

HLAVNÉ VÝSLEDKY POROVNÁVANIA RÔZNYCH SPÔSOBOV OŠETRENIA SMREKOVÝCH SADENÍC PROTI TVRDOŇOVI SMREKOVÉMU (*HYLOBIUS ABIETIS*) A ODPORÚČANIA PRE PRAX

Juraj Galko • Michal Lalík • Slavomír Rell • Christo Nikolov • Marek Barta
• Ján Pittner • Silvia Hyblerová • Milan Zúbrik • Andrej Kunca • Jozef
Vakula • Andrej Gubka • Jaroslav Holuša

Galko, J., Lalík, M., Rell, S., Nikolov, Ch., Barta, M., Pittner, J., Hyblerová, S., Zúbrik, M., Kunca, A., Vakula, J., Gubka, A., Holuša, J.: The main results of the comparison of different methods of treating spruce seedlings against large pine weevil (*Hylobius abietis*) and recommendations for practice. APOL, 2022, vol. 3, no. 2, p. 218–226.

Abstract: Adults of large pine weevil (*Hylobius abietis*) (Coleoptera: Curculionidae) cause a serious damage on coniferous seedlings and belongs to most important forest pests in Europe. Seedling protection by chemicals is gradually restricted or banned due to its environmental impact and searching of non-chemical alternatives is therefore needed. In this study we aimed during the 3 year study to carry out comprehensive comparison of various seedling protection treatments (chemical and non-chemical) against pine weevil in high abundance level (mountain region in Central Europe conditions). We compared damage (feeding scars) caused by pine weevil and mortality/condition of Norway spruce seedlings on control and 5 different treatment of seedlings: chemical (alpha-cypermethrin), coating by glue in spray (Vermifix), coating by two types of wax (type C and F, Norsk Wax) using fountain wax machine and physical protection using collars. The results show that repeated chemical protection is the most effective way of protecting seedlings against pine weevil and also the cheapest option. Of the non-chemical methods, repeated use of glue achieved the best effect, but it is also a very expensive option. However, there is potential for further research. Collars were moderately effective during the study, however, they are quite unprofitable and therefore we do not recommend the use of this type. In addition, its biodegradability, which the manufacturer declares after 4 years, is questionable. The wax is ecological and inexpensive, but the effective protection of the seedlings lasted only one year. Later, it significantly cracks and falls off. Type F achieved slightly better protection results, so there is space for further development of this method. We found that seedlings in locations with a high population density of pine weevil need to be effectively protected for at least 3 years. Our results could help to improve current and help searching for novel non-chemical methods.

Key words: large pine weevil; damage; seedling protection; treatment; comparison

Úvod a problematika

Tvrdoň smrekový (*Hylobius abietis*) (Coleoptera: Curculionidae) je jeden z najvýznamnejších škodcov ihličnatých kultúr v Európe (Leather et al. 1999; Långström and Day, 2007). Úspech zalesňovania do veľkej miery závisí na úspešnosti potlačenia jeho škodlivého účinku rôznymi metódami ochrany (Day & Leather 1997; Långström & Day 2007; Nordlander et al. 2011).

V Európskych krajinách sa odhadujú ročné škody na úrovni 120 miliónov EUR (Lalík et al. 2021a). Bez žiadnych protiopatrení môže uhynúť 50 až 100 % sadeníc (záleží to najmä od veľkosti populácie škodcu v oblasti) (Örlander & Nilsson 1999; Petersson & Örlander 2003; Willoughby et al. 2017). Súčasný manažment sa spolieha na pestovné spôsoby lesa, na tzv. feeding barriers (mechanická ochrana napr. voskom, pieskom ap.) a použitie insekticídov (Tudoran et al. 2020).

Používanie syntetických insekticídov je účinné a pomerne lacné (Hardy et al. 2020), avšak vzhľadom na environmentálne dopady bude ich použitie postupne obmedzované alebo zakázané (Hardy et al. 2020; Harvey et al. 2016; Lalík et al. 2020; Långström & Day 2007; Viiri et al. 2007; Willoughby et al. 2020) a bude sa zvyšovať potreba hľadania iných nechemických spôsobov, napr. mechanickej ochrany (Eriksson et al. 2018).

Rôzne spôsoby mechanickej ochrany (lep/piesok/vosk, golieriky, papierové chrániče ap.) sú potenciálna a reálna alternatíva namiesto používania syntetických insekticídov. Mnohé práce boli publikované najmä v Škandinávskych krajinách (napr. Eriksson et al. 2018; Petersson et al. 2004, 2006; Nordlander et al. 2009, 2011), vo Veľkej Británii (e.g. Hardy et al. 2020; Leslie & Liddon 2017; Willoughby et al. 2017, 2020), ale aj naším tímom na Slovensku (Galko et al. 2013, 2015, 2016; Lalík et al. 2020; Lalík 2021; Lalík et al. 2021a; Rell 2018; a iné pripravované štúdie).

Nová a účinná mechanická ochrana sadeníc proti tvrdoňovi smrekovému je Conniflex. Pri tejto metóde je kmienok sadenice pokrytý vrstvou jemného piesku prilepený použitím akrylového lepu. Je to vhodná a ekologická náhrada použitia insekticídov (Nordlander et al. 2009, 2011), avšak pre naše podmienky je to mimoriadne drahá technológia.

