

VLIV TRYSKY NA ÚLET A SPOTŘEBU INSEKTICIDNÍ JÍCHY PŘI ASANACI KŮROVCOVÉHO DŘÍVÍ

IMPACT OF NOZZLE ON CONSUMPTION OF AN INSECTICIDE FLUID AT INFESTED WOOD SPRAYING

MARIE ZAHRADNÍKOVÁ ✉ - PETR ZAHRADNÍK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Czech Republic

✉ e-mail: zahradnikova@vulhm.cz

ABSTRACT

The paper addresses the issue of nozzle influencing experiments on specified doses at spraying during the sanitation of spruce bark beetle infested wood, and at the same time the amount of overspray is taken into consideration. Many types of nozzles can be used when spraying bark wood. The most frequently used types were selected for the tests. In the experiment, the tests were performed on 1 m long samples, which measured both the amount/dose required to treat the section and the amount of spray liquid that did not reach the target section (overspray). These characteristics were evaluated and later assessed separately and in relation to one another. Both of these characteristics are important from the economic and environmental point of view. As emerged from the experiments with commonly available nozzles, the most effective is the use of HYPRO Polijet ANZ 4. However, when deciding which nozzle to apply, it is possible to prefer information about the used dose and overspray separately.

For more information see Summary at the end of the article.

Klíčová slova: insekticidy; lýkožrout smrkový; postřik dřeva; postřikovač; tryska; spotřeba; úlety

Key words: insecticide; *Ips typographus*; spraying of wood; sprayer; nozzle; dose; pesticide overspray

ÚVOD

Lýkožrout smrkový – *Ips typographus* L. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) se v posledních desetiletích v České republice ve smrkových porostech několikrát přemnožil. Účinná asanace kůrovcového dříví je jedním ze základních faktorů zvládnutí kůrovcových kalamit. V kulminaci gradací se objem evidovaného napadeného dříví pohyboval v rozpětí 1–2 mil. m³, avšak i v období latence bylo evidováno 200–400 tis. m³ napadeného dříví (LIŠKA et al. 1991; SKUHRAVÝ 2002; LUBOJACKÝ, KNÍŽEK 2016). V tomto objemu jsou zahrnuty i klasické lapáky, které se v ochraně lesa proti tomuto škůdci používají a jejich počet je stanoven i legislativně – vyhláškou č. 101/1996 Sb., v platném znění a ČSN 48 1000. V roce 2016 bylo odkorněno 35 tis. m³ a chemicky asanováno 263 tis. m³; v roce 2015 bylo odkorněním asanováno 27 tis. m³ a chemickou asanací 60 tis. m³; v roce 2014 bylo odkorněním asanováno 26 tis. m³ a chemicky 98 tis. m³ a v r. 2013 to bylo

24 tis. m³ odkorněním a chemicky 197 tis. m³, zbytek byl vždy vyvezen z lesa a asanován odkorněním na skladech (LUBOJACKÝ et al. 2017). V roce 2019 bylo odkorněním asanováno 183 tis. m³ a chemicky pak 2 209 tis. m³ (LUBOJACKÝ, KNÍŽEK 2020). Jak je patrné, podíl chemické asanace v porostech značně kolísá a je závislý na regionu, vlastnictví, stavu vývoje škůdce a objemu napadeného dříví. Přesto je zde stále velký podíl dříví, které se ošetřuje postřikem přípravky na ochranu rostlin – insekticidy (přičemž je nutné sem zahrnout i asanace lapáků a přípravu otrávených lapáků).

Se změnami sortimentu povolených přípravků na ochranu rostlin, v tomto případě insekticidů, se měnily i použité koncentrace. Ovšem použité dávky postřikové jichy zůstávají více méně stejné, vycházejí z údajů NOVÁKA (1967), kodifikovaných (s drobnými rozdíly dle různých insekticidů) v příkazu č. 8/1984 ministra lesního a vodního hospodářství ČSR k řešení mimořádné větrné kalamity v lesích ze dne

7. prosince 1984 pod č. j. 12 849 – KM/84. Přitom se výrazně změnil sortiment postřikovačů a zejména trysek, jejich kvalita i možnosti použití a tyto změny jsou i v současné době velmi intenzivní. Určitou roli může zároveň sehrát jednak změna ve formulacích přípravků, která ovlivňuje pokrývnost, a tedy i spotřebu použité insekticidní jichy, jednak i přidávání smáčedla, které v současnosti plní již pouze úlohu barviva pro kontrolu pokrývnosti ošetřeného dříví.

