

ŠTÚDIA VYUŽITIA METÓDY SIT V BOJI S LYKOŽRÚTOM VRCHOLCOVÝM *IPS ACUMINATUS*

Andrej Gubka • Jozef Vakula • Juraj Galko • Slavomír Rell • Michal Lalík
Milan Zúbrik • Andrej Kunca • Roman Leontovyč • Christo Nikolov

Gubka, A., Vakula, J., Galko, J., Rell, S., Lalík, M., Zúbrik, M., Kunca, A., Leontovyč, R., Nikolov, Ch.: Use of the SIT method in forest protection against *Ips acuminatus*. APOL, 2022, vol. 3, no. 1, p. 15–27.

Abstract: Pine forests covers represents more than 6% of all forests in Slovakia. They are weakened by drought and other abiotic and biotic pests. Pine bark beetle (*Ips acuminatus*) is one of most important bark beetles attacking pine forests. To prevent forests against this pest there is necessary to keep measures in the area of forest protection. New method should be use of Sterile Insect Technique (SIT). Our research shows some potential of this technology. We tried to find proper dose (interval of doses) of radiation for *Ips acuminatus* male sterilization. Dose 20 and 100 Gy was tested with different results. In dose 20 Gy there were much more incomplete breeding chambers and maternal galleries without larval tunnels than in unirradiated beetles. In dose with 100 Gy we noticed high mortality and significantly more attempts of mating chamber creation but without maternal galleries, than in unirradiated population. Proper dose for sterilization with low mortality is probably somewhere in between these two doses, but for finding it there is necessary to perform many experiments. Successful use of this technology is highly influenced not only by proper dose of radiation, but also by our ability to breed beetles in high amounts in controlled conditions, their vitality, occurrence of pseudogamy and many other factors.

Key words: *Ips acuminatus*; gama radiation; fertility

1. Problematika

Borovica má v lesoch na Slovensku zastúpenie 6,6 % čo znamená že je to druhá najzastúpenejšia ihličnatá drevina a štvrtá celkovo (po buku, smreku a dube) (Zelená správa 2021). Najväčšie súvislé plochy borovicových porastov je možné nájsť v oblasti Záhoria. Porasty sú však dlhodobo oslabované rôznymi abiotickými a biotickými škodlivými činiteľmi (Jurica & Bartošek 2014; Kunca et al. 2017). K najvýznamnejším biotickým škodcom patrí podkôrny hmyz a z neho lykožrút vrcholcový (*Ips acuminatus*). Jedná sa o druh, ktorý je rozšírený po celej Európe od juhu Španielska až po Fínsko a rozšírenie pokračuje cez Sibír až do Číny, Japonska a Kórey (Siitonen 2014). Je považovaný za sekundárneho škodcu, avšak pri premnožení je schopný napadnúť aj zdravé stromy. Už jeho meno napovedá, že napáda predovšetkým korunové časti stromov s tenšou a hladkou kôrou a tiež mladé borovicové porasty. Z pohľadu lesného hospodárstva je jeho negatívny vplyv aj to že je prenášačom húb rodu *Ophiostoma* (Davydenko et al. 2017), ktoré spôsobujú modranie dreva a tým majú vplyv aj na jeho ďalšie spracovanie.

Lykožrút vrcholcový najčastejšie prezimuje ako dospelý jedinec v napadnutých stromoch prípadne v hrabanke (Wermelinger 2008). Aktívny začína byť na jar pri teplotách od 14 až 18 °C, podľa lokálnych podmienok (Colombari et al. 2011). Rojenie začína najčastejšie v prvej polovici mája a trvá až k prelomu júna a júla (Plewa & Mokrzycki 2017), kedy začína prebiehať aj druhé rojenie. Má teda v našich podmienkach dve generácie (Zahradník & Knížek 1999). Na stromy najskôr nalietaávajú samice, ktoré vytvoria snubnú komôrku. Následne produkujú agregáčne feromóny, ktorými lákajú samičky. Najčastejšie sa pári s 3 – 5 samičkami avšak zaznamenané sú aj prípady, kedy bolo v jednom požerku 2 – 12 samičiek (Plewa & Mokrzycki 2017). Samičky následne vytvárajú materské chodby, ktoré upchávajú drvinkami. Vajíčka kladú približne 1 – 2 týždne, pričom sa larvy niekedy liahnu ešte v čase

kedy samička kladie posledné vajíčka. Larválne chodby sú zväčša krátke a riedke a larvy sa v nich živia lykom a ambrózióvymi hubami. Larválne obdobie trvá od 4 týždňov a viac v závislosti od počasia. Kuklí sa v komôrkach, ktoré sú zarezané do beli (Zahradník & Knížek 1999).

V súčasnej dobe ochrana pozostáva najmä z vyhľadávania napadnutých stromov a ich včasnej asanácie. Pri silnejšom napadnutí to môže viesť k nežiaducemu preriedeniu porastov. Pri sanácii sa využíva pálenie, štiepkovanie prípadne sa pristúpi k aplikácii autorizovaných pesticídnych prípravkov. Z toho dôvodu sa hľadajú aj šetrnejšie a cielenejšie metódy. Jednou z metód môže byť aj využitie SIT (Sterile Insect Technique). Metóda je založená na sterilizácii veľkého počtu jedincov, ktoré sú následne vypúšťané do prírody. Musí byť však použitá celoplošne, čo znamená, že ošetrená plocha nesmie priamo susediť s plochou neošetrenou. V prípade, že v ošetrenej lokalite sa nachádzajú oblasti kde nebol sterilný hmyz vypustený, tak účinnosť tejto metódy významne klesá (Knipling 1979). V kontexte biologických metód je metóda SIT plne druhovo špecifická, s minimálnym dopadom na životné prostredie. Cieľovými druhmi, proti ktorým je metóda SIT v praxi používaná sú, napr. *Bactrocera* sp., *Anastrepha* sp., *Ceratitis capitata*, *Cydia pomonella*, *Glossina* sp. či *Lymantria dispar*.

Výskum SIT zameraný na podkôrny hmyz je v súčasnosti len v začiatkoch a bol zameraný predovšetkým na snahu nájsť vhodnú dávku žiarenia a jeho vplyv na reprodukčné bunky lykožrúta smrekového (Turčáni & Vakula 2007; Čičková et al. 2018). Zatiaľ sme nezaznamenali, že by metóda SIT bola použitá alebo skúmaná pri lykožrútovi vrcholcovom.

