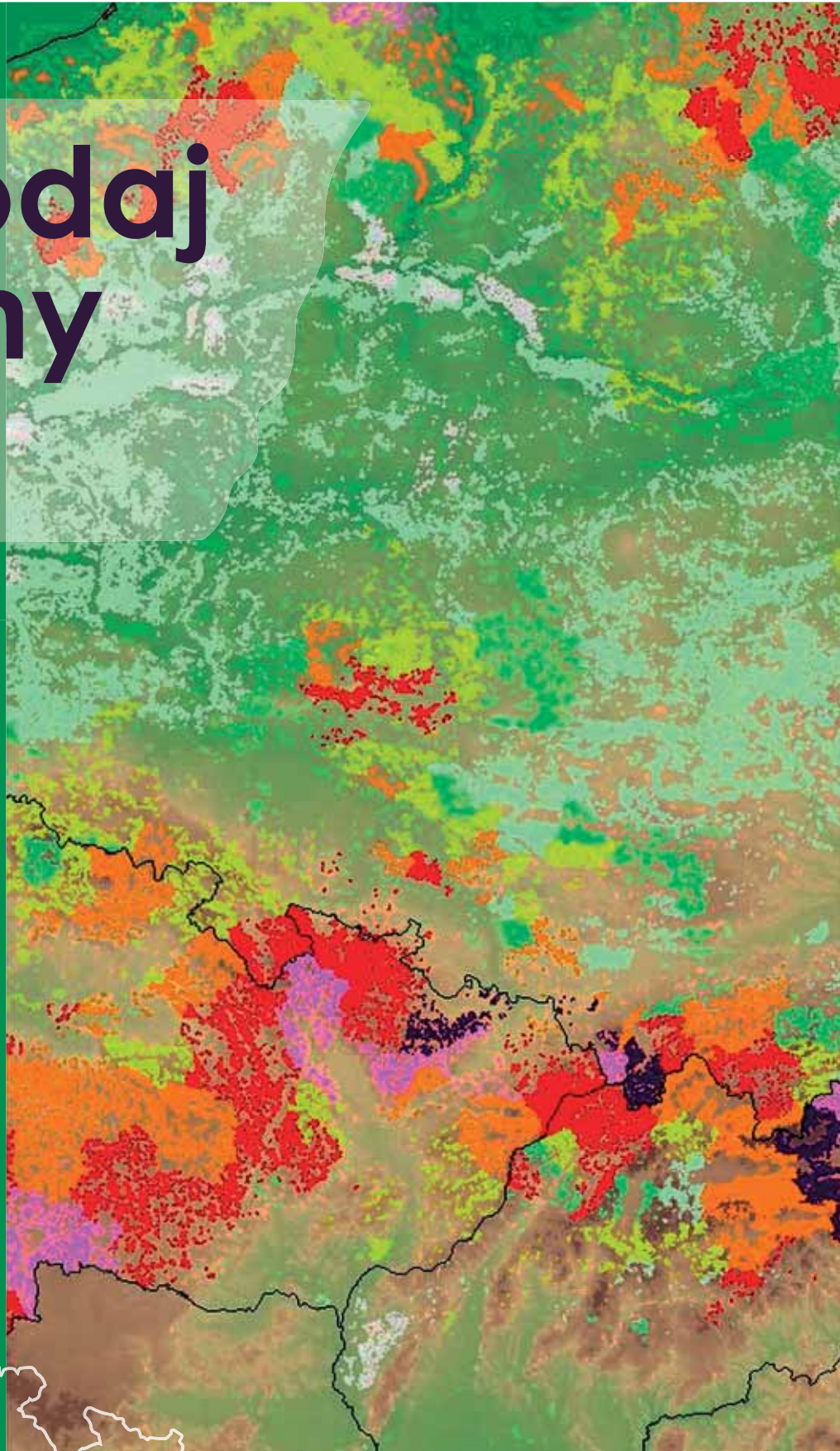


Zpravodaj ochrany lesa

svazek 11
2005





Česká lesnická společnost

a

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti

Jíloviště-Strnady

MODERNÍ METODY V OCHRANĚ LESA

29. setkání lesníků tří generací

Kostelec nad Černými lesy

Školní lesní podnik ČZU

24. února 2005

sborník referátů ze semináře

Sestavili:

Petr Kapitola, Petr Baňář, Jaroslav Holuša

Zpravodaj ochrany lesa

svazek 11
2005

ISSN 1211-9342
ISBN 80-86461-46-7

Vydává:

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady
v rámci činnosti Lesní ochranné služby, útvary ochrany lesa

Redakce:

Ing. Petr Kapitola, tel.: 257 892 200, 602 131 733, e-mail: kapitola@vulhm.cz
Mgr. Petr Baňar, tel.: 257 892 288, 724 352 559, e-mail: banar@vulhm.cz
útvary ochrany lesa VÚLHM Jíloviště-Strnady
156 04 Praha 5 – Zbraslav
tel.: 257 892 222, <http://www.vulhm.cz>

Grafická úprava:

Obálka a zlom: Klára Šimerová, Ing. Jana Hlaváčková

Tisk:

Ústav jaderných informací Zbraslav, a. s.
<http://www.uji.cz>

Náklad: 900 ks

Neprodejně. Pořizování a rozšiřování kopií jen se souhlasem vydavatele.

Za obsah příspěvků zodpovídají autoři.

Snímek na obálce: Výřez z obr. 2 (s. 48) k článku W. Grodzkeho a M. Jachyma

Doporučený způsob citace:

ŠVESTKA M. 2005: Vývoj a využití letecké techniky v ochraně lesa ČR. In: Kapitola P., Baňar P., Holuša J. (eds): *Moderní metody ochrany lesa. Sborník referátů ze semináře 29. setkání lesníků tří generací. Kostelec nad Černými lesy. 24. února 2005. Zpravodaj ochrany lesa*, 11: 36-43.

VĚDECKÉ ZÁKLADY OCHRANY LESA – PŘEDPOKLAD ÚSPĚŠNÉHO ZVLÁDÁNÍ LESNÍCH ŠKODLIVÝCH ČINITELŮ

VLASTISLAV JANČAŘÍK

Stručná historie ochrany lesa

Ochrana lesa jako specifická hospodářská činnost vznikla, vyvíjela se a vyvíjí současně s hospodařením v lesích. Tak, jak se měnil charakter lesů a hospodaření v nich, se vyvíjela i ochrana lesa a rozvíjela se i její obsahová náplň. Jako samostatné lesnické odvětví se objevuje v polovině předminulého století, kdy již navazuje na zákonná opatření proti kořistění lesů. Jak za feudalismu pokračoval úbytek lesů, začínají se objevovat první náznaky ochrany lesa ze státní moci. Za první dekret na ochranu lesa lze považovat výnos císaře Karla IV. *Majestas Carolinae*: „Lesy zachovati, neposkvřené míti je věčně, chrániti je před nemírnou těžbou a býti snažnou stráží jejich podstaty“. Dodržování zásad správného hospodaření nařizoval Tereziánský lesní řád z roku 1754. Následující rakouský císařský patent o lesích č. 250 z roku 1852 uvádí již konkrétní práva a povinnosti státní péče o lesy. Potřeba ochrany lesa vyplynula ze skutečnosti, že zákony již tehdy proklamovaly všeužitečnost lesa v podobě vymezení ochranných lesů a zajištění funkcí lesa v krajině. Do náplně ochrany lesa patřilo i zamezení případným kořistnickým snahám, a to i z titulu opomenutí péče při hmyzích kalamitách, kdy mohlo být využito kalamitních těžeb pro zvýšení výnosu z lesa. Ochranařské úkoly se tak postupně stávaly náplní činnosti lesních hospodářů.