Cílem této práce je zjistit, zda stávající sortiment běžně dostupných trysek může vést ke snížení dávek použité postřikové jichy při asanaci kůrovcového dříví.

MATERIÁL A METODIKA

Pokusy se uskutečnily v laboratorních podmínkách v září 2016, za slunečného počasí a za bezvětří. Jednometrová polena byla vložena na dřevěné podložky do nafukovacího bazénu o průměru 1,5 m a hloubce 53 cm, takže dostatečně zabezpečily možnost umístění polena a jeho následného postřiku. Poté bylo poleno ošetřeno vodou za použití příslušné trysky tak, aby došlo k dokonalému pokrytí povrchu polena, tzn., že bylo postupně otáčeno. Při ošetřování byl měřen čistý čas aplikace digitálními stopkami; po dobu otáčení bylo měření času zastaveno. Následně bylo poleno z bazénku vyjmuto, voda z úletu v bazénku (včetně vody, která ulpěla na dřevěných podložkách) byla odsáta do nádoby houbovou utěrkou. Dále byla voda přefiltrována přes sítko, aby byly odstraněny části kůry, které se při manipulaci s polenem dostaly do bazénku. Následně byla voda zvážena (digitální váhy G & G, E1200Y-1, rozlišení 0,1 g), čímž bylo zjištěno množství úletu při postřiku – použit byl vztah 1 ml = 1 g (před odběrem vody z bazénku byla zvážena měrná nádoba i s houbovou utěrkou a tato hodnota byla vynulována, takže následně byla vážena pouze voda z úletu – tím byly odstraněny problémy s „vyždímáním“ houbové utěrky). V rámci jednoho experimentu (tj. při použití jednoho typu trysky) bylo použito vždy pět polen. Celý pokus byl čtyřikrát opakován, a to se stejnými poleny (vždy po jejich oschnutí, vždy jiný den, aby byla prokazatelná pokrývnost na celém polenu). Celkem bylo jednou tryskou ošetřeno 20 polen. V celém experimentu bylo tedy použito celkem 35 polen. Barvivo nebylo přidáváno, pokrývnost byla sledována přímo „smočením“ kůry na výřezu.

Při aplikaci byl použit akumulátorový postřikovač SERENA – MIXER 16 l. Přehled použitých trysek a jejich charakteristiky je uveden v tabulce 1. Na aplikačním ramenu postřikovače byl vřazen před trysku kontrolní manometr pro odečet tlaku. Výkon postřikovače byl vždy nastaven na tlak, který je uveden ke každé trysce (tab. 1). Při postřiku byla tryska cca 10 cm nad povrchem ošetřovaného polena.

Dávka znamená objem postřikové jichy, použité při postřiku daného výřezu. Úletem se rozumí objem vody, odebraný z bazénku, který se dostal mimo ošetřovaný výřez.

Celková spotřeba byla vypočtena ze střední hodnoty dávky pro danou trysku a času potřebného pro pokrytí konkrétního polena. Následně byl proveden přepočítání spotřeby na 1 cm³ dle konkrétního výřezu a bylo zjištěno množství úletu v procentech (celková spotřeba použitá při postřiku × odsátá voda z bazénku).

Pro statistické vyhodnocení dat byl použit program Statistica 12 (verze 12SP2, 2013). Vytvořeny byly dva soubory: (i) Úlet (procento úletu postřikové kapaliny) a (ii) Dávka (dávka postřikové kapaliny na 1 cm³). Pro hodnocení statistické významnosti rozdílů mezi jednotlivými tryskami byl použit Kruskal-Wallis test. Data obou souborů byla též testována na normalitu Shapiro-Wilk testem. Jako standard (100 %) pro hodnocení trysek byla vybrána HYPRO PoliJet AN2.4 (tab. 2).

VÝSLEDKY

Shapiro-Wilk test nepotvrdil normální rozdělení ani pro data v souboru „Úlet“ (p = 0,038) (tab. 3), ani pro data v souboru „Dávka“ (p = 0,009) (tab. 4).