2. Materiál a metódy

Základnou podmienkou pre výskum vplyvu pôsobenia gama radiácie na lykožrúta vrcholcového je založenie funkčného chovu, kde by bolo možné odchovať jedince do požadovaného vývojového štádia. Z toho dôvodu boli využité laboratóriá v Banskej Štiavnici. V prvom kroku boli v teréne odobrané vzorky borovicového dreva napadnuté lykožrútom vrcholcovým. Vzorky boli umiestnené do fotoeklektorov vyrobených z HDF dosák s hrúbkou 2,5 mm. Vrchné veko bolo utesnené gumovým tesnením, aby sa minimalizoval prienik svetla do fotoeklektorov. Z prednej strany boli vyrezané dva otvory na ktorých boli umiestnené priehľadné plastové zberné nádoby s navlhčenou buničinou. Takto postavená konštrukcia zabezpečovala odvod vlhkosti cez steny, aby sa spomalilo šírenie plesní a buničina v zberných nádobách poskytovala vhodné prostredie na prežitie vylietajúcim imágam lykožrúta vrcholcového do doby, kým bol prenesený do chovných klietok.

Chovné klietky majú hliníkovú konštrukciu, pričom predná časť bola zasieťovaná hustým sitom. To zabezpečovalo vetranie aby sa v klietkach nekonzentrovala vo veľkom rozsahu vlhkosť. Steny sú presklené. Vďaka hliníkovej konštrukcii a skleneným stenám je možné dobre pozorovať dianie v klietkach a v prípade potreby je ich možné ľahko vyčistiť a vydezinfikovať.

Pre získanie vhodných chrobákov boli v priebehu roku 2020 a najmä v roku 2021 v spolupráci s VLM Malacky pripravené borovicové lapáky v niekoľkých sériách. Intenzívne opatrenia na úseku ochrany lesa vykonávané v porastoch VLM Malacky však udržujú stav podkôrneho hmyzu v nízkych hodnotách a preto bol dlhodobý problém získať dostatočné množstvo jedincov lykožrúta vrcholcového pre potreby založenia umelého chovu. Inštalované boli aj feromónové lapače, ktoré pracovníci VLM Malacky kontrolovali v jednodňových intervaloch. Nízke odchvy však len potvrdili nízky stav populácie lykožrúta vrcholcového v kontrolovanej oblasti. Nakoniec sa však podarilo získať vhodné časti kmeňa z naletených lapákov. Tie boli prevezené do Banskej Štiavnice, kde boli umiestnené do fotoeklektorov. Začiatkom júna začali z výrezov vylietavať imága novej generácie. Jedince sme triedili podľa pohlavia a to na základe morfológických znakov, ktoré sú pri tomto druhu dobre odlišiteľné. Vylietavanie jedincov novej generácie však bolo rozťahnuté na väčšie časové obdobie a trvalo niekoľko týždňov. Táto skutočnosť výrazne komplikovala snahu o získanie dostatočného počtu vitálnych jedincov pre potreby ožarovania. Ožarovanie prebiehalo v dvoch fázach (20 a 100 Gy). Prvýkrát sme ožarovali 11. 6. 2021 dávkou 20 Gy. A druhýkrát 15. 7. 2021 tiež dávkou 20 Gy. V oboch prípadoch sme ožarovali len samcov. Ožarovanie prebiehalo na Slovenskom metrologickom ústave v Bratislave.



Obrázok 1. Ožarovanie samcov *Ips acuminatus* gama žiarením
Figure 1. Irradiation males of *Ips acuminatus* with gamma radiation.



Obrázok 2. Chovné kliečky s umiestnenými borovicovými klátkami, pre potreby chovu podkôrneho hmyzu
Figure 2. Breeding cages with pine logs for bark beetle breeding.

Aby sme zabezpečili približne rovnakú vitalitu jedincov, prevádzali sme nielen jedince určené na ožarovanie ale aj kontrolné – neožiarené jedince. Následne sme ich vypúšťali do chovných kliečok kde boli umiestnené výrezy (kláty) s rozmermi 12 – 16 cm v priemere a 40 – 50 cm dlhé. Snažili sme sa aby kláty z rovnakého stromu boli v kliečkach s ožiarenými jedincami a aj s tými neožiarenými, aby sme minimalizovali vplyv rôzneho zavädnutia lyka na tvorbu požerkov. Do kliečok sme umiestnili po 62 samcov a 250 samíc, čo predstavuje pomer pohlavia 1 : 4. V polovici októbra sme vykonali odkôrnenie obsadených klátov a zisťovali počty neúspešných pokusov o vytvorenie požerku, počty požerkov len s materskými chodbami a kompletne požerky. Z pomedzi ožiarených a neožiarených populácií sme vybe-

rali životaschopné jedince a preložili sme ich na čerstvé kláty za účelom zistenia sterility pri novej generácii. 3. 11. 2021 sme pristúpili k ožiareniu dávkou 100 Gy. Ožiarene boli znovu jedince samčieho pohlavia pričom bolo do kliebok vypustených 92 ožiarených samcov a 370 neožiarených samíc. S rovnakými počtami sme založili aj neožiarenú kontrolu. Aj v tomto prípade sme pri kontrole vykonali odkôrnenie a evidovanie požerkov v rôznom štádiu vývoja. Údaje boli vyhodnocované pomocou programu Statistica 10.