Vosk (Bugwax, Ekovax, KVA AE, typ C) sa používa v Európe na ochranu sadeníc pred tvrdoňom zhruba posledných 10 – 15 rokov. Vosk je elastický, biodegradovateľný a poskytuje mechanickú ochranu sadenice pred tvrdoňom. Okrem toho vrstva vosku zabráňuje vyparovaniu živice z kmienka sadenice a tak sťažuje imágam tvrdoňa nájsť vhodný materiál pre poškodenie (Lalík et al. 2020). Na Slovensku sa voskujú sadenice voskom typu C od roku 2013. Sadenica sa navoskuje roztopeným voskom vo voskovacom stroji (aspoň 15 cm kmienka) (Galko et al. 2013; Lalík et al. 2020) a následne sa musí schladiť aby sa predišlo zvýšenej fytoxicite (stres z vysokej teploty vosku). Vosk chráni sadenicu v ideálnych podmienkach zhruba 1,5 až 2 roky. Viacero vykonaných experimentov popisuje jeho porovnateľnú účinnosť s chemickým ošetrovaním, najmä správy z výskumu na SLU zo Švédska (e.g. Eriksson et al. 2018; Härlin & Eriksson 2016; Petersson et al. 2006) a zo Slovenska (Galko et al. 2015, 2016; Lalík et al. 2020; Lalík 2021; Lalík et al. 2021a; Rell 2018). V tejto štúdií porovnávame dva typy vosku.

Myšlienka použitia lepu v spreji Vermifix (Papírna Moudry, s. r. o., Czech Republic), na rýchlu a jednoduchú ochranu ihličnatých sadeníc pred poškodením od tvrdoňa, bola rozpracovaná na LOS v prácach Rell (2018), Lalík et al. (2020) a Lalík (2021). V týchto prácach sme zistili, že v niektorých experimentoch nebol v poškodení medzi insekticídmi a lepom významný rozdiel a teda má potenciál chrániť sadenice.

Cieľom tejto štúdie bolo vykonať komplexné porovnanie chemickej ochrany sadeníc a nechemických alternatív proti škodlivému pôsobeniu tvrdoňa smrekového v horských podmienkach Slovenska s vysokou početnosťou škodcu. Taktiež uvádzame zhodnotenie ich efektivity, ekologických a ekonomických stránok s návrhom lesníckych manažmentových opatrení.

Materiál a metodika

V tomto príspevku prinášame iba hlavné zistenia v tomto výskume. Celá štúdia bola publikovaná vo vedeckom časopise Scientific Report, ktorý patrí do portfólia časopisov Nature. Odkaz na článok, v ktorom nájdete kompletnú metodiku, výsledky a diskusiu je tu: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-13729-6>, resp. si môžete naskenovať QR kód na konci príspevku.

Experiment bol založený na jar v roku 2018. Boli vybrané dve plochy. Prvá plocha je škôlkárske stredisko Jochy (OZ Semenoles, LESY SR, š. p.), ktoré sa nachádza severnej časti stredného Slovenska v regióne Liptov.

Druhá plocha je holina, ktorá sa nachádza v lesnom poraste, ktorý je obhospodarovaný Lesnou správou Liptovská Teplička (OZ Tatry, LESY SR, š. p.). Táto plocha bola vybraná z dôvodu dlhodobej vysokej populačnej hustoty tvrdoňa, ktorá sa tu každoročne prejavuje na poškodení a vysokej mortalite smrekových sadeníc týmto škodcom v celej oblasti. V roku 2018 sme tu odhadli početnosť imág tvrdoňa v inom experimente na viac ako 25 tisíc tvrdoňov na ha (Lalík et al. 2019).

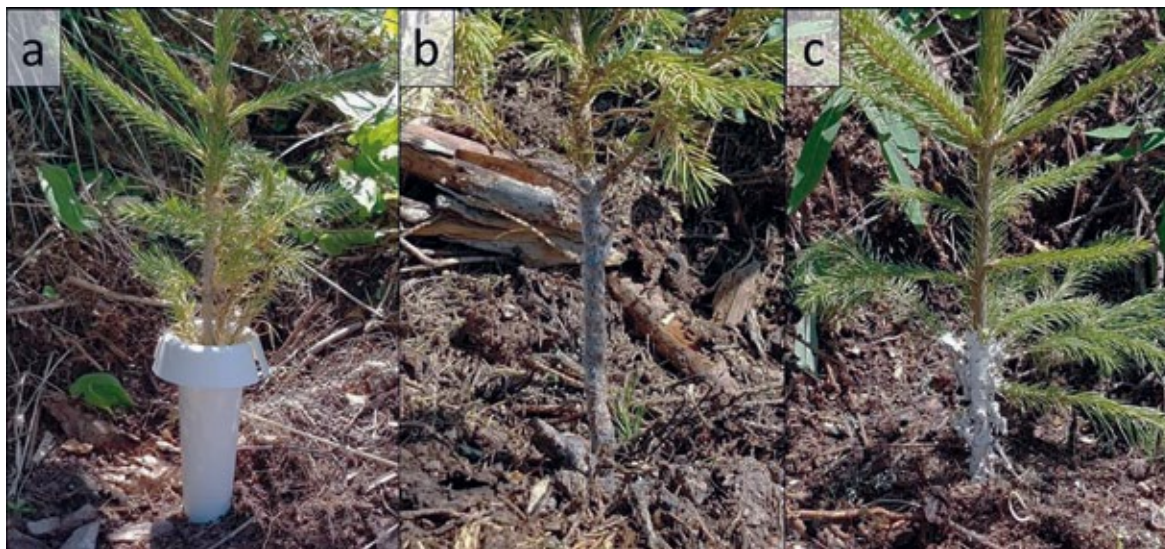
Spolu bolo na jar 2018 vysadených 1 200 sadeníc smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) (2 + 2). Boli to voľnokorenné sadenice o priemernej výške 36 cm a hrúbke pri koreňovom krčku 6 mm. Sadenice na oboch plochách boli vysadené dodávateľsky jamkovou sadbou. Jamka (asi 40 × 40 cm) bola prekopaná motykou do asi 15 cm. Na každej ploche bolo vysadených 600 sadeníc v desiatich blokoch (blok = 60 sadeníc).

