitis capitata* Strain SEIB 6-96, in Mendoza, Argentina. In: Keng-Hong Tan (ed.): *Area Wide control of Fruit Flies and Other Insect Pest. Proceedings of the International Conference*, PUS Malaysia, Pulau Pinang, 351–359.
- Klassen, W., Curtis, C., F., 2005: History of the sterile insect technique. In: Dyck, V., A., Hendrichs, J. and Robinson, A., S. (eds.): *Sterile Insect Technique*. Dordrecht, the Netherlands, 39–68.
- Knipling, E., F., 1955: Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *Journal of Economical Entomology*, 48: 459–462.
- Krafsur, E., S., 1998: Sterile insect technique for suppressing and eradicating insect population: 55 years and counting. *J Agric Entomol* 15:303–317.
- Lindquist, D., A., 1984: Atoms for pest control. *IAEA Bull.* 26(2):22–25.
- Schlyter, F., Cederholm, I., 1981. Separation of the sexes of living spruce bark beetles *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 92: 42–47.
- TurĎáni, M., Vakula, J., 2007: The influence of irradiation on the behaviour and reproduction success of eight toothed bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae). *J For Sci* 53(Special Issue): 31–37.

ADRESA

Ing. Jozef Vakula, PhD., Ing. Milan Zúbrik, PhD., Ing. Andrej Gubka, PhD., Ing. Juraj Galko, PhD.,
Ing. Slavomír Rell, PhD., Ing. Andrej Kunca, PhD., Ing. Michal Lalík, Ph.D., Ing. Roman Leontovyc, PhD.,
Ing. Christo Nikolov, PhD.

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

Lesnícka 11

SK–969 01 Banská Štiavnica

e-mail: jozef.vakula@nlcsk.org, milan.zubrik@nlcsk.org, andrej.gubka@nlcsk.org, juraj.galko@nlcsk.org,
slavomir.rell@nlcsk.org, andrej.kunca@nlcsk.org, michal.lalik@nlcsk.org, roman.leontovyc@nlcsk.org,
christo.nikolov@nlcsk.org

Ing. Ján Jurica, Ing. Zuzana Balandová, Ing. Ján Bučan

Vojenské lesy a majetky SR, štátny podnik

Lesnícka 23

SK–962 63 Pliešovce

e-mail: sekretariat@vlm.sk