V souborech dat „Úlet“ i „Dávka“ bylo vypočteno p = 0,000 na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Na základě dosažené hladiny významnosti Kruskal-Wallis testu jsme prokázali, že mezi velikostí úletu a dávkou na 1 cm³ jednotlivých trysek existuje statisticky významný rozdíl. Mezi kterými konkrétně, to ukázalo vícenásobné porovnání p-hodnot.

Nejvyšší dávku na 1 cm³ dává (tab. 4; obr. 1) tryska HYPRO PoliJet AN2.4, HYPRO PoliJet AN1.2 a PoliJet AN1.8, o něco nižších hodnot dosáhly trysky Mosazná, FulcoTip 30FCX02, HYPRO F110-04, a to téměř srovnatelně. Nejnižší dávka byla zaznamenána u trysky HYPRO

Tab. 1.

Přehled použitých trysek a jejich charakteristika
List of used nozzles and their characteristics

	Číslo/No.	Typ trysky/Nozzle	Tlak/ Pressure [bar]	Průtok/Flow rate [l.min ⁻¹]
Červená plochá/Red flat	T1	HYPRO F110-04	2	1,306
Žlutá kulatá/Yellow round	T3	FulcoTip 30FCX02	2	1,050
Žlutá/Yellow	T5	HYPRO PoliJet AN0.6	1,5	0,730
Zelená/Green	T8	HYPRO PoliJet AN1.2	1,5	1,47
Červená/Red	T10	HYPRO PoliJet AN2.4	1	2,4
Modrá/Blue	T12	PoliJet AN1.8	1	1,8
Mosazná/Brass	T13	Hydraulická vířivá, mosazná s kuželovým rozstříkem	2	není

Pozn.: Barevné označení trysek je v praxi velmi používané (uživatelé se díky tomu v tryskách běžně orientují), je obsaženo ve všech propagačních i prodejních materiálech. Proto je zde použito, i když v textu se s tímto označením již nepracuje.

PoliJet AN0.6. Největší úlet (tab. 3; obr. 2) byl zjištěn u trysky HYPRO PoliJet AN2.4 (nejvyšší i dávka), v pravidelných rozestupech cca 5 % následují trysky PoliJet AN1.8, HYPRO PoliJet AN0.6, shodně pak

HYPRO PoliJet AN1.2 a FulcoTip 30FCX02, dále HYPRO F110-04, nejnižší úlet byl zjištěn u trysky Mosazná. Pro procentuální hodnocení bylo stanoveno 100 % od trysky HYPRO PoliJet AN2.4, jelikož měla nejvyšší dávku i úlet (tab. 2).

Tab. 2.

Střední hodnota (medián) „Úletu“ a „Dávky“ (SD – směrodatná odchylka; tučně – nejvyšší dosažená hodnota)
 Mean value (median) of “Overspray” and “Dose” (SD – standard deviation; bold – highest value achieved)

Tryska/Nozzle	Dávka/Dose			Úlet/Overspray		
	medián/ median	SD	%	medián/ median	SD	%
Mosazná/Brass	0,038	0,002	66,67	20,624	3,424	40,47
HYPRO PoliJet AN2.4	0,057	0,004	100,00	50,965	6,273	100,00
HYPRO PoliJet AN0.6	0,028	0,001	49,12	40,956	6,411	80,36
HYPRO PoliJet AN1.2	0,052	0,004	91,23	36,888	10,358	72,38
PoliJet AN1.8	0,046	0,004	80,70	45,604	5,687	89,48
FulcoTip 30FCX02	0,039	0,004	68,42	36,176	2,898	70,98
HYPRO F110-04	0,039	0,005	68,42	30,709	2,867	60,26

Tab. 3.

Mnohonásobné porovnání p-hodnoty souboru „Úlet“ (tučně – mezi tryskami není statisticky významný rozdíl)

Multiple comparison of the p-value of the data “Overspray” (in bold – there is no statistically significant difference between the nozzles)