Jednotlivé rady v blokoch boli ošetrené šiestimi rôznymi ošetreniami (v každom rade 10 sadeníc) (tab. 1) a striedali sa náhodne.

Tabulka 1. Použité ošetrenia v experimente

Table 1. Description of treatments

Ošetrenie	Názov (zloženie)	Použitie	Producent/Distribútor
Kontrola	Bez žiadneho ošetrenia sadeníc		
Chemické	Vaztak Active (50 g/l alpha-cypermethrin)	Suspenzia s koncentráciou 1 %. Dávka aplikačného roztoku asi 60 l/ha (1,5 – 2,0l suspenzie na 100 sadeníc). Sadenice ošetrené chrbtovým postrekovačom 3× za rok (apríl, jún, august). Ošetrenie vykonané spolu 9× za 3 roky.	BASF SE Ludwigshafen Germany
Golieriky	Hylopro Anti-Weevil Protective Collar (bioplast)	Biodegratovateľný plastový golierik aplikovaný na jar 2018. Otvorený golierik sa jednoducho aplikuje okolo kmenka sadenice, zacvakne sa a zatlačí asi 1 cm do zeme (obr. 1a). Kontrola „zámkov“ 1× ročne; otvorené golieriky boli zatvorené.	Grube KG Bispingen Germany
Lep	Vermifix (42 % polyolefiny, 420 g na 1 kg)	Lepidlo v spreji. Dávka: 1 sprej (400 ml) na 70 – 100 sadeníc. Sadenice ošetrené do výšky 20 cm od zeme 3× za rok (apríl, jún, august). Ošetrenie vykonané spolu 9× za 3 roky (obr. 1b).	Papírna Moudrý, s. r. o., Židlochovice Czech Republic
Vosk C Vosk F	Ekowax (parafín a aditíva)	Mechanická (fyzikálna) ochrana sadenice špeciálnym voskom. Ošetrenie na jar 2018 na ŠS Jochy s roztopeným voskom (asi 80 °C) použitím voskovacieho stroja Heco-V-450NW (ZetaEcotech, Italy) (Galko et al. 2013). Navoskovaná časť kmenka asi 20 cm. Množstvo vosku asi 5 – 10 g na sadenicu (obr. 1c). Typ C je štandard a typ F je nový flexibilnejší typ.	Norsk wax AS Larvik Norway



Obrázok 1. Smrekové sadenice ošetrené (a) golierikom Hylopro, (b) lepom Vermifix a (c) voskom
Figure 1. Spruce seedlings treated with (a) Hylopro, (b) Vermifix, and (c) Eco-wax