3. Výsledky

3.1. Chov lykožrúta vrcholcového

Jedným z hlavných predpokladov pre testovanie vplyvu gama radiácie na lykožrúta vrcholcového je udržanie jednej až viac generácií v laboratórnych podmienkach. V prvom roku riešenia projektu sme sa zamerali predovšetkým na založenie laboratórneho chovu lykožrúta vrcholcového (*Ips acuminatus*). Problematické bolo už samotné založenie chovu. Vzhľadom na nepriaznivé počasie v priebehu prvého rojenia sa nám nepodarilo odchytiť dostatočné množstvo životaschopných jedincov do feromónových lapačov. V priebehu júna sa nám podarilo nájsť drevnú hmotu napadnutú lykožrútom vrcholcovým, ktorú sme umiestnili do fotoeklektorov v laboratóriách v Banskej Štiavnici. V priebehu augusta začali imága vylietavať. Tie sme následne odchyťovali a umiestňovali do chovných kliebok. Pre potreby ožarovania sú použiteľné hlavne imága odchované v laboratórnych podmienkach, pretože sú menej ovplyvňované pôsobením patogénnych organizmov. Ako chovný substrát sme použili konáre z borovice lesnej s priemerom asi 8 cm a dĺžkou asi 40 cm. V priebehu augusta 2020 sa nám podarilo získať ďalšiu drevnú hmotu napadnutú lykožrútom vrcholcovým. Ten sa nachádzal najčastejšie v štádiu larvy a kukly. Aj táto hmota bola umiestnená do fotoeklektorov. V druhej polovici septembra začali vylietavať imága aj z tejto hmoty. Tie sme využili na posilnenie chovu a umiestnili sme ich do chov-



Obrázok 3 – 4. Z fotoeklektorov boli odoberané rojace sa jedince a preložené do chovných kliebok na čerstvé borovicové klátiky, prípadne bola časť populácie ožiarená pred umiestnením do kliebok

Figure 3 – 4. Swarming individuals were taken from the photoelectrodes and transferred to breeding cages on fresh pine blocks, or part of the population was irradiated before transfer to cages.

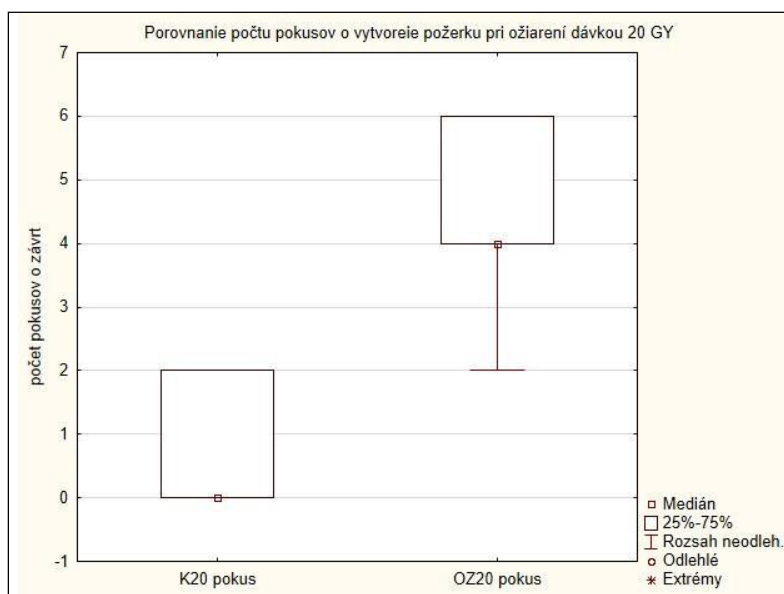
ných klieťok v počte 75 až 150 imág na klieťku. Ako chovný substrát boli použité vrcholové časti kmeňov mladých borovic s priemerom 10 – 18 cm a dĺžkou asi 4 – 50 cm. Miesta rezu sme zakryli papierom alebo zaliali parafínom, aby sa znížila rýchlosť vysušovania. Obsadzovanie chovného substrátu bolo veľmi variabilné. Často sme tiež zaznamenávali vytvorenie snubných komôrok na hrane klátičky (na reze), čo malo za následok rýchle prisušenie lykovej časti a tým pádom nebol často vytvorený plnohodnotný požerok. Najlepšie výsledky sme dosahovali nakoniec na klátičkoch, s dĺžkou asi 50 cm a priemerom okolo 15 cm a s hladkou borkou. Klátiček s takýmito rozmermi bol dostatočne dlhý na to aby rýchlo nepresychal a poskytoval dostatočný priestor na rozvoj požerkov. Imága lykožrúta vrcholového tak mali dostatok priestoru aby si našli pre nich vhodné miesto na založenie požerku. Ďalšou nespornou výhodou týchto rozmerov je, že sa s ním ľahšie manipuluje a aj kontrola je jednoduchšia.

3.2. Ožarovanie 20 Gy

Ako prvá bola hodnotená mortalita samcov po ožiarení. Mortalita samcov bola počítaná na základe množstva vypustených samcov do klieťky a počtu vytvorených snubných komôrok prípadne požerkov. Celková mortalita ožiarených samcov bola na úrovni 31,5 % a mortalita neožiarených samcov bola na úrovni 23,9 %. Môžeme teda predpokladať, že gama rádiácia na úrovni 20 Gy nemala významnejší vplyv na rýchlu mortalitu ožiarených samcov.

Následne bolo kontrolované v akom množstve a v akom stave boli založené požerky. Vytvorené boli tri kategórie a to pokus o vytvorenie požerku (snubná komôrka), Vytvorenie požerku a materských chodieb, avšak bez vytvorenia larválnych chodieb a kompletný požerok s larválnymi chodbami.

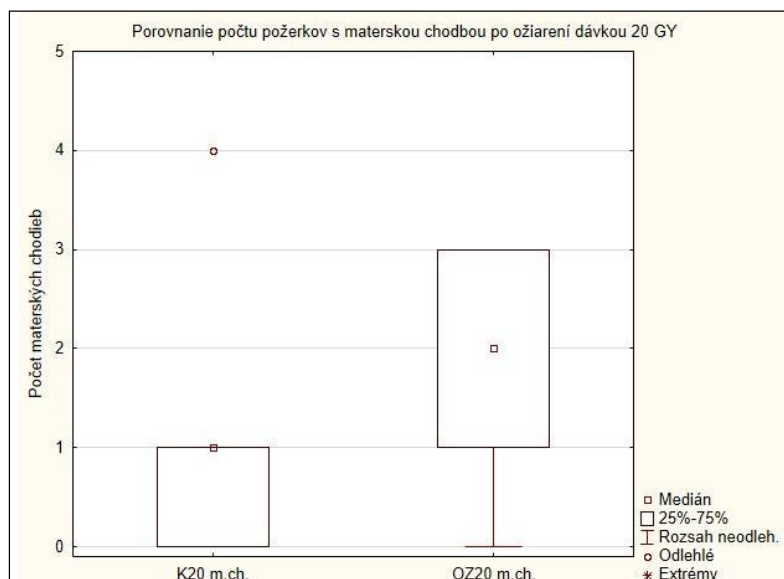
Rozdiely zaznamenané pri porovnaní vývinových štádií požerkov naznačujú určitý vplyv žiarenia avšak so značným rozptylom hodnôt. Väčší rozdiel bol pri pokusoch o vytvorenie snubnej komôrky avšak bez spárenia sa a vytvorenia materských chodieb, kde väčšie množstvo týchto pokusov bolo práve pri ožiarených jedincoch. Na klátoch umiestnených v klieťkach, kde boli vypustené ožiarené samce sme zaznamenali najčastejšie 4 – 6 pokusov o závrť (stredová hodnota – medián 4 pokusy na jeden kláček). Na kontrolných klátoch sme zaznamenali 0 – 2 pokusy, pričom najčastejšie sme na klátoch nezaznamenali ani jeden neúspešný pokus o závrť a celkovo sa pohybovali v rozpätí 0 – 2 pokusy o závrť na jednom kláčeku.