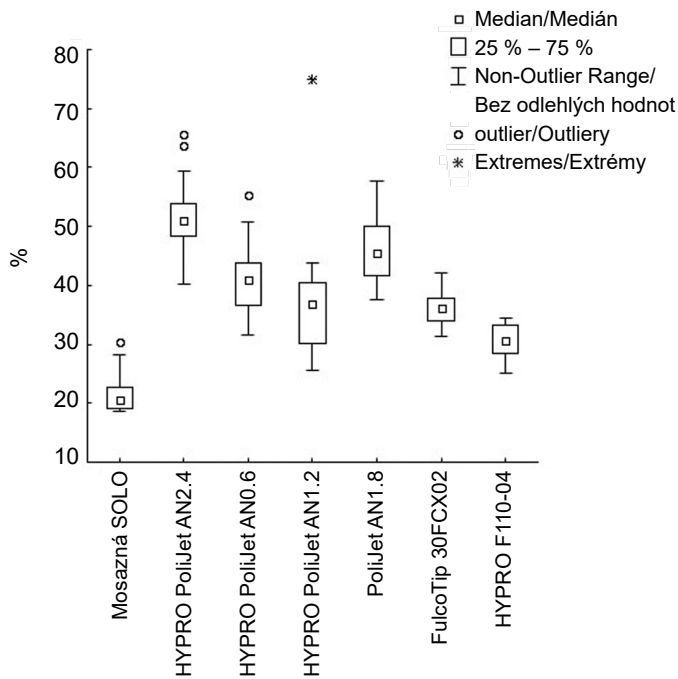
Tryska/Nozzle	Mosazná/ Brass	HYPRO PoliJet AN2.4	HYPRO PoliJet AN0.6	HYPRO PoliJet AN1.2	PoliJet AN1.8	FulcoTip 30FCX02	HYPRO F110-04
Mosazná/Brass	-	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,870
HYPRO PoliJet AN2.4		-	0,133	0,000	1,000	0,000	0,000
HYPRO PoliJet AN0.6			-	1,000	1,000	1,000	0,003
HYPRO PoliJet AN1.2				-	0,023	1,000	0,720
PoliJet AN1.8					-	0,020	0,000
FulcoTip 30FCX02						-	0,871
HYPRO F110-04							-

Tab. 4.

Mnohonásobné porovnání p-hodnoty souboru „Dávka“ (tučně – mezi tryskami není statisticky významný rozdíl)

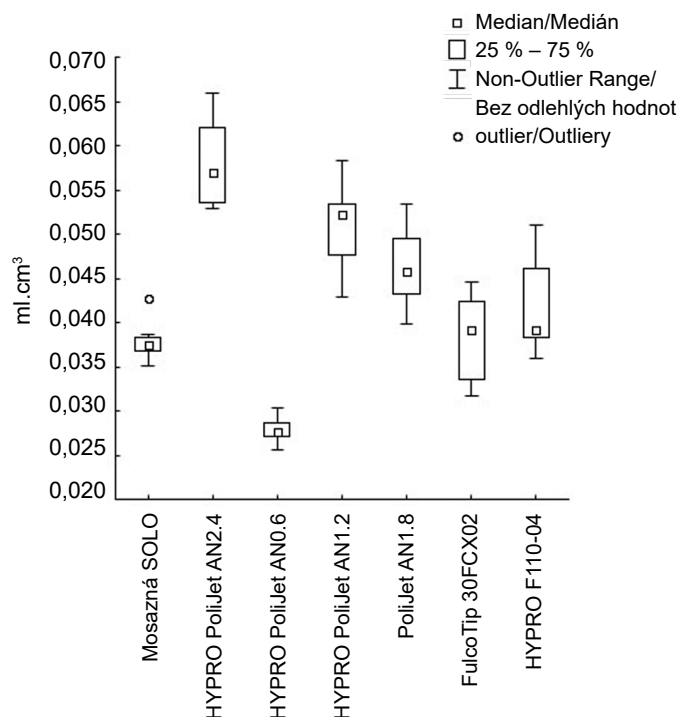
Multiple comparison of the p-value of the data “Dose” (in bold – there is no statistically significant difference between the nozzles)

Tryska/Nozzle	Mosazná/ Brass	HYPRO PoliJet AN2.4	HYPRO PoliJet AN0.6	HYPRO PoliJet AN1.2	PoliJet AN1.8	FulcoTip 30FCX02	HYPRO F110-04
Mosazná/Brass	-	0,000	0,224	0,000	0,009	1,000	1,000
HYPRO PoliJet AN2.4		-	0,000	1,000	0,040	0,000	0,000
HYPRO PoliJet AN0.6			-	0,000	0,000	0,032	0,001
HYPRO PoliJet AN1.2				-	1,000	0,000	0,022
PoliJet AN1.8					-	0,074	1,000
FulcoTip 30FCX02						-	1,000
HYPRO F110-04							-