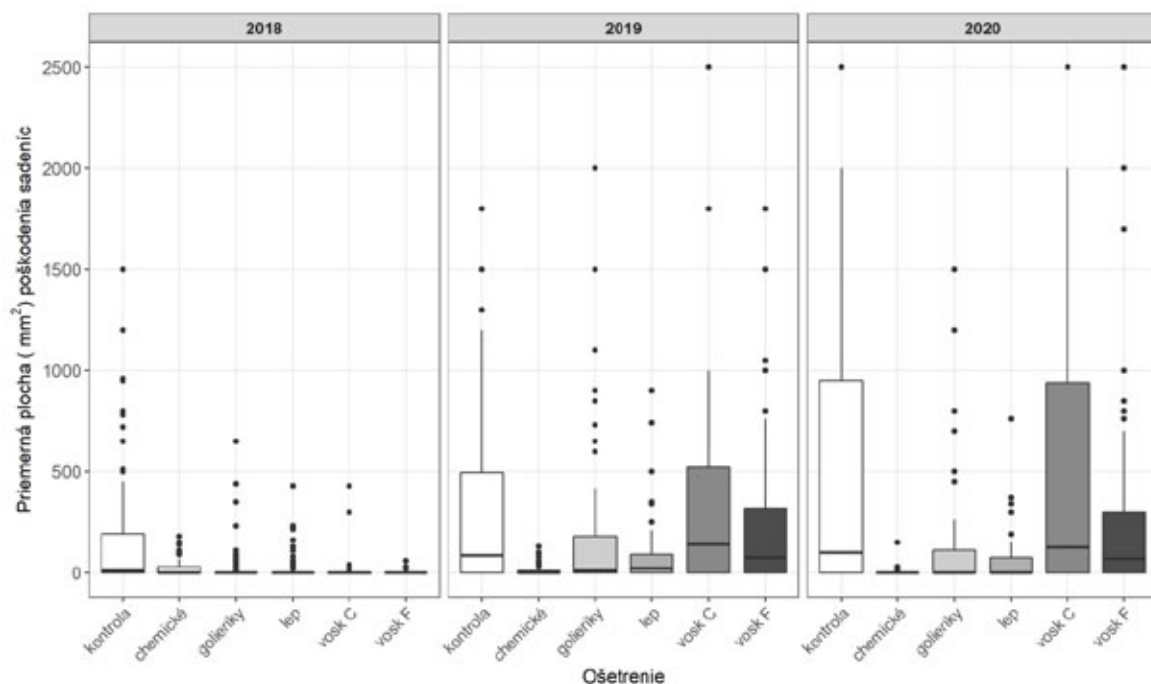
Hodnotenie sadeníc bolo vykonané každý rok na konci vegetačnej sezóny po utlmení aktivity škodcu v októbri (spolu 3×). Poškodenie sadeníc od tvrdoňa bolo hodnotené iba na ploche v teréne. Presné poškodenie sadeníc od tvrdoňa bolo zisťované pomocou transparentného milimetrového papiera s presnosťou merania na 2 mm². Zamerané bolo nové poškodenie v priebehu sezóny.

Stav a kvalita vosku, vplyv rôznych ošetrení na fyziologický stav sadeníc ako aj mortalita sadeníc sa hodnotili na oboch plochách. Všetky výsledky sú dostupné v horeuvedenej kompletnej štúdií na stiahnutie.

Pre komplexné zhodnotenie použitých metód ošetrenia smrekových sadeníc sme vyhodnocovali aj náklady na jednotlivé ošetrenia po jednotlivých rokoch a spolu. Náklady uvádzame v eur/ha (bez DPH) a jednotlivé náklady na ha boli získané z troch nezávislých zdrojov (rok 2021) a do výpočtov bol použitý priemer týchto údajov. Náklady sú prepočítané na štandardný počet smrekových sadeníc (3 000 ks/ha) v podmienkach Slovenska.

Hlavné výsledky: praktické a ekonomické porovnanie použitých ošetrení

Hlavný výsledok celej štúdie, t. j. aký majú jednotlivé ošetrenia smrekových sadeníc efekt na zníženie poškodenia od tvrdoňa smrekového je znázornený na obrázku 2.



Obrázok 2. Efekt typu ošetrenia na veľkosť poškodenej plochy sadenice od tvrdoňa smrekového v jednotlivých rokoch výskumu

Figure 2. Effect of treatments on the area damaged per seedling by pine weevil at the clear-cut site

V prvom roku experimentu 2018 bolo priemerné poškodenie na jednu sadenicu relatívne nízke. Poškodenie bolo najvyššie podľa očakávania na kontrolných sadenicach, naopak najnižšie na sadenicach ošetrených voskom. V ďalšom roku poškodenie výrazne vzrástlo pri všetkých typoch ošetrenia okrem sadeníc ošetrovaných chemicky. Kontrolné sadenice a sadenice ošetrené voskom typu C boli najviac poškodené. V treťom roku výskumu sa prejavil veľmi podobný trend. Chemicky ošetrené sadenice v tomto roku nemali takmer žiadne poškodenie od tvrdoňa. Poškodenie na sadenicach ošetrovaných elastickjším voskom typu F bolo výrazne nižšie ako na sadenicach ošetrovaných voskom typu C. Veľmi nízke priemerné poškodenie bolo zaznamenané na sadenicach ošetrovaných lepom v spreji a z výsledkov vyplýva, že to bola najlepšia nechemická alternatíva.