Obrázok 5. Porovnanie počtu pokusov o vytvorenie požerku pri ožiarení dávkou 20 Gy

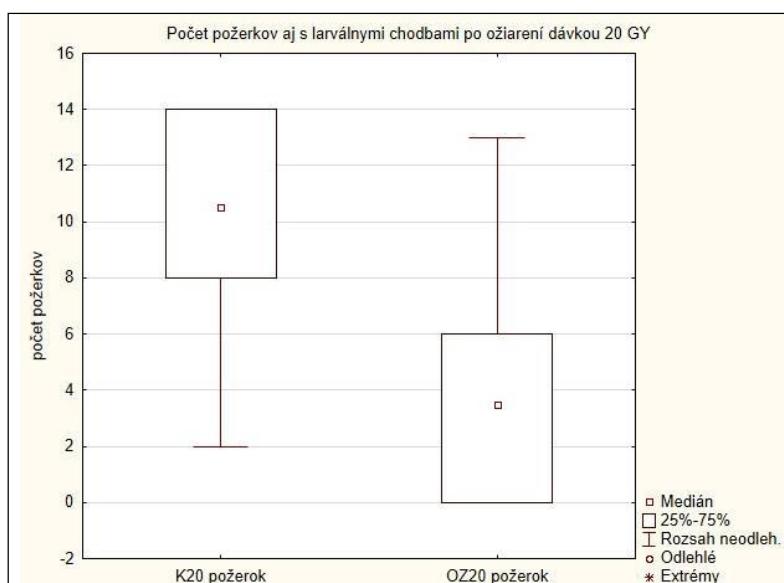
Figure 5. Comparison of the number of attempts to create breeding chamber after irradiation with a dose of 20 Gy.

Pri porovnávaní počtu požerkov s materskými chodbami, no bez prítomnosti larválnych chodieb sme zaznamenali len veľmi malé množstvo takýchto požerkov na klátoch s neožiarenými jedincami. Najčastejšie sa tieto počty pohybovali v rozpätí 0 – 1 požerok s materskou chodbou na klát (medián 1). Na jednom kláte sme však zaznamenali až 4 takéto požerky, čo je v porovnaní s ostatnými klátmi hodnota vymykajúca sa z priemeru. Na klátoch, kde boli vypustené ožiarené jedince sme zaznamenali najčastejšie 1 – 3 požerky s materskou chodbou (medián 2), čo naznačuje možné zníženie plodnosti po ožiarení.



Obrázok 6. Porovnanie počtu požerkov s materskou chodbou pri ožiarení dávkou 20 Gy
Figure 6. Comparison of the number of galleries with maternal galleries after irradiation with a dose of 20 Gy.

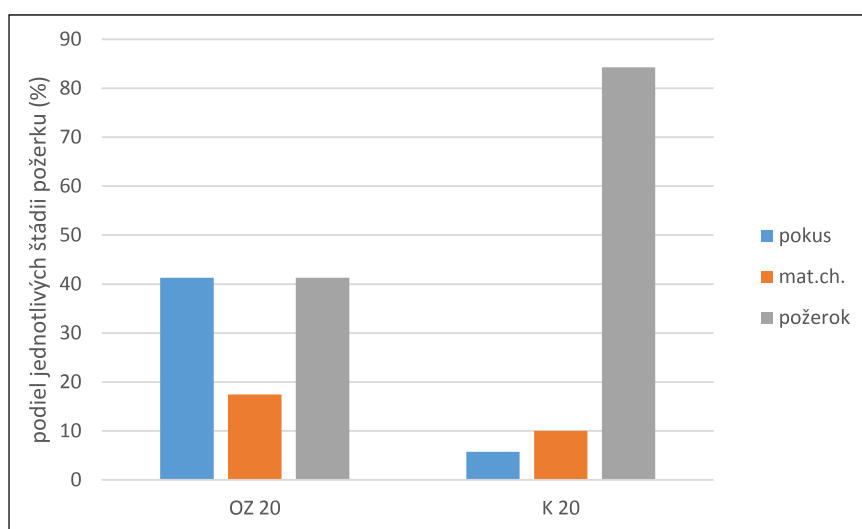
Na klátoch s ožiarenými aj neožiarenými jedincami sme zaznamenali aj plne vyvinuté požerky. Rozptyl počtu požerkov bol síce pri ožiarených a neožiarených jedincoch viac-menej rovnaký, avšak významne sa líšili svojou distribúciou. Kým na klátoch s neožiarenými jedincami boli kompletne požerky najčastejšie v počte 8 – 14, na klátoch s ožiarenými jedincami to bolo len 0 – 6 plne vyvinutých požerkov.



Obrázok 7. Porovnanie počtu úplných požerkov pri ožiarení dávkou 20 Gy
Figure 7. Comparison of the number of fully developed galleries after irradiation with a dose of 20 Gy.