Jako vědecká disciplína se ochrana lesa začala vyvíjet ve střední a západní Evropě. Již začátkem 19. století byla uveřejněna první díla o škodlivém lesním hmyzu v Německu a ve Francii, na která pak navazovali autoři v Rakousku a Švýcarsku, a také u nás se objevují první knihy o ochraně lesů (SCHINDLER 1865 a další).

Po první světové válce nastává v ochraně lesa přelom, popisná část ustupuje a začíná převažovat technika ochrany lesa, úzce spojená s rozvíjející se chemií a tím i chemických přípravků na ochranu rostlin; souběžně s tím se rozvíjí i vlastní mechanizace jak v ochraně rostlin, tak i v úzké souvislosti, návaznosti a kooperaci i v ochraně lesa.

Během let vývoje nastal i výrazný posun ve studiu i náplni ochrany lesa jako vědní disciplíny. V začátcích ochrany lesa byl hlavním předmětem studia škodlivý činitel, studium jeho bionomie a biologického cyklu, hledání „slabých míst“ pro ochranařské zásahy a vypracování konkrétních opatření a metod ochrany. Tím se ochrana jako vědní obor rozdělila na řadu jednotlivých specializovaných dílčích oborů, např. na lesnickou zoologii, entomologii, lesnickou botaniku, fyziologii a ekologii, mykologii, virologii, bakteriologii a fytopatologii, i na herbologii (biologii plevelných druhů a dynamiku zaplevelování). Podstatnou součástí byly i další vědní obory jako klimatologie, meteorologie, geolo-

gie, pedologie, chemie a biochemie, fyzika (zejména mechanika) a další.

V současném systémovém pojetí ochrany lesa se velmi podstatně změnil i předmět studia, kterým se stal zdravotní stav lesů a lesních dřevin, jakož i celých lesních ekosystémů. Chřadnutí a odumírání lesních dřevin je chápáno jako biocenotické narušení přírodní rovnováhy, přírodní ekologické stability (odolnostní potenciál lesních porostů prof. Stoliny). Proto i do výzkumného programu jsou zařazovány otázky komplexního charakteru jako např. mezinárodní spolupráce studia problematiky chřadnutí a hynutí dubů, kdy jsou studovány nejen fytopatologické otázky možných příčin, ale i širší aspekty, např. změny v mykorhizních poměrech a trofických vztazích, role listožravého podkorního hmyzu, jakož i komplexní průzkum endofytické mykoflóry. Samozřejmě nejsou opomíjeny ani abiotické vlivy, zejména klimatické a pedologické, jakož i negativní vlivy antropické i antropogenní, zejména znečištění prostředí toxickými zplodinami.

Úkoly ochrany lesa

Ochrana lesa patří mezi základní lesnické obory a jejím úkolem je spolu s pěstováním lesů pečovat o řádný růst lesních porostů a naplňovat tak záměry hospodářské úpravy lesů. Z hlediska vědeckého je to jednotná disciplína, jejímž úkolem je zabránovat aktivizaci škodlivých činitelů. Z hlediska metodického je ochrana lesa značně heterogenní, což je dáno skladbou škodlivých činitelů od abiotických po biotické, z nichž každá oblast vyžaduje zcela specifické metodické přístupy. Aby lesníci mohli účelně a cílevědomě ovlivňovat lesy za účelem jejich plnění všech funkcí v přírodě i v hospodářství, musí ovládat i problematiku ochrany a péče o přírodní prostředí.

Ochrana lesa není jen otázkou vlastní ochrany před škodlivými činiteli, ale v neposlední řadě je to jejich studium a zejména studium vzájemných vztahů hostitel – patogen v lesních ekosystémech, které jsou nezřídka rozhodující pro posuzování významu, škodlivosti a hospodářského dopadu biotických činitelů. I když dnes zdůrazňujeme ekosystémový přístup a komplexní pohled na zdraví lesa, na ekologickou stabilitu a na přirozenou odolnost lesních porostů vůči nepříznivým vlivům, neznamená to, že je možno opomíjet studium biologie, fyziologie a ekologie organismů, které se v současných podmínkách projevují jako škodlivé a mohou mít i charakter statutárních škodlivých činitelů.

Základní biologické poznatky o současných škodlivých organismech jsou a vždy budou základem vypracování účinných opatření a metod ochrany lesních porostů ve všech stadiích, od lesních školek po myšlné porosty.

Ochrana lesa jakožto hospodářská činnost vychází také z požadavků společnosti na les, ze současného hlediska tedy z požadavku na trvale udržitelný rozvoj v lesním hospodářství, na kontinuální zajišťování produkce trvale obnovitelné suroviny, dřevní hmoty, jakož i z požadavku na udržení všech užitečných, prospěšných a národohospodářsky potřebných i krajinnotvorných a společenských funkcí lesů. Současná ochrana lesa vychází i ze změněných ekologických podmínek, ze zastoupení pěstovaných dřevin a zejména z nejnovejších poznatků vědy a techniky.

Základní předpoklady a podklady pro účinnou ochranu lesa

Nezbytným předpokladem účinné ochrany před biotickými škodlivými činiteli, tj. škodlivými organismy, je zjištění jejich výskytu a jejich určení, tedy diagnóza a determinace. Škodlivý činitel se obvykle především zjišťuje a určuje podle příznaků, které vyvolává; nejdůležitějším znakem je však vlastní škodlivý činitel a jeho vývojová stadia, ať už jde o hmyz (vajíčka, larvy, kukly, imaga) nebo o patogenní a parazitické houby (anamorfní a teleomorfní plodnice; charakteristické útvary jako myceliální provazce – např. rhizomorfy, nebo myceliální blány – např. *Syrocia*; sklerocia apod.). U mikroorganismů je však někdy nezbytná jejich izolace a kultivace, získání čistých kultur *in vitro* a jejich determinace.

Symptomatologie se zabývá příznaky onemocnění a poškození lesních dřevin, které se objevují jako následek napadení patogenními a parazitickými organismy i žíru škůdců či poškození abiotickými vlivy. Přitom je třeba sledovat a zjišťovat příznaky průběžně a na větším počtu jedinců, protože všechny příznaky se v průběhu choroby či poškození velmi často mění; na začátku onemocnění jsou nezářidka naprosto odlišná od příznaků v konečné fázi onemocnění a v průběhu choroby se také mění jejich intenzita. Někdy se onemocnění projevuje více příznaky (hlavní, vedlejší a doprovodné, nebo příznaky vnější a vnitřní), jindy jsou příznaky typické či specifické, daleko častěji však nespecifické jak pro patogena, tak pro hostitele; velmi často jsou polyetiologické (multietiologické, multikauzální), kdy jeden příznak může být vyvolán několika různými patogeny.

Příznaky jsou také nejrůznějšího charakteru od barevných změn rostlinných orgánů přes léze a nekrózy až po vadnutí, nádory, rakoviny a hniloby u chorob a od nejrůznějších požerků a deformací až po novotvary u hmyzu. Nezbytnými podklady pro efektivní ochranu je také prognóza, signalizace a evidence i monitoring výskytu a šíření škodlivých organismů. Výsledky průběžného sledování výskytu a šíření škodlivých organismů poskytují podklady pro krátkodobé či dlouhodobé prognózy, které jsou pak základním a nepominutelným kritériem pro rozhodování o použití obranných opatření, aby nedošlo k přemnožení a k hospodářské škodlivosti zjištěných škůdců nebo chorob. V těchto

případech pak ochrana směřuje k eliminaci zdrojů infekce, k eradikaci škodlivého organismu nebo ke snížení nebezpečí jeho šíření (u hub tlumení infekce) nejrůznějšími metodami a zásahy praktické ochrany lesů. Všechny pesticidní přípravky, používané v ochraně rostlin, musí být otestovány podle mezinárodní metodiky a registrovány pro použití v ochraně rostlin ve všech oborech a odvětvích rostlinné výroby a samozřejmě i v lesním hospodářství. Kritériem pro rozhodování o použití ochranných zásahů a opatření je i posouzení nejrůznějších ekonomických ukazatelů, prahů škodlivosti.