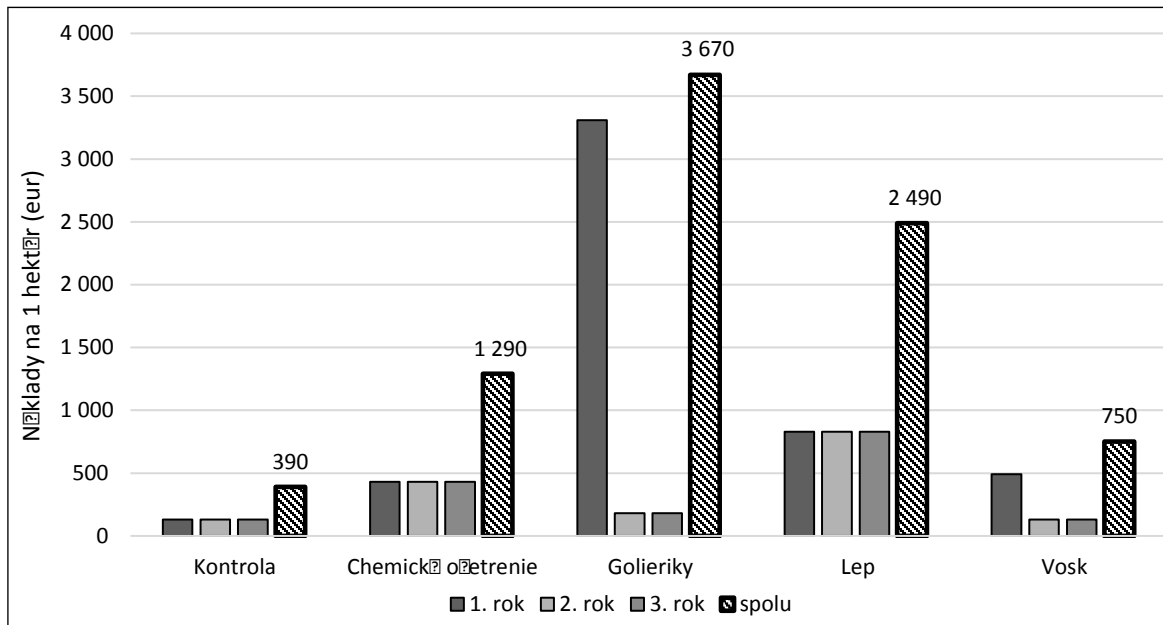
Podrobné štatistické vyhodnotenia sú obsahom pôvodného článku a z dôvodu odborného zamerania tohto časopisu ich tu neuvádzame.

Všetky náklady potrebné na vykonanie použitých ošetrení sú uvedené v obrázku 3. Vyžínanie buriny (1× za rok, priemerná cena 130 eur/ha, spolu 390 eur/ha za 3 roky) bolo pripočítané k všetkým typom ošetrenia (vrátane kontroly).

Najnižšie náklady boli pri ošetrovaní sadeníc voskom (750 eur/ha za 3 roky). V prvom roku boli sadenice navoskované (360 eur/ha) a v nasledujúcich dvoch rokoch už boli sadenice len vyžínané, nakoľko toto ošetrovanie sa nedá opakovať.

Pomerne lacné bolo aj ošetrovanie sadeníc chemicky (1 290 eur/ha za 3 roky), napriek tomu, že boli ošetrované 3× ročne (spolu 9×). Jedno chemické ošetrovanie (materiál a cena práce) stojí 100 eur/ha.

Ošetrovanie sadeníc lepom bolo relatívne nákladné (2 490 eur/ha za 3 roky). Podľa našich prepočtov stojí jedno ošetrovanie asi 233 eur/ha (materiál a cena práce).



Poznámka: náklady na ošetrovanie sadeníc na 1 ha pri štandardnom počte 3 000 sadeníc/ha podľa použitých ošetrovaní v tejto práci. Všetky stĺpce majú započítanú štandardnú ochranu proti burine 1× ročne (130 eur/ha). Cena Vaztak Active 11 je asi 32 eur (požadované množstvo asi 0,61/ha). Velkoodberateľská cena za 1 ks spreja Vermifix je asi 2,3 eur (potreba 45 sprejov/ha). Cena 1 ks golierika je asi 1 eur (potreba 3 000 ks/ha). Navoskovanie 1 ks sadenice stojí asi 0,12 eur (materiál a cena práce). Uvedené ceny platia pre Slovensko (rok 2021).

Obrázok 3. Náklady na jednotlivé spôsoby ošetrovania smrekových sadeníc
Figure 3. Costs per ha to protect spruce seedlings with the treatments

Mechanická ochrana sadeníc použitím ochranných golierikov bola najdrahšia (3 670 eur/ha za 3 roky). Tieto biodegradovateľné golieriky sú veľmi drahé (1 eur/ks) a je potrebná ich opakovaná kontrola aspoň 1× ročne (asi 50 eur).

So skúseností počas trvania našich výskumov a najmä počas tohto experimentu sme postupne zisťovali viaceré slabé a silné stránky používaných ošetrovaní, ktoré sme zhrnuli v tabuľke 2. Taktiež mnohé porovnania aj s ďalšími možnými ošetrovaniami sú uvedené najmä v nových prácach Hardy et al. (2020) a Willoughby et al. (2020).