Obr. 1.
Dávka postřikové jichy [ml] přepočteno na objem 1 cm³ dle jednotlivých trysek

Fig. 1.
Spray liquid dose [ml] converted to a volume of 1 cm³ according to individual nozzles



Obr. 2.
Procento úletu pro jednotlivé trysky

Fig. 2.
Percentage of overspray for individual nozzles

DISKUSE

Při hubení kůrovce je důležitá asanace napadeného dříví. Zprvu používané ruční odkorňování, o kterém máme informace již z 19. století (FISCHBACH 1875; FLEISCHER 1875, 1877; POMPE 1875) je účinné a spolehlivé, avšak nelze ho používat ve stadiu líhnutí, resp. vyhlíhlého brouka. V 40. a 50. letech 20. století byla postupně nahrazována asanační insekticidy – napřed poprašováním (ZWÖLFER 1946; RECKMANN 1949; KUHN 1949; MARTINEK 1952; PFEFFER 1952; NOVÁK 1955) a později, v 60. letech, pak postřiky, zprvu chlorovanými uhlovodíky (STARK, BORDEN 1965; SCHINDLER 1968, 1971a, 1971b; NORDBY, WILHELMSEN 1969; EIDMANN 1970; THOMAS 1970; REISCH 1971), následně organofosfáty a karbamáty (NOVÁK 1972; CIBULSKÝ, HÝCHE 1974; RAGENOVIČ, COSTNER 1974; THALENHORST 1974; NIEMEYER 1975; NOVÁK, ŠROT 1977) a posléze syntetickými pyrethroidy (WULF 1985). Ačkoliv se výrazně měnily vlastnosti používaných přípravků, nebyla aplikační dávka, až na výjimky, věnována zvláštní pozornost, která se prioritně zaměřovala na použitou dávku a na celkovou mortalitu lýkožrouta smrkového (resp. dalších druhů kůrovců) a rychlost jejího nástupu. Specifické bylo v té době (60. a 70. léta 20. století) používání penetračních insekticidů, pronikajících kůrou ošetřovaného dříví, a hubící tak i všechna vývojová stadia (BUTOVITSCH, EIDMAN 1962; NOVÁK 1967, 1980). Penetraci zabezpečovaly olejové roztoky (emulze), resp. použití solventní nafty. Tento typ insekticidů mohl ovlivnit spotřebu na jednotku plochy, protože ve svém principu nemusela být pokrývnost tak „dokonalá“.

BUTOVITSCH, EIDMAN (1962) uvádí při postřicích penetračním insekticidem použitou dávku v rozmezí 200–250 ml.m⁻². NOVÁK (1967) doporučuje dávku 200–300 ml.m⁻², a to s ohledem jak na použitý přípravek, tak i na použitý tlak (40–50 Pa) a průměr trysky (1,2–1,6 mm), tj. 5,0–5,5 l.m⁻³ (při hmotnosti ošetřovaného kmene 1 m³). Následně NOVÁK (1968, 1972) upřesňuje objem postřikové jichy v závislosti na hmotnosti ošetřovaného smrkového kmene, a to následovně: 0,3 m³ – 1,5 l.m⁻³, 0,5 m³ – 1,75 l.m⁻³, 0,7 m³ – 2,25 l.m⁻³ a 1 m³ – 3 l.m⁻³. Při objemu 1 m³ tedy dávku výrazně zvyšuje. Přitom uvádí charakter kůry jako další faktor ovlivňující dokonalou pokrývnost. Na kmenech s hladkou kůrou o tloušťce cca 5 mm je nutná dávka 250 ml.m⁻² (tj. 4,4 l.m⁻³) a na kmenech s hrubou borkou (cca 10 mm) je nutné aplikovat dávku 300–350 ml.m⁻² (tj. 5,2 l.m⁻³), to vše při průměrné hmotnosti 1 m³. Pro praxi z toho vyplynula povinnost používat na 1 m³ dávku 6–10 l.m⁻³ (NOVÁK, BENEŠ 1986). Diferencované dávky (avšak jiné hodnoty) byly nařizovány již v úvodu zmiňovaným příkazem č. 8/1984. Ke sjednocení používaných dávek postřikové jichy na jeden metr krychlový došlo v roce 1993 (ŠVESTKA, BENEŠ 1992).