Heslovitý přehled metod, zásahů a opatření v ochraně lesa

Preventivní ochrana

- karanténní opatření (vnější a vnitřní karanténa)
- pěstební opatření: výběr dřevin, výchovné zásahy (negativní zdravotní výběr), hygiena a čistota lesa, používání kvalitních zdravých sazenic pro obnovu lesa
- eradikace škodlivého organismu včetně likvidace zdrojů infekce
- vyvarovat se jakéhokoliv poškození stromů v porostech při všech výchovných a těžebních zásazích
- likvidace odpadů po těžbě v ohrožených porostech
- ošetření dřevní hmoty, která zůstává delší dobu v porostech
- znalost škodlivých organismů, posouzení nebezpečí jejich šíření
- trvalé systematické sledování zdravotního stavu lesních porostů

Vlastní ochrana

Fyzikální metody a způsoby

- mechanické způsoby: třídění, příkúpký, izolace, plavení aj.
- chirurgické zásahy
- termoterapie
- radiace, sterilizace

Chemické metody

- pesticidy (kontaktní, systémové, fumigační, bioracionální) a metody jejich aplikace (zálivky, postřiky, popraše, injekce, máčení)
- dodržování údajů na etiketě a v zákonech a předpisech o používání pesticidních přípravků

Biologické a biotechnické metody

- využití produktů antagonistických organismů, bioparátů
- přímé využití bioagens, antagonistických, konkurenčních, mykolytických či dravých organismů, hyperparazitů
- vakcinace, imunizace
- mykorhizace

Specifické a pomocné metody

- posílení vitality, hnojení, stimulanty, roboranty
- šlechtění na odolnost, vertikální a horizontální odolnost
- likvidace vektorů původců chorob, odchyt, lákací pasti, lapače
- asanace pařezů, ošetřování ran

Systém integrované ochrany, integrované regulace či zvládnání škodlivých organismů – systém komplexní ochrany

Co je potřeba znát pro účinnou ochranu na příkladu sypavky borové

A závěrem jeden konkrétní příklad jako ilustraci, co všechno musí předcházet, aby byla úspěšně zvládnána jedna z nejzávažnějších chorob mladých stadií borovice lesní i řady dalších druhů borovic – sypavka borová. Největší škody působí ve školkách a v plantážích vánočních stromků. Lesní hospodář nebo školkař či majitel plantáže se podívá do metodik a aplikuje v příslušných termínech doporučený účinný fungicid v předepsané dávce a koncentraci. Ale aby bylo možno vypracovat spolehlivou a účinnou metodiku ochrany, bylo nutné podrobně prostudovat všechny okolnosti výskytu této choroby a získat všechny potřebné údaje a podklady, zejména

- rozlišit sypavku fyziologickou a infekční onemocnění
- zjistit, která houba působí infekční onemocnění, její přesné určení
- zjistit biologický cyklus původce onemocnění, kritické období infekce, kdy a za jakých podmínek k infekci jehličí dochází, v jakých fenologických fázích hostitele – borovice
- určit význam anamorfních a teleomorfních plodnic parazitické houby pro infekci, tedy význam konidií a askospor
- zjistit možnosti rozlišování jednotlivých druhů původců onemocnění dle příznaků, které je možno rozeznat pouhým okem nebo lupou
- zjistit, jak se sypavka pozná v různých stadiích infekce a onemocnění jehlic, kdy se objevují první příznaky infekce
- vybrat vhodné fungicidy a experimentálně ověřit jejich účinnosti, zpracovat podklady pro registraci nově zkoušených přípravků, zjistit nejvhodnější a nejúčinnější koncentrace, dávek, termínů fungicidních aplikací, počtu opakování, vnější podmínky pro jejich účinnost a trvalost (experimentální práce především v terénu, ale i v laboratoři, kde se zjišťuje účinnost fungicidů na čisté kultury houbového původce onemocnění)
- zhodnotit možnosti použití infikovaných sazenic pro výsadbu podle stupně jejich napadení a ztráty jehlic

Závěr

Tento příspěvek upozorňuje na nejdůležitější kritéria, která by měla být vždy brána v úvahu, když se jako odborní lesní hospodáři rozhodujeme o použití jakéhokoliv obranného zásahu či opatření. K těmto kritériím odborného (biologického) charakteru samozřejmě přistupuje ještě nepominutelné kritérium ekonomické, rozhodování, zda obranný zásah zabrání škodám nebo alespoň přinese jejich očekávané podstatné snížení, zda ekonomické snížení škod převyšuje náklady na obranné opatření. K tomu právě by měla sloužit i uvedená kritéria, zejména prognóza případného šíření škodlivého organismu a prognóza očekávaných škod. A ještě bych chtěl doplnit jedno kritérium. Jestliže v některém příspěvku či metodice uvádíme doporučení obranného zásahu, např. proti sypavce nebo proti padání semenáčků, tak je samozřejmě, že lesní hospodář je použije pouze tam, kde hrozí škody nebo kde se ta která choroba každoročně vyskytuje v intenzitě vedoucí ke škodám. A je překvapující, že i v tak běžně používaných a dlouhou dobu propagovaných metodách ochrany proti nejdůležitějším škodlivým činitelům se někdy setkáváme s nedostatečnými znalostmi, zejména v technologických postupech, nebo s jejich nedodržením, což pak nutně vede k selhání nebo k nedostatečné účinnosti obranného zásahu. A to byl jeden z důvodů, proč jsme tuto lesnickou společenskou akci, již 29. setkání lesníků tří generací, zaměřili po stránce odborné náplně na praktickou ochranu lesa, a budeme velmi rádi, když tato aktuální tematika vyvolá i bohatou diskusi.

Adresa autora:

*Ing. Vlastislav Jančařík, CSc.
VÚLHM Jíloviště-Strnady
156 04 Praha 5 – Zbraslav*

INTEGROVANÁ OCHRANA – TEORIE A PRAXE

EMANUEL KULA

Les je v pojetí moderní systémové ekologie považován za složitý systém, který je nepřetržitě ovlivňován četnými abiotickými, biotickými a antropogenními faktory, jejichž negativní působení eliminuje vlastními autoregulačními mechanismy. Základním předpokladem pro zdárný vývoj lesních porostů schopných plnit všechny společensky zadané funkce je udržení ekologické stability lesních ekosystémů. Nástroje k naplnění tohoto úkolu v dlouhodobém horizontu existence lesních porostů má hospodářská úprava lesů, pěstování lesů a ochrana lesa; jejich aplikace je základní povinností lesnické praxe. Integrovaná ochrana lesa představuje široký komplex opatření, jejichž systematické a citlivé uplatnění vytváří podmínky pro vysokou obranyschopnost lesních porostů proti škodlivým činitelům a pro inhibici jejich škodlivého působení.

Integrovaná ochrana lesa proti hmyzím škůdcům

Narušení životního prostředí aplikací pesticidů bylo podnětem k vytvoření „integrovane ochrany rostlin“, která byla nejdříve aplikována do podmínek sadů a následně rozšířena na pěstování všech kulturních rostlin včetně lesních porostů.