Pre lepšie zhodnotenie je nevyhnutné je vhodné porovnať podiely jednotlivých požerkov na klátoch, kde boli vyložené ožiarené a neožiarené jedince. Ako je vidno na obrázku 8, pokusy o závrť a celé požerky pri ožiarených jedincoch mali približne rovnaký podiel (pokusy 41,2 % a kompletne požerky 41,3 %). Ak to porovnáme s podielom pokusov o požerok (5,7 %) a kompletne požerkov (84,3) na kontrole môžeme pozorovať veľký rozdiel. Tento nepomer naznačuje pravdepodobne zvýšenú mortalitu a neúspešné privábenie samičiek pri ožiarených samcoch. Veľmi zaujímavým údajom je však porovnanie podielu požerkov kde došlo k páreniu a vytvoreniu materských chodieb avšak bez vytvorenia larválnych chodieb. Kým podiel takýchto požerkov pri neožiarených jedincoch bol 10 % pri ožiarených jedincoch to bolo 17,4 % čo je takmer dvojnásobok. Stále však ostáva ešte relatívne vysoký podiel kompletne požerkov pri ožiarených jedincoch.

Zaujímavé výsledky naznačila následná generácia z ožiarených jedincov, kde 50 % požerkov skončilo v štádiu pokusu a 50 % v štádiu tvorby materských chodieb. V porovnaní s kontrolou kedy v štádiu pokusu skončilo 31 % požerkov v štádiu materských chodieb 19 % a v štádiu materských chodieb s larválnymi chodbami 50 %. Na významnejšie závery však dáta, vzhľadom na malú vzorku a kontamináciu entomopatogénnymi hubami, nestačia.

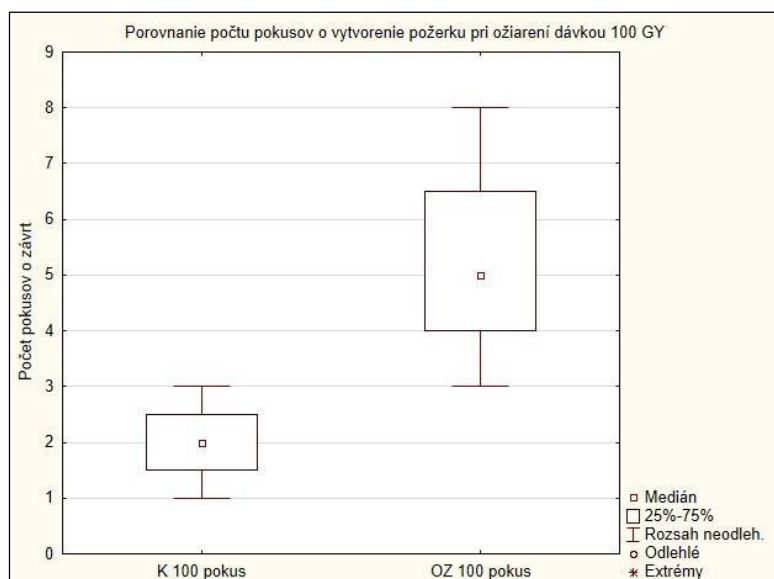


Obrázok 8. Porovnanie podielu jednotlivých štádií požerkov pri ožiarenej a kontrolnej populácii
Figure 8. Comparison of the share of individual gallery stages in the irradiated and control population.

3.3. Ožarovanie 100 Gy

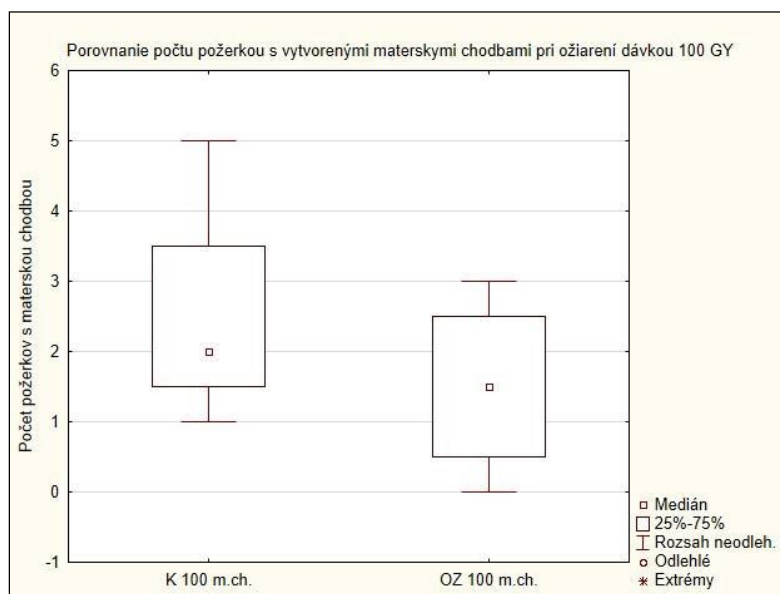
Vzhľadom na odporúčané dávky gama radiácie pre podkôrny hmyz sme v ďalšej fáze zvolili dávku 100 Gy. Aj v tomto prípade boli ožiarené len jedince samčieho pohlavia. Po vypustení jedincov do klietok bola zisťovaná aj mortalita samcov vypočítaná rovnakým spôsobom ako pri dávke 20 Gy. Pri ožiarení dávkou 100 Gy sme zaznamenali 47 % mortalitu samcov, čo je viac ako pri ožiarení 20 Gy. Mortalita pri neožiarených jedincoch bola na úrovni 29 %, čo je o málo vyššia ako sme zaznamenali pri neožiarených jedincoch v predchádzajúcom experimente, avšak výrazne nižšia ako pri ožiarených jedincoch.

Množstvo pokusov o vytvorenie požerku bol významne väčší pri ožiarených jedincoch ako pri kontrole. Počet pokusov o závrť na klátoch, kde boli vypustené ožiarené jedince bol značne variabilný a pohyboval sa od 3 do 8, pričom stredná hodnota bola na úrovni 5. Naproti tomu stredná hodnota pokusov o závrť pri neožiarených jedincoch bola na úrovni 2 s rozptylom od 1 do 3. Jedná sa však o vyššie hodnoty ako pri neožiarených jedincoch v predchádzajúcom experimente.