Použitý typ postřikovače je funkční při tlaku 1–2,5 baru. Regulace tlaku se provádí změnou rychlosti otáček zubového čerpadla. Po sepnutí dosáhne čerpadlo nastaveného tlaku do 1 s., který pak stále drží na nastavené úrovni. Během aplikace nedochází k výkyvům tlaku. U kompresorových postřikovačů se vlivem hystereze mezi sepnutím a vypnutím kompresoru mění tlak (a tím i dávka) během aplikace, proto byl použit postřikovač se zubovým čerpadlem. Po zapnutí a vypnutí postřikovače dochází ke krátké změně tlaku. Proto byla použita pro hodnocení naměřená dávka.

ZÁVĚR

Z výsledků uvedených v tabulkách 3 (úlet) a 4 (dávka) vyplývá, že z použitých trysek dosahovala jednoznačně nejvyšší dávky na 1 cm³ i největšího úletu tryska HYPRO PoliJet AN2.4. Pro asanaci je však nevhodná pro svůj záběr a typ výstřiku (při vzdálenosti 0,5 m nad ošetřovaným povrchem má paprsek o šířce 2,4 m). Jako nejlepší tryska pro asanaci je FulcoTip 30FCX02 pro svůj záběr a plný kuzele. Pro zvýšení dávky by bylo vhodné použít další ze škály FCX trysek. Na-

příklad červená tryska FCX04 má aplikační dávku 2,1 l.min⁻¹ při tlaku 2 bar. Pro snížení dávky a úletu nelze pominout ani zachování správného technologického postupu při asanaci a dodržení všech legislativních podmínek, včetně dodržení správné provozní praxe.

Z uvedeného lze také odvodit možnost snížení dávky postřikové jichy z dosud doporučených 5–8 l.m⁻³, v závislosti na tloušťce a charakteru borky na 3–5 l.m⁻³.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumu organizace MZE RO0118. Dík patří také Ing. Hubertu Plačkovi za cenné připomínky.