Integrovaná ochrana rostlin před škodlivými činiteli vychází ze zásad formulovaných SMITHEM (1963), že postavení škůdce nesmí být hodnoceno izolovaně, ale v komplexu ekosystémových vazeb k ostatním biotickým složkám představujícím potravní konkurenci (komplex doprovodných škůdců), přirozenému odporu prostředí (parazitoidi, predátoři, patogeni, nemoci), kvalitě potravního zdroje (vitalita živné rostliny), aktuálním porostním podmínkám (odolnostní potenciál), abiotickým a antropogenním faktorům omezujícím nebo podporujícím rozvoj škůdce.

V širším pojetí mohou být obranná opatření integrovane ochrany členěna dle účinku i počátku účinnosti na dlouhodobá, střednědobá a krátkodobá. Dlouhodobým opatřením je úprava dřevinné skladby tak, aby se přiměřeně snížila potravní nabídka škůdci. Mezi střednědobá opatření patří posílení tlaku na škůdce cílenou podporou predátorů, patogenů aj. Tato opatření se obvykle provádějí v období latence škůdce a mají za cíl posílit odolnostní potenciál a tím snížit gradační možnosti škůdce a překročení prahu hospodářské škodlivosti (tj. populační hustoty škůdce, kdy dochází ke vzniku škod, které převyšují náklady na provedení obranného zásahu). V případě, že hrozí nebo již došlo k překročení prahu hospodářské škodlivosti, provede se krátkodobé opatření, kterým je obranný zásah.

Nezbytná obranná opatření jsou vedena ke snížení populační hustoty škůdce pod prah hospodářské škodlivosti, přičemž nesmí být narušen vztahový komplex ochraňovaného ekosystému. Ke komplexnímu poznání škůdce napomáhá Schwerdtfegerova integrovane teorie populační dynamiky živočichů, která vychází z předpokladu, že systém setrvává ve stacionárním stavu působením negativní zpětné vazby.

V integrovane ochraně lesa je nezbytné nejprve vymezit postavení gradujícího škůdce a na základě existujících znalostí bionomie a etologie, aktuálních stanovištních podmínek lze vypracovat postup jeho zvládnutí s hodnocením dopadu na ekosystém. Teprve potom je možno uvažovat o prahu hospodářské škodlivosti, přičemž je nutno vzít v úvahu:

- ztráty na přírůstu působené defoliací nebo jiným poškozením narušujícím normální fyziologický stav dřevin
- vliv na mimoprodukční funkce lesa, zvláště ochrannou a rekreační
- vliv chemického zásahu na ekosystém, zkrácení amplitudy populační dynamiky škůdce a selekci s negativním působením na komplex přirozených nepřátel škůdce
- náklady na hubení škůdce

Předpokladem přesného stanovení prahu hospodářské škodlivosti je detailní znalost fungování ekosystémových vazeb, která dosud není na odpovídající úrovni poznání. Při zaměření na jednotlivé škůdce nalézáme množství nevyřešených problémů a otázek. Pro fytofágy je hodnocení prahu hospodářské škodlivosti nejdostupnější, neboť obranná opatření jsou nejlépe propracována, mají relativně malé dopady na necílové organismy a jsou nákladově přijatelná. Hmyz lze dle škodlivosti rozdělit do následujících skupin:

- druhy, jejichž pokračující gradace vždy vede k rozvrácení porostů
- druhy, které působí dlouhodobé ztráty na přírůstu nebo proedování porostů
- druhy, které působí krátkodobé snížení přírůstu
- druhy, které působí škody zejména na mimoprodukčních funkcích
- druhy bez hospodářského významu

Do první skupiny patří škůdci uvedeni ve vyhlášce MZe č. 101/1996 Sb. v platném znění jako kalamitní – bekyně mniška, lýkožrout smrkový, lýkožrout lesklý, ploskohřbetky (smrková a severská), obaleč modřínový a klikoroh borový. Lokálně se takto škodlivě mohou projevit na mladých lesních porostech i chroust obecný, chroust maďalový a lýkohub dřvař, u dospělých porostů pak lýkožrout severský na smrku a lýkožrout vrcholkový na borovici.

Do druhé skupiny lze zařadit zejména druhy působící opakované žíry na asimilačních orgánech, vyvolávající de-

formace kmene poškozováním pupenů mladých lesních porostů či zpomalující růst sáním, nebo druhy podkorního hmyzu, které při přemnožení působí odumírání jedinců v porostech, aniž by docházelo k jejich celkovému rozvrácení.

Ve třetí skupině jsou především listožraví zástupci, kteří defoliací působí krátkodobé snížení přírůstu. Zásah připadá v úvahu pouze při souběžném působení s dalšími škodlivými činiteli.

Čtvrtá skupina zahrnuje druhy, u kterých se provedení zásahu předpokládá především z jiných než hospodářských důvodů (např. hygienických, rekreačních, estetických apod.).

V případě potencionálních obranných zásahů se můžeme jen výjimečně uchýlit k biologické obraně a většinou je nutno využít některý z chemických prostředků. Potom v souladu se zásadami integrované ochrany lesa je třeba při použití pesticidů respektovat následující podmínky při hubení škůdce:

- pesticidy používat jen v krajním případě
- volit takové pesticidy, které by nejméně škodily ekosystému i člověku
- přesně vymezit plochu pro ošetření porostů
- termín ošetření načasovat s ohledem na citlivost škůdce, jeho vývoj a výskyt jeho přirozených nepřátel, u houbových patogenů s ohledem na dobu infekce
- používat výkonnou a spolehlivou aplikační techniku, která umožní snížení objemu postřikové kapaliny při aplikaci a zachování dokonalé pokrývnosti postřikovou kapalinou
- kontrolovat dodržování zásad integrované ochrany a evidovat aplikaci pesticidů a jejich efektivitu doloženou zjištěným výskytem škodlivých činitelů

Úžití pesticidních přípravků je v integrované ochraně považováno za krajní mez, jejímuž překročení je nezbytné předcházet v rovině prevence využíváním vhodných fyzikálních a biotechnických metod ochrany podporujících složky přirozeného odporu prostředí, preferováním biologické ochrany, využíváním vhodných agrotechnologií k dosažení potřebné vitality stromů, respektive jejich odolnosti k napadení chorobami a škůdci.

V současné době byla vyvinuta řada přípravků, které jsou šetrné k životnímu prostředí. Jsou to např. hormonální, bakteriální i virové přípravky. Známá je souběžná aplikace chemických a biologických prostředků, kdy subletální dávka insekticidu oslabí škůdce, který se stane vnímavější pro infekci bakteriemi nebo virem. Používá se částečné ošetření napadených ploch formou zebrovité aplikace, při níž se střídají pruhy ošetřené s neošetřenými. Realizace je podmíněna volbou termínu, ve kterém mohou být v maximálním rozsahu ušetřeni přirození nepřátelé atakovaného škůdce. Přirození nepřátelé opouští ošetřené pásy, kde jsou škůdci zahubeni a soustřeďují se do neošetřených částí porostu, kde nachází potravu a eliminují škůdce. V některých případech lze využít i nástřik toxických pruhů na kmeny stromů, které ohrožují hmyzí škůdci (housesky bourovce borového, samice ploskohřbetky smrkové). Vrcholným požadavkem integrovaného boje s hmyzími škůdci je vyloučení použití insekticidních přípravků.

Model integrované ochrany na příkladu klikoroha borového

Lesnické veřejnosti není třeba uvádět popis a bionomii klikoroha borového (*Hylobius abietis*) – kalamitního zástupce škodícího žírem imag na jehličnatých výsadbách a vyvíjejícího se v larválním stadiu na kořenovém systému pařezů.