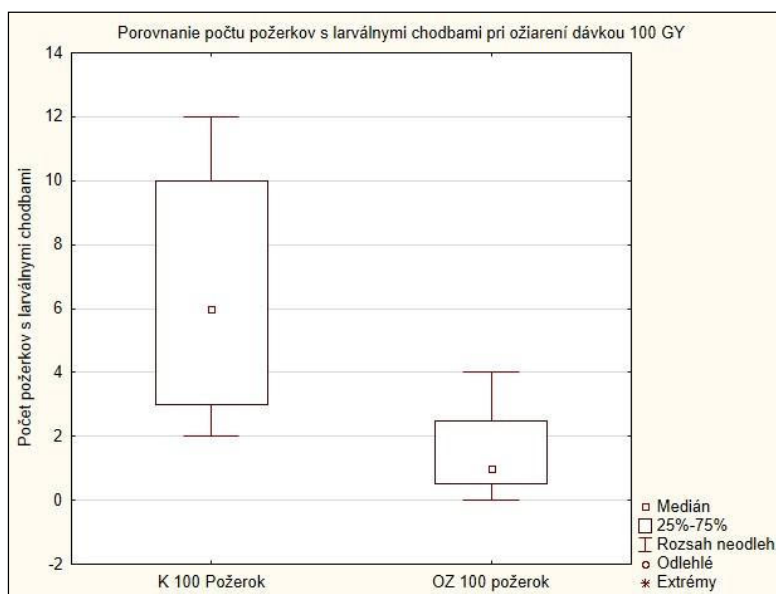
Obrázok 9. Porovnanie počtu pokusov o vytvorenie požerku pri ožiarení dávkou 100 Gy
Figure 9. Comparison of the number of attempts to create breeding chamber after irradiation with a dose of 100 Gy.

Zaujímavé je, že napriek vysokej dávke žiarenia bol podiel požerkov s iba materskými chodbami veľmi podobný. Dokonca pri neožiarených jedincoch sme zaznamenali väčšie množstvo takýchto požerkov s maximom 5 neúplných požerkov a stredovou hodnotou 2. Stredová hodnota pri ožiarených jedincoch je podobná ako pri neožiarených a to 1,5 a rozptyl sa pohyboval od 0 po 3.



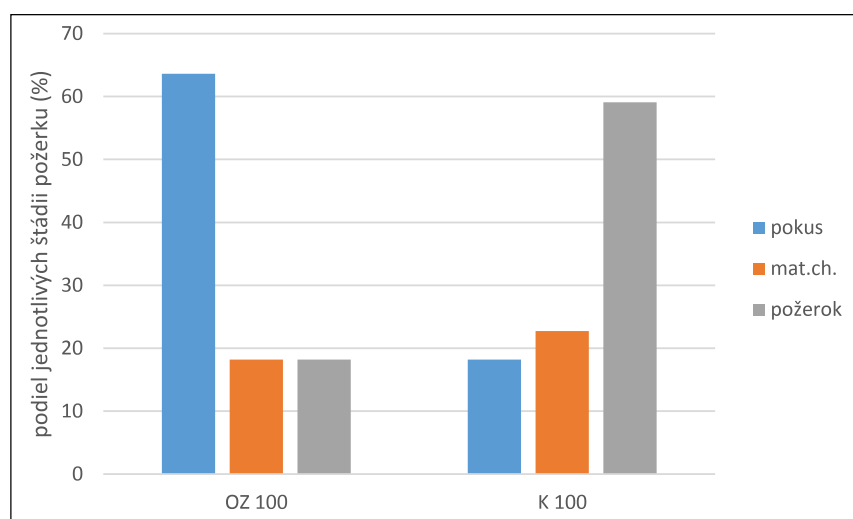
Obrázok 10. Porovnanie počtu požerkov s materskou chodbou pri ožiarení dávkou 100 Gy
Figure 10. Comparison of the number of galleries with maternal galleries after irradiation with a dose of 100 Gy.

Rozdiely boli zaznamenané pri porovnávaní počtu kompletných požerkov na jednotlivých klátoch. Na klátoch s kontrolnými neožiarenými jedincami sme zaznamenali výrazne väčšie množstvo kompletných požerkov. Stredová hodnota bola na úrovni 6 avšak so značným rozptylom od 2 do 12 požerkov na klát. Pri ožiarených jedincoch bola tvorba kompletných požerkov výrazne nižšia a to so stredovou hodnotou 1 a rozptylom od 0 po 4 kompletne požerky na jeden klát.



Obrázok 11. Porovnanie počtu úplných požerokov pri ožiarení dávkou 100 Gy
Figure 11. Comparison of the number of fully developed galleries after irradiation with a dose of 100 Gy.

Aj pri žiarení dávkou 100 Gy sme pristúpili k porovnaniu podielov jednotlivých štádií požerkov na celkovom množstve požerokov. Výrazne vyšší bol podľa očakávania podiel pokusov o vytvorenie požerku pri ožiarených jedincoch (63,6 %) ako pri kontrole (18,2 %). Zaujímavé však je, že podiel pokusov o závrť bol pri neožiarených jedincoch v experimente s dávkou 100 Gy vyšší ako pri neožiarených jedincoch v experimente s dávkou 20 Gy. Pri ožiarených jedincoch bol väčší podiel pokusov o závrť pri žiarení 100 Gy očakávaný v porovnaní s experimentom s intenzitou žiarenia 20 Gy. Prekvapivý je nižší podiel požerokov s vytvorenou materskou chodbou avšak bez larválnych chodieb pri ožiarených jedincoch (18,2 %) v porovnaní s neožiarenými (22,7). Väčší podiel neúspešných pokusov o vytvorenie požerku a požerokov len s materskými chodbami sa pri neožiarených jedincoch prejavil na podiele kompletných požerokov. Tento podiel bol menší ako pri neožiarených jedincoch v experimente s žiarením 20 Gy a to na úrovni 59,1 %. Vzhľadom na značný nárast podielu pokusov o závrť pri ožiarených jedincoch sa znížil podiel kompletných požerokov na úroveň 18,2 %.



Obrázok 12. Porovnanie podielu jednotlivých štádií požerokov pri ožiarenej a kontrolnej populácii
Figure 12. Comparison of the share of individual gallery stages in the irradiated and control population.