Tabuľka 2. Silné a slabé stránky použitých opatrení v tejto štúdií

Table 2. Strengths and weaknesses of the used treatments in this study

Ošetrovanie	Silné stránky	Slabé stránky
Chemické	Lacný a účinný spôsob (z časti aj proti <i>Hylastes</i> spp.) Jednoduchá a rýchla aplikácia Rôzne formy aplikácie (pred alebo po výsadbe) Ošetrovanie sa dá v teréne opakovať	Environmentálny dopad Bezpečnosť obsluhy Insekticídy sú obmedzované a pravdepodobne budú zakázané v lesníctve v niektorých krajinách Potreba opakovať ošetrovanie (2–3× za sezónu)
Lep	Dobrá účinnosť Jednoduchá aplikácia Nová metóda Ošetrovanie sa dá v teréne opakovať	Náklady na ha Potenciálna fytotoxicita Potreba ďalších testov Potreba opakovať ošetrovanie (2–3× za sezónu)
Golieriky	Malý environmentálny dopad Lahká inštalácia	Náklady na ha Niektoré golieriky sa otvárajú, kontrola 1× ročne Ak tvrdoň prekoná golierik má tu úkryt a poškodzuje sadenicu Biodegradovateľnosť je diskutabilná
Vosk, typ C a F	Malý environmentálny dopad Náklady na ha (iba jedno ošetrovanie) Prvý rok výborná účinnosť Vosk F sa zdá byť lepší Dá sa navoskovať viac vrstiev	Nevhodný do oblastí s vysokou populačnou hustotou Kvalita práce – obsluha musí dať pozor od zavoskovania až po výsadbu Fytotoxicita pri nedostatočnom zchladení Praskanie a opad vosku v druhej sezóne Ošetrovanie sa nedá v teréne opakovať

Odporúčania pre lesnícku prax

Z našich získaných poznatkov a skúseností pri našich experimentoch, ako aj z úvah a tlaku postupného obmedzenia používania insekticídov uvádzame nasledovné odporúčania pre lesnícku prax v prostredí strednej Európy:

- Napriek svojim ekologickým nevýhodám budú v najbližších rokoch insekticídy stále najlacnejším a najúčinným spôsobom ošetrovania sadeníc proti tvrdoňovi smrekovému hlavne v oblastiach s vysokou populačnou hustotou.
- Dopad insekticídov v lesnom prostredí môžeme znížiť použitím namáčania sadeníc do roztoku insekticídu (iba nadzemné časti) a až potom vysadiť v teréne.
- Potenciálnym znížením dopadu na prírodné prostredie by bolo aj nasadenie menej toxických insekticídov (Willoughby et al. 2017, 2020) alebo použitím technológie ULV (Hardy et al. 2020).
- Rôzne mechanické bariéry proti poškodeniu od tvrdoňa je možné použiť v oblastiach s nízkym až stredným výskytom škôd, avšak stále je tu priestor pre vývoj.
- Vosk je lacná a dobrá náhrada insekticídov ale treba odstrániť negatíva (praskanie a opadávanie, fytotoxicita, ďalší výskum elastického vosku). Nie je vhodný do miest s extrémnou populačnou hustou škodcu.
- Lep Vermifix má potenciál chrániť smrekové sadenice (Lalík et al. 2020; Rell 2018), avšak pri formulácii v spreji, napriek dobrej aplikácii, je pomerne drahý. Uvedený lep sa dá teoreticky použiť aj iným aplikačným zariadením, poprípade s primiešaním piesku ako abrazívneho odpudiva tvrdoňa. Je tu potenciál pre ďalší výskum.
- Do úvahy prichádza kombinácia použitia vosku v prvom roku výsadby (podľa väčšiny autorov má dobrú účinnosť pokiaľ ešte vosk neopadáva) a v druhom roku použitie insekticídov (ak sú povolené) alebo lepu. Táto kombinácia by bola lacnejšia a menej zafažujúca prírodné prostredie. Alebo kombinácia dvojročného odkladu zalesňovania a následnej výsadby voskovaných sadeníc.
- Je potrebná podpora výskumu biopesticídov a nových spôsobov ich nasadenia (napr. použitia nosičov entomopatogénnych húb popísaných v Lalík et al. 2021b).
- Maximálne využitie pestovných postupov podporujúcich prirodzenú obnovu, vyžínania, odkladu zalesňovania, pestovania zmiešaných lesov, skarifikácie a iných metód, ktoré boli komplexne zhrnuté v práci Lalík et al. (2021a).

Záver

V tejto štúdií sme zistili, že chemická ochrana sadeníc proti tvrdoňovi smrekovému je najúčinnjšia a zároveň najlacnejšia voľba. Zistenie je podporené aj výsledkami iných autorov, avšak budúce použitie insekticídov v lesníckej praxi v Európe bude otázne.

Použitý lep v spreji ukázal sľubné výsledky ochrany sadeníc, ľahko sa aplikuje, avšak je pomerne drahý (možná zľava pri väčšom objeme).

Golieriky dosiahli strednú účinnosť ochrany, avšak sú drahé, ich zámky treba ročne kontrolovať a biodegradovateľnosť použitého typu je otázna. Tento typ pre praktické použitie neodporúčame.

Vosk sme testovali na Slovensku v mnohých experimentoch. Jeho najväčšou slabinou je praskanie a opad voskovej vrstvy v druhej polovici druhej sezóny od zavoskovania. Napriek doterajším sľubným výsledkom v tejto štúdií nedosiahol dobrú účinnosť v druhom a treťom roku. Typ F dosiahol lepšie výsledky ako štandardný typ C, takže vidíme tu priestor pre ďalší vývoj (voskovať dve vrstvy, vývoj flexibilného vosku, výskum metód obnovy voskovej vrstvy v teréne, zníženie fytotoxicity). Taktiež vidíme priestor pre kombináciu výhod testovaných metód opísaných vyššie.