Mezinárodní výzkum vedený prof. Eidmannem (1955 – 1962), přestože přispěl k poznání bionomie, etologie a ekologie klikoroha borového, byl omezen po dobu 10 let, kdy pro eliminaci škod byly zvoleny vysoce efektivní a levné přípravky obsahující DDT či HCH. Zákazem jejich použití (1970 – 1971) ve Skandinávii začíná nová etapa eliminace škod klikorochem borovým na zásadách integrované ochrany, které jsou shrnuty do pěti okruhů:

1) Vyvarování se koincidence výskytu sazenice a klikoroha

- *Přirozená obnova* – postupným uvolněním porostu vzniká omezený počet atraktivních pařezů a náletem vitální podrost, který pozdějšímu napadení odolává.
- *Pasečný klid* – odklad zalesnění do odeznění atraktivity pařezů a emigrace nově se líhnoucích populací (1 – 2 roky). Průvodní jevy – ztráta na produkci a zabuření pasek, v kalamitní oblasti s klikorochem eliminace neefektivních nákladů na zalesňování.
- *Těžební postupy* – pozdními těžbami či nepřizpůsobením těžeb znesnadnit orientaci dospělcům při vyhledávání disponibilních ovipozičních míst, preferováním maloplošného způsobu obhospodařování, výběrného typu lesa narušit ekologické podmínky pro vývoj především larev klikoroha borového.

2) Narušení orientace imag na pasekách

- *Atraktanty* – látky přirozené (větvíčka, svazek výhonů) nebo syntetické soustřeďující brouky do odchytových zařízení (zemní pasti, kůry aj.). Efektivitu snižuje zpravidla dostatek přirozeně dostupné potravy, možnost úniku z pasti, neexistence látky s vyšší atraktivností než přirozené zdroje s dvou- až tříměsíční účinností.
- *Repelenty* – zatím existují látky s krátkodobou účinností, které by mohly chránit sazenici, ale neeliminují populaci.
- *Feromony* – existují, účinnost na krátké vzdálenosti a pro praktické využití se nejeví jako vhodné.

3) Přerušení vývojového cyklu

- *Atraktivita pařezu* – odkornění nadzemní části pařezu po provedené těžbě urychluje vysychání, intoxikace pařezu a kořenů není možná, repelenty neexistují.
- *Klučení pařezů* – pozitivní vliv na omezení populace až na 30 % původního stavu, nákladné, může to být jako průvodní pozitivní efekt technologie přípravy půdy v rovinách a na písčích nebo zpracování pařezové hmoty (Švédsko).

4) Redukce populační hustoty

- *Pasti s návnadou* – tradiční kontrolní a obranná metoda s mnoha variantami, založená na existenci otrávené návnady, obranná funkce zajištěna zvýšeným počtem pastí.

- *Biologický boj* – přirození nepřátelé ze skupiny háďátek – Nematoda (*Steinernema carpocapsae*), výzkum aplikace zálivkou při bázi pařezu, po proniknutí háďátka do larvy klikorooha nastane rozvoj bakterií a do 48 hodin úhyn hostitele (aplikace entomofágních houbových patogenů – Boverol – nebyla realizována v praxi).

5) Ochrana sazenic

- *Pěstební postup* – kultivace půdy, eliminace buřeneš, užití silnějších sazenic BO 2/0, SM 2/2 a vyšších počtů sazenic na 1 ha zalesňované plochy, těžební postupy od severu (Wagnerova clonná seč, paseka ve stínu o šíři max. 16 m, chladno zpomaluje vývoj larev v pařezu a zvyšuje se mortalita). Umístění paseky J(JZ) – S(SV) na jižních a JZ svazích a rovinách se projevuje 10 – 13krát vyšší abundancí než na zastíněných pařezech.
- *Chemická ochrana* – postřik před vyzvednutím ve školkách, máčení před výsadbou, kurativní postřik po výsadbě v případě napadení (prostředky dle seznamu povolených přípravků).
- *Mechanická ochrana* – plastové límce, punčošky.

Příklad integrované ochrany horských smrkových lesů proti biotickým činitelům

Podkorní hmyz

Podkorní hmyz, zastoupený kalamitními a gradačně významnými druhy (*Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, *Polygraphus poligraphus*, *Ips amitinus*), představuje rozhodující biotickou složku, jejíž populační hustotu pod prahem hospodářské škodlivosti lze udržet vzájemně propojeným komplexem preventivních a supresivních opatření.

1) Preventivní opatření

- *Hospodářsko-úpravnická* – spočívají v nenavrhování rozsáhlých smrkových monokultur v rizikových územích. Typologický průzkum umožňuje indikovat vazby mezi ekologickými poměry reprezentovanými lesními typy a výskytem škůdců (bekyně mniška ohrožuje smrk v *Querceto-Fagetum* a *Fageto-Quercetum*; borovici v *Pineto-Quercetum*; lýkožrout smrkový smrk ve *Fagetum pauper*, *Fagetum typicum*, *Abieto-Fagetum*, *Fageto-Abietum*).
- *Pěstební* – zajišťují správnou volbu a zastoupení dřevin s minimalizací smrku v rizikových stanovištích, provenienčně vhodný sadební materiál, citlivou a včasnou výchovu s dosažením odpovídajícího stíhlostního kvocientu a tím snížení rizik poškození abiotickými činiteli, eliminaci atraktivní dřevní hmoty v době rojení kůrovců při výchovných zásadách, členitost biocenózy; podporují tím schopnost ekosystému tlumit hromadný výskyt biotických škodlivých činitelů. Hnojení lesních porostů představuje potencionální podporu obranyschopnosti porostů vůči škůdcům.
- *Ochranářská* – udržují porostní hygienu včasným zpracováním živelných kalamit i těžebního odpadu, mini-

malizují množství atraktivního dřeva pro kůrovce odvozem z porostů nebo asanací, monitorují populační hustotu hlavních druhů podkorního hmyzu uplatněním klasických kontrolních nástrojů (lapák, lapač, kalamitní základ), vymezují rizikové oblasti na základě historických údajů lesnické evidence.

2) Supresivní opatření ochranářská

- Systematické zjišťování početního stavu kůrovců, vyhledávání a odstraňování kůrovcových stromů, přesné evidování kůrovcové nahodilé těžby a stanovení kalamitního základu.
- Odchyt kůrovců (*I. typographus*, *P. chalcographus*) pomocí lapacích zařízení, jejichž stanovení je dáno kalamitním základem a následně počtem odchycených kůrovců.
- Kladení klasických lapáků a jejich asanace, při souběžném odstraňování atraktivní hmoty po těžbě a nalétnutého materiálu s uplatněním přijatelných, šetrných ekologických postupů (odkornění, rozřezání, pálení nebo ULV aplikace citlivých insekticidů).
- Využití dřeva z polomových situací na lapáky s následnou včasnou asanací odvozem, odkorněním, případně ošetřením pesticidy s ULV aplikací.
- V imisních oblastech klást lapáky i na lýkohuba matného (*P. poligraphus*).

Zvěř

Především zvěř jelení se řadí k významným biotickým škůdcům horského lesa, s negativním dopadem na kultury a mlaziny (okus) a starší porosty (ohryz a loupání). Nejvíce jsou ohrožené polohy 6. - 7. LVS.

1) Preventivní opatření

- *Hospodářsko-úpravnická* – jsou cílena na změnu půdní reakce (snížení kyselosti) zvýšení diverzity bylinného podrostu, zastoupení okusových dřevin (jeřáb, osika), podrostní a výběrový způsob hospodaření.
- *Pěstební* – preferují přirozenou obnovu, pěstování smrku v uvolněném zápoji, realizaci probírkových a těžebních zásahů v zimním období, s vyznačením a ochranou nadějných jedinců v probírkových porostech.
- *Myslivecká* – zajišťují regulaci kmenových stavů, podporují přirozenou biologickou regulaci odpovídající ochranou přirozených nepřátel, příkrmování zvěře je situováno mimo les nebo do neatraktivních kmenovin s odstupem 300 m od porostů zvěří ohrožených, realizace na více lokalitách snižuje nebezpečí koncentrace zvěře.