4. Diskusia

Experimentálne chovy pre potreby výskumu lykožrúta vrcholcového prebiehali v zahraničí a to najmä v Škandinávskych krajinách. Bakke (1968) svoj úspešný chov začal zberom napadnutej drevnej hmoty skoro na jar, pričom ju následne umiestnil do fotoeklektorov pri teplote 22 – 24 °C. Následne po vyrojení a pretriedení pohlavia umiestňoval imága na klátiky s dĺžkou 30 cm a priemerom od 6 do 12 cm, pričom konce zapečatil parafínom. Následne ich pri rôznych pokusoch držal pri teplote 22 – 27 °C a vlhkosti 70 %. Rovnaká metóda bola použitá aj v neskorších výskumoch (Løyning & Kirkendall 1996). V našich podmienkach sa však viac osvedčilo použitie hrubších klátikov s priemerom 12 – 15 cm a dĺžkou 40 – 50 cm. Pri užších a kratších klátikoch dochádzalo k rýchlemu vysušovaniu a jedince lykožrúta vrcholcového nestihali dokončiť svoj vývoj.

Využitie gama radiácie nie je nová metóda, avšak veľmi náročná pre nastavenie vhodnej dávky. Tá je mimoriadne variabilná. Napríklad dávka LD50 (dávka pri ktorej uhynie 50% ožiarených jedincov) sa pri baktériách a vírusoch pohybuje od 100 do 10 000 Gy (Harrison & Anderson 1996). Pre človeka je takto nebezpečná dávka približne na úrovni 3 Gy (Rice & Baptist 1974). Dávky pre hmyz sa pohybujú od 30 do 1 500 Gy (Whicker & Schultz 1982). Dávky vhodné pre sterilizáciu hmyzu sú variabilné aj v rámci jednotlivých radov hmyzu, napríklad dávka od 130 do 400 Gy pre Lepidoptera, 30 až 280 Gy pre Acari, 40 až 200 Gy pre Coleoptera, 10 až 180 Gy pre Hemiptera, 20 až 160 Gy pre Diptera (Bakri et al. 2005). Pre Curculionidae, kam patrí aj podkôrny hmyz je potrebná dávka do 100 Gy (Bakri et al. 2005).

Použitie gama radiácie za účelom sterilizácie lykožrúta vrcholcového (*Ips acuminatus*) je v súčasnosti len veľmi málo (až vôbec) preskúmané. Pri stanovení dávky žiarenia sme vychádzali najmä z výskumov venovaných iným druhom. Využívali sme najmä poznatky z ožarovania lykožrúta smrekového (*Ips typographus*). Čičková et al. (2017) uvádzajú potrebnú dávku na sterilizáciu v rozmedzí od 70 do 90 Gy. Turčáni & Vakula (2007) vykonávali experimenty s dávkou 15 a 30 Gy. Vzhľadom na určité pozitívne výsledky, dosiahnuté pri ožarovaní lykožrúta smrekového sme zvolili dávku ožarovania na spodnej hranici 20 Gy a na hornej hranici 100 Gy, aby sme našli rozpätie v ktorom by sme sa mohli v budúcnosti pohybovať. Pri dávke 20 Gy sme síce zaznamenali zvýšenú mortalitu ale aj väčšie množstvo požerkov bez larválnych chodieb, čo naznačuje možnú sterilitu. Zaznamenané bolo však aj pomerne vysoké množstvo plne vyvinutých požerkov. Pri dávke na predpokladanej hornej hranici sme zaznamenali vysokú mortalitu a nízku úspešnosť pri zakladaní požerkov. Dosiahnuté výsledky tak naznačujú možný vplyv ožarovania na sterilizáciu jedincov lykožrúta vrcholcového a to pri žiarení 20 Gy aj 100 Gy, no je nevyhnutné pokračovať v hľadaní správnej dávky žiarenia tak aby bola zabezpečená mortalita po ožarení v akceptovateľnom množstve, bola čo najmenej narušená vitalita ožiarených jedincov, aby boli schopné vytvoriť snubnú komôrku a spáriť sa a zároveň aby bola dosiahnutá sterilita buď pri ožiarených jedincoch alebo pri jedincoch následnej generácie.

Na výsledky experimentov s SIT a následné praktické využitie však majú vplyv rôzne faktory. Jedným z nich je vitalita jednotlivých imág, pretože pri nižšej vitalite odchovaných jedincov môže dochádzať k zvýšenej mortalite po ožarení. Dosiahnuť dobrú vitalitu imág v umelom chove však môže byť náročné. Významný vplyv na použitie môže mať aj možná pseudogamia u lykožrúta vrcholcového. Jedná sa o rozmnožovanie pri ktorom koexistujú dva typy samičiek. Prvý typ po spárení so samčekom vytvorí generáciu kde je pomer pohlavia približne 1 : 1. Druhý typ samičiek však po spárení neprevezme genetickú informáciu samčeka ale vytvorí novú generáciu čisto zo samičiek. Samička prvého a druhého typu nie je možné fyziologicky odlišiť (Bakke 1968; Løyning & Kirkendall 1996). Značný význam môže mať aj polygamia lykožrúta vrcholcového pričom jeden samček sa môže spáriť s 2 – 12 samičkami, pričom zaznamenaný bol aj požerok s 20 materskými chodbami.

SIT je však technológia, ktorá môže nájsť svoje miesto aj v ochrane lesa vďaka svojmu minimálnemu vplyvu na ostatné organizmy a maximálnej cielenosti na konkrétny druh. Je však nevyhnutné ešte vykonať veľké množstvo laboratórnych experimentov na určenie vhodných dávok radiácie a pre vytvorenie vhodných podmienok na kontinuálny, prípadne hromadný chov cieľových organizmov.



Obrázok 13. Časť odkôrnených borovicových klátov na ktorých vidno požerky *Ips acuminatus*
Figure 13. Part of debarked pine logs where is possible to see *Ips acuminatus* galleries.