Ďalej sme zistili, že ihličnaté sadenice v oblastiach s vysokou početnosťou tvrdoňa je žiaduce ošetrovať aspoň 3 roky.

Z uvedeného vyplýva, že v tejto oblasti je stále potenciál pre výskum ďalších metód ochrany ihličnatých sadeníc pred škodlivým účinkom tvrdoňa smrekového.

Podakovanie: Táto práca bola podporená projektami APVV-16-0031, APVV-19-0116, APVV-19-0119, APVV-20-0365 a APVV-21-0131. Ďalej bola podporená projektom „PROMOLES“ – projekt financovaný z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301). Práca ďalej vznikla vďaka finančnej podpore z Európskeho fondu regionálneho rozvoja (ERDF) pre projekt č. 313011X531 „Rozvoj biologicky a biotechnicky orientovaných systémov ochrany lesov pred domácimi a nepôvodnými (inváznymi) organizmami“ a vďaka projektu realizovaného s finančnou podporou Ministerstva obrany Slovenskej republiky.

Celú štúdiu popísanú v tomto príspevku si môžete stiahnuť tu <https://www.nature.com/articles/s41598-022-13729-6> alebo naskenovaním tohto QR kódu:



Použitá literatúra

- Day, K. R., Leather, S., 1997: Threats to forestry by insect pests in Europe. In: Watt, A. D., Stork, N. E., Hunter, M. D. (eds.): *Forests and Insects*. Chapman and Hall, p. 177–205.
- Eriksson, S., Wallertz, K., Karlsson, A-B., 2018: Test av mekaniska plantskydd mot snytbaggarna i omärkberedd och märkberedd mark, anlagt våren 2015. Sveriges Lantbruksuniversitet Rapport, 16: 22. Dostupné na: https://pub.epsilon.slu.se/15698/1/eriksson_s_et_al_181010.pdf
- Galko, J., Kunca, A., Gubka, A., Vakula, J., 2013: Predstavenie nového spôsobu ošetrovania sadeníc voskom ako účinnej ochrany pred tvrdoňom smrekovým. In: Kunca, A. (ed.): *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2013*, Zvolen, Národné lesnícke centrum, 22:86–89.
- Galko, J., Kunca, A., Rell, S., Ondruš, M., Špilda, I., Vakula, J., Gubka, A., 2015: Vyhodnotenie experimentov voskom ošetrovaných sadeníc, ako mechanickej ochrany proti tvrdoňovi smrekovému a návrh technologického postupu voskovania. In: Kunca, A. (ed.): *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2015*, Zvolen, Národné lesnícke centrum, 24:21–30.
- Galko, J., Rell, S., Kunca, A., 2016: Testovanie odolnosti voskom ošetrovaných sadeníc pred zrelostným žerom tvrdoňa smrekového – súčasný stav a výskum na LOS. In: Kunca, A. (ed.): *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2016*, Zvolen, Národné lesnícke centrum, 25:165–170.
- Hardy, C., Sayyed, I., Leslie, A.D., Dittrich, A. D., 2020: Effectiveness of insecticides, physical barriers and size of planting stock against damage by the pine weevil (*Hylobius abietis*). *Crop Prot.*, 137:105307. Dostupné na <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105307>.
- Harvey, C. D., Williams, C. D., Dillon, A. B., Griffin, C. T., 2016: Inundative pest control: How risky is it? A case study using entomopathogenic nematodes in a forest ecosystem. *For. Ecol. Manag.*, 380: 242–251. Dostupné na <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.08.018>.
- Härilin, C., Eriksson, S., 2016: Test av mekaniska plantskydd mot snytbaggarna i omärkberedd och märkberedd mark, anlagt våren 2012. Slutrapport. SLU, Enheten för skoglig fältforskning, Rapport, 12:28. Dostupné na https://pub.epsilon.slu.se/13059/7/harlin_c_eriksson_s_160223.pdf.