2) Supresivní opatření

- K omezení vzniku škod se užívá cíleně široká škála přípravků a prostředků, které se diferencují pro růstovou fázi:
 - nárostů, kultur a mlazin (zelené, suché ovazování, plastové pletivo, PVC spirály a chrániče, vlna, koudel aj., zábrany kolem sazenic, oplocenky, repelentní přípravky na letní a zimní okus – dle seznamu povolených přípravků)

- tyčkovin a tyčovín (suché ovazování, plastové pletivo, repelentní přípravky na zimní ohryz a loupání – dle seznamu povolených přípravků)

Buřň a nežádoucí vegetace

Travní a bylinný podrost a křovinná vegetace omezují významným způsobem přirozenou i umělou obnovu horských lesů. Především se jedná o kalamitní holiny, imisní polohy s rozpadajícími se porosty a přestárlé porosty se sníženým zakmeněním.

1) Preventivní opatření

- *Hospodářsko-úpravnická* – upřednostňují podrostní a výběrný hospodářský způsob, maloplošný, předčasnou obnovu rozvrácených porostů.
- *Pěstební* – ovlivňování světlostních poměrů v nezabuřených porostech, podpora přirozené obnovy s přípravou půdy v období semenného roku, příprava půdy pro umělou obnovu a její rychlé provedení, použití kvalitního, provenienčně vhodného sadebního materiálu, prodloužená péče o kulturu.
- *Ochranářská* – trvalá ochrana před škodlivými dopady buřně a ostatními škodlivými činiteli, jejichž výskyt je podporován buřením (drobní obratlovci). U hlodavců (norník rudý, hraboš mokřadní a polní), kteří působí škody na kulturách, lze dobře uplatnit práh hospodářské škodlivosti. V současné době dochází k jeho překročení zejména na kalamitních plochách zarostlých buřením, problematická jsou rovněž rozhraní mezi lesem a nedostatečně udržovanými zemědělskými pozemky.

2) Supresivní opatření

- *Technická* – okopávání sazenic, ožínání, vyřezávání keřů, výmladků
- *Chemická* – herbicidy na přípravu půdy pro přirozenou obnovu, pro umělou obnovu a ochrana kultur a nárostů před buřením dle seznamu povolených přípravků

Houboví patogeni

Působením houbových onemocnění klesá vitalita dřevin a dochází i k jejich úhynu, technickému znehodnocení dřevní hmoty a především se snižuje stabilita porostů k působení abiotických činitelů (*Armillaria ostoyae*, *Heterobasidion annosum*, *Stereum sanguinolentum*), souběžně mohou působit některá onemocnění. Využití fungicidních přípravků je soustředěno a propracováno na dobré úrovni zejména ve školkařských provozech. V lesních porostech je využíváno v minimálním rozsahu (například proti sypavce borové, padlí dubovému).

1) Preventivní opatření

- *Hospodářsko-úpravnická a pěstební* – soustřeďují se na zvyšování podílu listnáčů na úkor smrku v ohrožených lokalitách, omezení výsadby jehličnanů v blízkosti pařezů infikovaných václavkou; výchovnými zásahy eliminovat napadené stromy a preferovat zdravotní výběr, u silně napadených porostů snížit dobu obmýti a pro-

vést obnovu se změněnou dřevinnou skladbou, při výsadbách smrku uplatnit širší spon.

- *Ochranářská opatření* – spočívají v omezení mechanického poškození kmene a kořenových náběhů, v případě jeho vzniku následuje bezprostřední ošetření vhodnými fungicidy, shodně se postupuje při eliminaci poškození ohryzem a loupáním, u jedinců s příznaky tracheomykózního onemocnění se likvidují zasažené části pálením.

2) Supresivní opatření

Vzhledem k neexistujícím celoplošným metodám přímého boje lze v lesních porostech uplatnit pouze nepřímé metody obrany, kdy se preferuje při zalesňování kalamitních lokalit a při vylepšování užití obalovaných sazenic ošetřených biopreparáty, prostokořených sazenic máčených před výsadbou v suspenzi biopreparátu; při lokálním výskytu lze aplikovat biopreparáty kolem báze kmínků.

3) Stabilizačně-revitalizační opatření

Úpravou půdních podmínek, kdy se snižuje zakyselení a posiluje se fyziologická aktivita dřeviny hnojením na list, přičemž složení hnojiva se řídí půdními rozbory. Zpravidla se dodává bór, vápník, dusík, molybden, zinek.

Závěr

Ochranářský průzkum, který je součástí prací na lesních hospodářských plánech, poskytuje kromě jiného přehled o výskytu škůdců v minulosti, o jejich gradacích i plošném rozšíření, o ostatních činitelích a celkově hodnotí zdravotní stav porostů. Má ústít v ochranářskou typizaci porostů a ochranářské směrnice pro časovou a prostorovou úpravu lesů. Integrovaná ochrana lesa je nejvíce propracovaná ke zvládnutí škodlivého hmyzu, ale významný posun lze očekávat v lesnické fytopatologii, zvláště v ochraně školek a výsadeb. Vytvoření integrované ochrany lesa jako celku, zahrnující všechny škodlivé činitele, je obtížné. Míra integrace je závislá na úrovni propracování dílčích integrovaných přístupů k eliminaci působení škodlivých činitelů. Jedním z předpokladů je, že lesní hospodářství bude pracovat na úrovni lesních ekosystémů. Poté systematické sledování procesů v lesních ekosystémech umožní včas rozpoznat příčiny a nástup aktivizace škodlivých činitelů a vypracování opatření k jejich tlumení.

Ochrana lesa se musí uplatnit ve fázi projektování zakládání porostů a musí být respektována jako profilový obor. Současně musí s ostatními obory vytvářet komplex opatření, která na sebe navazují, podporují se ve výstupech a jako celek naplňují zásady integrované ochrany lesa.

Vybraná literatura

- BUREŠ S. 1990: *Uplatnění ptactva v integrované ochraně dubin před listožravými škůdci*. Autoreferát KDP, VŠZ v Brně, 21 s.
- DELUCHI V., KERN H. 1981: Integrated plant protection principles and possibilities. *Schweizerische Landw. Forschung*, 20 (4): 485-494
- EIDMANN H. H. 1985: Silviculture and insect problems. *Zeitschrift f. Angewandte Entomologie*, 99(1): 105-112
- NOVOTNÝ J. et al. 2003: Integrovaná ochrana horských lesov – výsledky výzkumu. Sb. *Aktuálne problémy v ochrane lesa, Banská Štiavnica 24. – 25. 4. 2003*, LVÚ Zvolen, 96-120.
- KŘÍSTEK J. 1976: Integrovaná ochrana lesů. *PGS VŠZ Brno*, 178-191
- PŮLPÁN L. et al. 2004: *Ochrana lesních ekosystémů proti škodlivým faktorům*. Projekt MZe ČR, 13 s.
- STOLINA M. 1967: Prínos lesníckej typologie pre ochranu lesov. *Mez. ved. konf. Zvolen*, 18. - 22. 9. 1967, 14 s.