5. Súhrn

Borovicové porasty majú viac ako 6 % podiel na lesoch Slovenska. Sú oslabované suchom a inými abiotickými a biotickými škodlivými činiteľmi. Lykožrút vrcholcový (*Ips acuminatus*) je jedným z najvýznamnejších druhov podkôrneho hmyzu napádajúcich borovicové lesy. Pre ochranu pred ním je nevyhnutné dodržiavať opatrenia na úseku ochrany lesa. Novou metódou ochrany by mohlo byť využitie technológie sterilného hmyzu (SIT). Náš výskum sa zamerlal na zistenie možností a potenciálu tejto metódy. Pokúsili sme sa nájsť vhodnú dávku (rozptyl dávok) radiácie pre sterilizáciu samcov lykožrúta vrcholcového. Otestovali sme hraničné dávky 20 Gy a 100 Gy. Pri dávke 20 Gy sme zaznamenali väčšie množstvá požerkov len so snubnými komôrkami a požerkov s materskými chodbami bez larválnych chodieb ako pri neožiarených jedincoch. Pri dávke 100 Gy sme zaznamenali vysokú mortalitu a významne viac pokusov o vytvorenie snubnej komôrky bez materských chodieb ako pri kontrole. Správna dávka pre sterilizáciu s nízkou mortalitou je pravdepodobne niekde medzi týmito hraničnými dávkami žiarenia, ale pre jej nájdenie bude potrebné vykonať ešte veľké množstvo experimentov. Úspešné použitie tejto metódy je však vysoko ovplyvnené nielen nájdením správnej dávky žiarenia, ale aj našou schopnosťou vychovať veľké množstvo jedincov lykožrúta vrcholcového v kontrolovaných podmienkach, ich vitalitou, výskytom pseudogamie a ďalšími faktormi.

Pod'akovanie

Práca vznikla vďaka projektu „Zvyšovanie úrovne ochrany kritickej infraštruktúry – výskum nových, ekologicky akceptovateľných metód boja so škodcami lesa na území v správe podniku Vojenské lesy a majetky SR, š. p.,“ ktorý je realizovaný s finančnou podporou Ministerstva obrany Slovenskej republiky. A realizáciou projektu „Výskum a vývoj bezkontaktných metód pre získavanie geopriestorových údajov za účelom monitoringu lesa pre zefektívnenie manažmentu lesa a zvýšenie ochrany lesov“, ITMS 313011V465 na základe podpory operačného programu integrovaná infraštruktúra financovaného z európskych štrukturálnych a investičných fondov.

Zoznam použitej literatúry

- Bakke, A., 1968: Field and laboratory studies on sex ratio in *Ips acuminatus* (Coleoptera: Scolytidae) in Norway. The Canadian Entomologist, 100(6): 640–648. <https://doi.org/doi:10.4039/Ent100640-6>.
- Colombari, F., Battisti, A., Schroeder, L. M. et al., 2011: Life-history traits promoting outbreaks of the pine bark beetle *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in the south-eastern Alps. Eur J Forest Res, 131:553–561. <https://doi.org/10.1007/s10342-011-0528-y>.
- Čičková, H., Kozánek, M., Žitňan, D. et al., 2018: Effects of γ radiation on the reproduction and enteroendocrine cells of the spruce bark beetle *Ips typographus* and prospects for its control. Biologia 73: 67–75). <https://doi.org/10.2478/s11756-018-0009-6>.
- Davydenko, K., Vasaitis, R., Menkis, A., 2017: Fungi associated with *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Ukraine with a special emphasis on pathogenicity of ophiostomatoid species. European journal of entomology, 114: 77–85.
- Harrison, F. L., Anderson, S. L., 1996: Taxonomic and development aspects of radiosensitivity, p. 65–88. In: B. Amiro, R. Avadhanula, G. Johansson, C. M. Larsson and M. Luning (eds.): Proceedings of the Symposium: Ionizing Radiation, the Swedish Radiation Protection Institute (SSI) and The Atomic Energy Control Board (AECB) of Canada, 20 – 24 May, 1996, Stockholm, Sweden.
- Jurica, J., Bartošek, P., 2014: Vývoj škodlivých činiteľov v borovicových porastoch VLM SR, š. p., o. z. Malacky. In: Kunca, A. (ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa 2014, Zborník referátov z 23. medzinárodnej konferencie konanej 23.– 24. 4. 2014 v Kongresovom centre Kúpeľov Nový Smokovec, a. s., Národné lesnícke centrum, Zvolen, s. 52–60.
- Knipling, E. F., 1979: The Basic Principles of Insect Population Suppression and Management. Agriculture Handbook Number 512. Washington, D. C., Science and Education Administration, United States Department of Agriculture, 659 p.
- Kunca, A., Zúbrik, M., Galko, J., Vakula, J., Leontovyč, R., Gubka, A., Nikolov, Ch., Rell, S., 2017: Najčastejšie choroby a škodcovia borovice. Les & Letokruhy, 73(9): 22–23.
- Løyning, M. K., & Kirkendall, L. R., 1996: Mate Discrimination in a Pseudogamous Bark Beetle (Coleoptera: Scolytidae): Male *Ips acuminatus* Prefer Sexual to Clonal Females. Oikos, 77(2): 336–344. <https://doi.org/10.2307/3546074>.
- Plewa, R., Mokrzycky, T., 2017: Występowanie, biologia i znaczenie gospodarcze kornika ostrozębnego *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) w Polsce. Sylwan, 161(8): 619–629. <https://doi.org/10.26202/sylwan.2017077>
- Rice, T. R., Baptist, J. P., 1974: Ecologic effects of radioactive emissions from nuclear power plants, p. 373–439. In: L. A. Sagan (ed.): Human and ecological effects of nuclear power plants. Charles C. Thomas, Springfield, IL.
- Siitonen, J., 2014: *Ips acuminatus* kills pines in southern Finland. Silva Fennica, 48(4 article id 1145. 7 p.
- Turčáni, M., Vakula, J., 2007: The influence of irradiation on the behaviour and reproduction success of eight toothed bark beetle (*Ips typographus* L., 1758). Journal of Forest Science, 53(10): 31–37, <https://doi.org/10.17221/2154-JFS>
- Wermelinger, B., Rigling, A., Schneider Mathis, D., Dobbertin, M., 2008: Assessing the role of bark- and wood-boring insects in the decline of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in the Swiss Rhone valley. Ecological Entomology, 33(2): 239–249.

Whicker, F. W., V. Schultz, 1982: Radioecology: nuclear energy and the environment. CRC, Boca Raton, FL.

Zahradník, P., Knížek, M., 1999: Lýkožrout vrcholkový *Ips acuminatus* (Gyll.), Lesnická práce, 12/99, příloha, lesní ochranná služba, 4 s.

Zelená správa 2021: Zelená správa – Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2020. Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky, Národné lesnícke centrum, ISBN 978-80-8093-328-9.

Adresa:

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

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Stredisko lesníckej ochrannárskej služby, Lesnícka 11, 969 01 Banská Štiavnica, Slovenská republika

e-mail: andrej.gubka@nlcsk.org