- Lalík, M., Holuša, J., Galko, J., Resnerová, K., Kunca, A., Nikolov, C., Mudrončková, S., Surový, P., 2019: Simple is best: Pine Twigs Are Better Than Artificial Lures for Trapping of Pine Weevils in Pitfall Traps. *Forests*, 10:642. Dostupné na <https://doi.org/10.3390/f10080642>
- Lalík, M., Galko, J., Nikolov, C., Rell, S., Kunca, A., Modlinger, R., Holuša, J., 2020: Non-pesticide alternatives for reducing feeding damage caused by the large pine weevil (*Hylobius abietis* L.). *Ann. Appl. Biol.*, 177:132–142. Dostupné na <https://doi.org/10.1111/aab.12594>
- Lalík, M., 2021: Modern biotechnological control of pine weevil (*Hylobius abietis*). Dissertation. Czech University of Life Sciences Prague, 167 p.
- Lalík, M., Galko, J., Kunca, A., Nikolov, C., Rell, S., Zúbrik, M., Dubec, M., Vakula, J., Gubka, A., Longauerová, V., Konôpka, B., Holuša, J., 2021a: Ecology, management and damage by the large pine weevil (*Hylobius abietis*) (Coleoptera: Curculionidae) in coniferous forests within Europe. *Centr. Eur. For. J.*, 67:91–107. doi: 10.2478/forj-2021-0005.
- Lalík, M., Galko, J., Nikolov, C., Rell, S., Kunca, A., Zúbrik, M., Hyblerová, S., Barta, M., Holuša, J., 2021b: Potential of *Beauveria bassiana* application via a carrier to control the large pine weevil. *Crop Prot.*, 143:105563. Dostupné na <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105563>
- Långström, B., Day, K. R., 2007: Damage, control and management of weevil pests, especially *Hylobius abietis*. In: Lieutier, F., Day, K. R., Battisti, A., Grégoire, J. C., Evans, H. F. (eds.): *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Springer, Dordrecht, p. 415–444. Dostupné na https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2241-8_19
- Leather, S. R., Day, K. R., Salisbury, A., 1999: The biology and ecology of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae): a problem of dispersal? *Bullet. Entomol.*, 89:3–16. Dostupné na <https://doi.org/10.1017/S0007485399000024>
- Leslie, K., Liddon, T., 2017: An integrated pest management strategy for *Hylobius* – the holy grail of forestry? *Forest and Timber News*, April 2017, p. 44–45.
- Nordlander, G., Nordenhem, H., Hellqvist, C., 2009: A flexible sand coating (Conniflex) for the protection of conifer seedlings against damage by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Agric. For. Entomol.*, 11:91–100. Dostupné na <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2008.00413.x>
- Nordlander, G., Hellqvist, C., Johansson, K., Nordenhem, H., 2011: Regeneration of European boreal forests: Effectiveness of measures against seedling mortality caused by the pine weevil *Hylobius abietis*. *For. Ecol. Manag.*, 262(12):2354–2363, Dostupné na <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.033>
- Örlander, G., Nilsson, U., 1999: Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage and seedling survival. *Scand. J. For. Res.*, 14:341–354. Dostupné na <https://doi.org/10.1080/02827589950152665>
- Petersson, M., Örlander, G., 2003: Effectiveness of combinations of shelterwood, scarification, and feeding barriers to reduce pine weevil damage. *Can. J. For. Res.*, 33:64–73. Dostupné na <https://doi.org/10.1139/x02-156>
- Petersson, M., Örlander, G., Nilsson, U., 2004: Feeding barriers to reduce damage by pine weevil (*Hylobius abietis*). *Scand. J. For. Res.*, 19:48–59. Dostupné na <https://doi.org/10.1080/02827580310019554>
- Petersson, M., Eriksson, S., Zetterqvist, F., 2006: Mekaniska plantskydd mot snytbaggeskador, anlagt 2003. Slutrapport SLU, Asa försökspark, Rapport, 3:19 p.
- Rell, S., 2018: Alternative methods of seedling protection against the large pine weevil (*Hylobius abietis*). Dissertation, Zvolen Technical university in Zvolen, 101 p.
- Tudoran, A., Nordlander, G., Karlberg, A., Puentes, A., 2020: A major forest insect pest, the pine weevil *Hylobius abietis*, is more susceptible to Diptera-than Coleoptera-targeted *Bacillus thuringiensis* strains. *Pest Manag. Sci.*, 77:1303–1315. Dostupné na <https://doi.org/10.1002/ps.6144>

- Viiri, H., Tuomainen, A., Tervo, L., 2007: Persistence of deltamethrin against *Hylobius abietis* on Norway spruce seedlings. Scand. J. For. Res., 22:128–135. Dostupné na <https://doi.org/10.1080/02827580701224113>
- Willoughby, I., Moore, R., Nisbet, T., 2017: Interim guidance on the integrated management of *Hylobius abietis* in UK forestry. Forest Research Research Note, Dostupné na https://www.forestryresearch.gov.uk/documents/607/FR_InterimguidanceonmanagementHylobiusabietis_2017.pdf
- Willoughby, I. H., Moore, R., Moffat, A. J., Forster, J., Sayyed, I., Leslie, K., 2020: Are there viable chemical and non-chemical alternatives to the use of conventional insecticides for the protection of young trees from damage by the large pine weevil *Hylobius abietis* L. in UK forestry? Forestry, 93: 694–712. Dostupné na <https://doi.org/10.1093/forestry/cpaa013>
-

Adresa:

Ing. Juraj Galko, PhD., Ing. Michal Lalík, Ph.D., Ing. Slavomír Rell, PhD., Ing. Christo Nikolov, PhD., Ing. Milan Zúbrik, PhD., Ing. Andrej Kunca, PhD., Ing. Jozef Vakula, PhD., Ing. Andrej Gubka, PhD.
Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Lesnícka 11, SK – 969 01 Banská Štiavnica,
e-mail: galko@nlcsk.org

prof. Ing. Bc. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, CZ – 165 00 Praha - Suchbátka

Ing. Marek Barta, PhD.

Ústav ekológie lesa SAV, v. v. i., L. Štúra 2, SK – 960 01 Zvolen

Ing. Ján Pittner, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK – 960 01 Zvolen

Ing. Silvia Hyblerová, PhD.

Správa Tatranského národného parku, Tatranská Lomnica 66, SK – 059 60 Vysoké Tatry