Adresa autora:

Prof. Ing. Emanuel Kula, CSc.
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav ochrany lesů a myslivosti
Zemědělská 3, 613 00 Brno
kula@mendelu.cz

ÚLOHA PESTICIDŮ V OCHRANĚ LESA

PETR ZAHRADNÍK

Úvod

Již od počátku civilizace se člověk snažil zlepšovat své životní podmínky. Začal proto také bojovat proti škůdcům, kteří mu snižovali úrodu. Pravděpodobně prvním pesticidem byla síra, která se pro hubení hmyzu užívala již před rokem 1000 př. n. l. O využití oxidu siřičitého jako fumigantu se zmiňuje již Homér. Plinius v roce 79 n. l. doporučoval jako účinný insekticid arsenik. K němu se vrátili až ve středověké Číně. V 17. století se objevil poprvé na scéně biologický přípravek – nikotin, který jen tak mimochodem prožívá v současné době určitou renesanci (přípravky na bázi neonicotinoidů). Všechny tyto přípravky byly používány v zemědělství, k zabezpečení produkce potravin. V ochraně lesa byl zřejmě prvně použit chlorid rtuťnatý (1705), a to konkrétně k ochraně dřeva. Značný rozvoj využívání pesticidů nastal pak až zhruba v polovině 19. století. Vedle řady organických látek (síra, arsen, rtuť, vápno) se používaly již i přípravky na biologické bázi, a to konkrétně rotenon (výtažek z kořenů derrisu) a pyrethrum (výtažek z květů chryzantém – předchůdce dnešních pyrethroidů). Počátkem 20. století svoji úlohu pro rozvoj pesticidů sehrál rozvoj železnice – potřeba ochránit pražce před houbovými chorobami – využity zde byly zejména soli mědi, zinku a rtuti a rovněž kreosol. Ve stejné době se k hubení dřevokazného hmyzu, např. červotočů, používal plynný kyanovodík (CREMLYN 1985).

První herbicid se objevil zřejmě v roce 1896 ve Francii, kdy si jeden vinař všiml, že bordóská jícha, kterou používal pro ošetření vinic, způsobuje černání listů hořčice, rostoucí v blízkosti.

Bez zajímavosti jistě není ani to, že proti přemnožené bekyni mnišce byl na Těšínsku letecky aplikován arsenový prášek (KOMÁREK 1931). Není to sice první použití letecké aplikace v ochraně lesa, jak se někdy tvrdí, avšak nečetné pokusy jak v USA, tak i v Německu se vždy týkaly pouze porostů v rovinném terénu, zatímco u nás to poprvé bylo v nerovném terénu pahorkatin a podhůří. Velmi podrobnou, a i dnes velmi zajímavou zprávu o této letecké aplikaci (např. i včetně jmen pilotů) je možné nalézt již v citované práci KOMÁRKA (1931).

Převratem v používání insekticidů byl objev DDT v roce 1939, který měl zásadní vliv i na ochranu lesa. Další významnou skupinou insekticidů byly organofosfáty, jejichž počáteční rozvoj souvisel s vojenským výzkumem nervových plynů. V roce 1947 se objevily rovněž první karbamáty (carbaryl). Jedním z posledních velkých skoků bylo zavedení syntetických pyrethroidů v 70. letech.

Ve 40. a 50. letech se však rozvíjely významně i další skupiny pesticidů. V roce 1943 byla objevena herbicidní

účinnost fenoxycetových kyselin, které jsou rozváděny cévním systémem. Až do objevu glyphosatu patřily mezi nejpožívanější a nejbezpečnější účinné látky mezi herbicidy a i dnes jsou stále značně rozšířené.

Mezi fungicidy byl předelový počátek 50. let, kdy se objevil captan, rovněž dodnes používaný.

Tento malý přehled historických souvislostí je ukázkou dynamických změn, které na úseku chemické ochrany lesa mají stále dynamičtější charakter, mající jeden jasný cíl – minimalizaci negativních účinků pesticidů s ohledem na ochranu životního prostředí. K tomuto cíli směřuje i stále se rozšiřující okruh biologických přípravků, i když se u nich projevují rovněž určité negativní dopady, jako je např. vysoká ekonomická náročnost, komplikace při aplikaci a zpravidla i nižší účinnost.

Insekticidy

Podkorní hmyz

Z pohledu používání insekticidů patří jejich použití proti podkornímu hmyzu, konkrétně pak zejména proti lýkožroutu smrkovému – *Ips typographus* (L.) svým objemem k nejvýznamnějším. V průběhu kůrovcové kalamity 1983 – 1988 bylo napadeno l. smrkovým a některými doprovodnými druhy celkem 6 650 tis. m³ smrkového dřeva (LIŠKA et al. 1991). V tomto období bylo téměř veškeré napadené dříví ošetřeno insekticidy, především v té době již používanými syntetickými pyrethroidy, které vytlačily jak penetrační přípravky (např. Ropelin, Ipsotox), tak i nepenetrační přípravky s účinnou látkou lindan (např. Emdelit). Při používané dávce 5 – 8 l/m³ a při používané 1% koncentraci to znamenalo použití 332,5 – 532 tis. litrů insekticidů k asanaci kůrovcového dříví, tj. ročně v průměru zhruba 72 tis. litrů. V současné době je podle dostupných údajů chemicky asanována pouze asi polovina napadeného kůrovcového dříví. Průměrně bylo v letech 1997 – 2003 ošetřeno 377 m³ ročně (s ohledem na fakt, že v posledních letech byl l. smrkový v základním stavu a teprve v letech 2003 – 2004 se opět dostal do gradace); při stejné dávce 5 – 8 l/m³ a 0,5% koncentraci (u řady novějších insekticidů byla dávka snížena) bylo aplikováno přibližně pouze 19 – 30 tis. litrů insekticidů, tj. zhruba 30 % proti předchozímu sledovanému období. Je tedy i v této skupině dnes nejpoužívanějších insekticidů patrný značný pokles objemu.

I aplikace a aplikační technika prodělaly značný vývoj. Stále převažuje aplikace zádovými postřikovači, což je logické, i když došlo k jejich technické inovaci, umožňující přesnější a úspornější aplikaci. Bohužel se již nepoužívá „česká specialita“ pocházející z Anglie – elektrodynamická aplikace. Byla sice velmi náročná na technologickou kázeň, ale přinesla i významné úspory v používaných přípravcích a byla i z dalších hledisek velmi výhodná – k aplikaci stačil pouze lehký přístroj – elektrodynamická hůl a láhev insekticidu (bozzle). Neuchytila se letecká aplikace insekticidu proti kůrovcům nebo preventivní ošetřování porostních stěn před náletem pomocí teplého aerosolu přístroji Swingfog či Igeba, nebo studeného aerosolu přístrojem Leco HD. Tyto aplikační metody byly zavedeny počátkem kůrovcové gradace v 80. letech buď pouze po krátkých pokusech bez důkladného vyhodnocení, nebo dokonce bez předběžného testování. Teprve následné pokusy pak potvrdily velmi nízkou nebo dokonce žádnou účinnost těchto metod.

I když se ve všech publikacích posledních let nedoporučuje dříve běžně používané preventivní ošetřování atraktivního dříví (např. ZAHRADNÍK 1994, 2001), je více než s podivem, že se stále používá! JANAUER et al. (2004) na základě hodnocení odpovědí respondentů uvádí, že z celkového podílu ošetřené dřevní hmoty připadá něco přes polovinu na asanaci, zhruba čtvrtina na přípravu otrávených lapáků a zbytek na preventivní ošetření atraktivní hmoty. Přitom z hlediska ochrany lesa je tento způsob zcela neefektivní a tudíž zbytečný a navíc i neekonomický. Hromadný nálet je totiž způsoben agregačními feromony, které na otrávených lapácích jsou uvolňovány z vyvěšených feromonových odparníků a na neošetřených kmenech je uvolňován v prvopočátku pionýrskými brouky, nalétými na kmen (po několika hodinách až dvou dnech). Ti způsobí pak hromadný, masový nálet na kmen. Jestliže však kmen ošetříme, pionýrství brouci uhynou dříve než začnou produkovat agregační feromony a masový nálet nezačne. Dříví sice není napadené, ale lýkožrouty nezahubíme, ti nalétnou jinam. Proto pokud se přesto přistoupí k preventivnímu ošetření dříví, je nejen vhodné, ale nutné vyvěsit na něj feromonové odparníky, čímž pak vlastně plní funkci otrávených lapáků.