LITERATURA

- BUTOVITSCH V., EIDMANN H. 1962. Die Behandlung von berindetem Nutzholz mit Insektiziden. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 81: 212–222.
- CIBULSKY R.J., HYCHE L.L. 1974. Ips spp.: effect of dichlorvos-fuel oil sprays. Journal of Economic Entomology, 67: 678–680. DOI: 10.1093/jee/67.5.678
- EIDMANN H. 1970. Skydd för obarkat virke. Skogen, 57: 202–204.
- FISCHBACH C. 1875. Zur Lebensweise des Fichtenborkenkäfers (*Bostrychus typographus*). Centralblatt für das Gesamte Forstwesen: 27–29.
- FLEISCHER A. 1875. Lýkožrouci čili korovci (*Bostrychus typographus* L.) v Šumavě a jich nepřítelé (pokračování). Vesmír, 4: 111–114.
- FLEISCHER A. 1877. Der Fichtenborkenkäfer (*Bostrychus typographus*) im Bohmerwalde seine Mithelfer am dem Zerstorungswerke und seine Feinde aus der Klasse der Insekten. Vereinsschrift für Forst-, Jagd- und Naturkunde, 3: 1–42.
- KUHN W. 1949. Das Massenaufreten des achtzähligen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* l. nach Untersuchungen in schweizerischen Waldungen 1946 bis 1948. Mitteilungen der schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 26: 245–330.
- LIŠKA J., PÍCHOVÁ M., KNÍŽEK M., HOCHMUT R. 1991. Přehled výskytu lesních hmyzích škůdců v českých zemích. Praha, VÚLHM: 37 s. Lesnický průvodce 3/1991.
- LUBOJACKÝ J., KNÍŽEK M. 2016. Podkorní hmyz. In: Knížek M. et al. (eds.): Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce v 2015 a jejich očekávaný stav v roce 2016. Strnady, VÚLHM: 19–28. Zpravodaj ochrany lesa, Supplementum 2016.
- LUBOJACKÝ J., KNÍŽEK M., ZAHRADNÍK P. 2017. Podkorní hmyz. In: Knížek M. et al. (eds.): Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2016 a jejich očekávaný stav v roce 2017. Strnady, VÚLHM: 20–30. Zpravodaj ochrany lesa, Supplementum 2017.
- LUBOJACKÝ J., KNÍŽEK M. 2020. Podkorní hmyz. In: Knížek M., Liška J. (eds.): Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce v 2019 a jejich očekávaný stav v roce 2020. Strnady, VÚLHM: 22–35. Zpravodaj ochrany lesa, Supplementum 2020.
- MARTINEK V. 1952. Pokusy s bojem proti kůrovci (*Ips typographus* L.) poprašováním lapáků insekticidy. Lesnická práce, 31: 17–26.
- NIEMEYER H. 1975. Borkenkäfer-situation und -bekämpfung in Norddeutschland. Stellungnahme zu AFZ-Fragen von der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Abteilung Waldschutz Allgemeine Forstzeitschrift, 30: 1036–1038.
- NORDBY A., WILHELMSSEN G. 1969. Equipment, rate of volume and dosage by spraying of unbarked coniferous sawlogs with insecticides. Meddeleser fra det Norske skogforsøksvesen, 27 (96): 1–21.
- NOVÁK V. 1955. Příspěvek k poznání účinnosti HCH na lýkožrouta smrkového. Sborník Československé akademie zemědělských věd. Řada Lesnictví, 28: 355–374.
- NOVÁK V. 1967. Boj proti kůrovci otrávením lapáků po napadení. Práce VÚLHM, 34: 187–211.
- NOVÁK V. 1968. Ochrana neodkorněného dřeva proti hmyzu a boj proti kůrovci. Praha, Ústav vědeckotechnických informací: 27 s. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do praxe 1/1968.
- NOVÁK V. 1972. Chemické přípravky na ochranu neodkorněného dřeva v boji proti kůrovci a dřevokazu čárkovanému. Lesnická práce, 51 (4): 160–161.
- NOVÁK V., ŠROT V. 1977. Chemická ochrana neodkorněného dřeva a asanace kůrovci přípravky bez obsahu DDT. Lesnictví, 23: 969–984.
- NOVÁK V. 1980. Nové přípravky a nové metody v boji proti lýkožroutu smrkovému *Ips typographus* (L.) a některým dalším, hospodářsky významným druhům kůrovci. Příbram: 17 s.
- NOVÁK V., BENEŠ V. (eds.) 1986. Seznam povolených pesticidů v lesním hospodářství ČSR 1986. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 80 s.
- PFEFFER A. 1952. Kůrovec lýkožroust smrkový a boj proti němu. Praha, Nakladatelství Brázda: 45 s. Lesnická knihovna. Svazek 12.
- POMPE A. 1875. Mitteilungen über das Verhalten des Fichtenborkenkäfers und seine Bekämpfung. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 1875 (Supplement 1): 9–12.
- RAGENOVIČ J.R., COSTNER J.E. 1974. Evaluation of some carbamate and phosphate insecticides against southern pine beetle (*Dendroctonus frontalis*) and Ips bark beetles (*Ips calligraphus*, *Ips grandicollis*, *Pinus taeda*). Journal of Economic Entomology, 67: 763–765. DOI: 10.1093/jee/67.6.763
- RECKMANN G. 1949. Kampf dem Fichtenborkenkäfer (*Ips typographus* L.) bei Massenvermehrung. Berlin, Deutscher Zentralverlag: 225 s.
- REISCH J. 1971. Abwehr von Borkenkäferschäden. Merkblatt 1971. Allgemeine Forstzeitschrift, 26: 510–511.
- SCHINDLER U. 1968. Nutzholzborkenkäferbekämpfung mit chemischen Mitteln in Abhängigkeit von den biologischen Grundlagen. Forst- und Holzwirt, 23: 268–270.
- SCHINDLER U. 1971a. Stand der Borkenkäferbekämpfung. Holz-Zentralblatt, 97: 373–374.
- SCHINDLER U. 1971b. Changes in the use and choice of insecticides against forest insects in Central Europe. In: Proceedings of 6th British Insecticide and Fungicide Conference. Volume II. Brighton, 14 – 18th November 1971. British Crop Protection Council: 463–466.
- SKUHRÁVÝ V. 2002. Lýkožroust smrkový a jeho kalamity. Praha, Agrospoj: 196 s.
- STARK R. W., BORDEN J.H. 1965. A field test of Lindane for prevention and control of attack by *Ips confusus* (Le Conte) (Coleoptera Scolytidae) in Siash. Journal of Economic Entomology, 58: 994–996. DOI: 10.1093/jee/58.5.994
- ŠVESTKA M., BENEŠ V. (eds.) 1992. Seznam povolených přípravků na ochranu lesa 1993. Praha, Agrospoj: 85 s.

- THALENHORST W. 1974. Deutsche Forstschutz-Literatur 1972/72 III. Abwehrmassnahmen gegen tierische Schädlinge. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 81: 243–251.
- THOMAS J.B. 1970. Lindane as a control for *Ips pini* (Say) in red pine plantation. Bi-Monthly Research Notes, 26 (5): 47–48.
- WULF A. 1985. Zur Umweltverträglichkeit von Borkenkäferbekämpfungsmitteln. Allgemeine Forstzeitschrift, 40: 265–267.
- ZWÖLFER W. 1946. Zur Lebensweise und Bekämpfung unserer wichtigsten Fichtenborkenkäfer. Allgemeine Forstzeitschrift, 1946: 9–23.

IMPACT OF NOZZLE ON CONSUMPTION OF AN INSECTICIDE FLUID AT INFESTED WOOD SPRAYING

SUMMARY

Effective sanitation of spruce bark beetle of infested wood is one of the basic activities applied in bark beetle management. Chemical spraying of infested wood with insecticides is the most fundamental method. For its effectiveness, it is important to use not only a suitable sprayer, but also a suitable nozzle. This ensures not only good coverage of the infested trunk, but also the necessary dose and overspray around the trunk to the surrounding soil surface. By choosing a suitable nozzle, we are able not only to reduce the consumption of the sprayed solution, i.e. insecticide, and thus reduce the negative impact of sanitation of wood infested by spruce bark beetles, but also increase the effectiveness of defense intervention.

The most frequently used types of nozzles were selected for the tests, and they focused on Brass, HYPRO Polijet AN2.4, HYPRO Polijet AN0.6, HYPRO Polijet AN1.2, Polijet AN1.8, FulcoTip 30FCX02 and HYPRO F110-04. Their specifications are compared in Tab. 1.

In the experiment, the tests were performed on 1-m-long sections, which measured both the dose required to treat the section, and the amount of spray liquid that did not reach the target section (overspray). One nozzle sprayed five logs and each test for single nozzle was repeated four times. One nozzle sprayed totally 20 logs. For spraying the accumulator hand sprayer SERENA – MIXER 16 l was used. Each log was placed into a small inflatable pool (1.5 m diameter, 53 cm depth). After being sprayed, the overspray in the pool was wiped up and weighed.

Test results in Tab. 3 (overspray) and 4 (dose) show that the HYPRO Polijet AN2.4 nozzle clearly achieved the highest dose per 1 cm³ and the largest overspray range among the tested nozzles. However, it is unsuitable for sanitation for its spray range and type of spray (at a distance of 0.5 m over the treated surface, it has a jet stream of a width of 2.4 m). To increase the dose, it would be advisable to use some other type of FCX nozzles. For example, the red nozzle FCX04 has an application dose 2.1 l·min⁻¹ at a pressure of 2 bar. In order to reduce the dose and overspray, it is impossible to ignore the correct technological procedure for sanitation and compliance with all legislation, including compliance with proper utilisation on-site.

The program Statistica 12 (version 12SP2, 2013) was used for statistical evaluation of data. Two sets were created: (i) Overspray (percentage of spray liquid overspray), and (ii) Dose (spray fluid dose per 1 cm³). The Kruskal-Wallis test was used to evaluate the statistical significance of the differences between the individual nozzles. The data of both sets were also tested for normality by the Shapiro-Wilk test. Based on the achieved level of significance of the Kruskal-Wallis test, we have proved that there is a statistically significant difference between the size of the overspray and the dose per 1 cm³ of individual nozzles (Tab. 3 and 4).

Based on our research, it has been concluded that there is a possibility of reducing the dose of spray solution from the recommended 5–8 l·m⁻³, depending on the thickness and current conditions of the bark to 3–5 l·m⁻³.

Zasláno/Received: 30. 11. 2021

Přijato do tisku/Accepted: 25. 03. 2022