Vlastní asanace spočívá, jak je známo, v celopovrchovém ošetření postřikovou jíchou. K asanaci jsou používány převážně syntetické pyrethroidy. Emulzní koncentráty, používané běžně ještě před 10 – 15 lety, byly nahrazeny jinými formulacemi, které jsou při stejné dávce déle účinné, takže při zachování stejné účinnosti bylo možné zaregistrovat nižší dávky. Při dodržení správného technologického postupu jsou současné přípravky účinné minimálně 8 – 10 týdnů (ZAHRADNÍK 1997). Zde je nutné si však připomenout, že žádný ze stávajících přípravků není penetrační. Při asanaci i při použití na otrávených lapácích se projevuje požerový účinek insekticidu. Rychlost uhynutí brouka je závislá na množství zkonsumované účinné látky (při vykousávání se z podkůry nebo zakousávání se pod kůru). Toto množství je závislé (při použití stejné dávky a koncentrace) na době, která uplynula od aplikace. Účinná látka všech syntetických pyrethroidů se rozkládá vlivem povětrnostních jevů – teploty, srážek a částečně i účinkem světla. Jestliže tedy provedeme postřik těsně před výletem (náletem), brouci hynou

téměř okamžitě a my je můžeme nalézt ve výletových (závrtových) otvorech. S postupujícím časem se doba prodlužuje, a tak provedeme-li např. asanaci ihned po náletu, pak se brouci prokoušou a odlétnou, hynou teprve po několika hodinách. Jediní brouci, kteří přežívají, jsou ti, co použijí výletové otvory jiného brouka. To se stává při silném napadení poté, co brouci na místě svého vývoje provedou i úživný žír, čímž odstraní bariéry mezi jednotlivými larválními chodbami. Brouci v blízkém okolí jsou lákáni světlem pronikajícím výletovým otvorem a vylézají jím. Nejsou tak nuceni vykousat si vlastní výletový otvor, čímž nejsou kontaminováni insekticidem.

Listožravý hmyz

Listožravý hmyz si můžeme, s ohledem na použití insekticidů, rozdělit do tří základních skupin, a to na totální defoliátory jehličnanů, parciální defoliátory jehličnanů a defoliátory listnáčů. Zatímco u totálních defoliátorů jehličnanů (s výjimkou modřínu) je nutné při ohrožení silnými žíry a holožírky s ohledem na minimální regenerační schopnosti vždy použít postřik insekticidy, máme-li zabránit úhynu napadených stromů, pak u obou ostatních skupin máme určitou možnost volby. Dlouhodobé žíry sice ovlivňují přírůsty i zdravotní stav napadených stromů, ale neohrožují bezprostředně jejich existenci. Za určitých podmínek, jako je např. silná imisní zátěž a v jejím důsledku snížený počet ročníků jehlic, zásahy zpravidla provádíme; v ostatních případech to nebývá bezprostředně nutné. U defoliátorů listnatých dřevin pak provádíme zásahy pouze ve specifických případech, jako např. v genových základnách při potřebě zajištění produkce osiva. I při totální defoliaci totiž listnáče dobře regenerují a porosty neodumírají.

Výše uvedený přístup nebyl však používán vždy. Totální defoliátoři na jehličnanech, kterých je v našich podmínkách minimálně (nejvýznamnější a nejznámější je bekyně mniška – *Lymantria monacha* (L.)), se dlouhá léta na našem území nepřemnožili a nebýt rozsáhlé gradace na severu Polska a Německa v 80. letech (cca 8 mil. ha), žila by v našich vzpomínkách pouze jako historie rozsáhlá gradace b. mnišky ve 20. letech minulého století, která postihla značnou část smrkových a částečně i borových porostů Čech a Moravy, podle dostupných údajů 622 tis. ha (LIŠKA et al. 1991). V letech 1994 – 1996 však proběhla nová gradace na našem území a pouze díky včasnému a účinnému zásahu nenabyla větších rozměrů (ošetřeno bylo přibližně 30 tis. ha).

U parciálních defoliátorů jehličnanů a defoliátorů listnáčů ještě v 80. letech panovala jiná situace než v současnosti. V letech 1978 – 1983 bylo proti obaleči modřínovému ošetřeno celkem 80,5 tis. ha, tj. ročně přibližně 13,5 tis. ha (KALINA, SKUHRAVÝ a kol. 1985). Tento zásah v Jizerských horách a Krkonoších je stále mezi odbornou i laickou veřejností diskutován. Dále bylo v období 1979 – 1989 ošetřeno téměř 48 tis. ha smrkových porostů proti ploskohřbetkám rodu *Cephalcia* (převážně ploskohřbetka smrková – *C. abietis* (L.), v menší míře pak p. severská – *C. arvensis* (PANZ.) a p. černá – *C. alpina* (= *falleni*) (DALM.)), tj. v průměru necelých 4,5 tis. ha ročně. Proti pilatce smrkové (*Pristiphora*

abietina (CHRIST)) bylo za 10 let v období 1979 – 1988 ošetřeno 2 626 ha smrkových porostů, tj. zhruba 260 ha ročně. Zde se v tomto období používal zpočátku nejčastěji přípravek Evisekt S 50 SP v dávce 1 l/ha nebo později Dimilin 25 DP v dávce 0,5 l/ha. Celkovou spotřebu si může již každý snadno spočítat. V 90. letech a na počátku nového tisíciletí se již žádná ošetření proti ploskohřbetkám neprováděla a ošetření proti pilatkám na smrku se minimalizovala.

V listnatých porostech se provádělo ošetření dubových porostů proti píďalce zhoubné – *Erannis defoliaria* (L.), píďalce podzimní – *Operophtera brumata* (L.) a obaleči dubovému – *Tortrix viridana* (L.). V letech 1980 – 1989 bylo ošetřeno celkem 8 390 ha dubových porostů, tj. roční průměr cca 840 ha. Použit byl buď Dimilin 25 DP stejně jako u předchozí skupiny defoliátorů v dávce 0,3 – 0,4 l/ha nebo biologický preparát Bathurin 82 v dávce 0,5 – 2 l/ha a zcela výjimečně ještě i Actellic 50 EC v dávce 1 l/ha. V dubových porostech se však záhy přešlo plně na aplikaci biologických přípravků na bázi *Bacillus thuringiensis* spp. *kurstaki* a poté byly zásahy omezeny pouze na genové základny, kde se používají syntetické pyrethroidy kvůli okamžitému účinku, ovšem v rozsahu kolem 1 000 ha ročně (v letech 1994 – 1999). Od roku 2000 se žádné zásahy neuskutečnily (HOLUŠA et al. 2004).

Gradace parciálních defoliátorů na jehličnanech postupně odezněly a ošetření se tedy neprovádí. Poslední ošetření proti ploskohřbetkám rodu *Cephalcia* se uskutečnilo na rozloze zhruba 100 ha. Od té doby žádný zásah neproběhl (HOLUŠA et al. 2004). Poslední aplikace se proti pilatkám na smrku prováděly za využití insekticidů Trebon 10 F, resp. Trebon 30 EC a Dimilin 48 SC; v roce 2003 a 2004 se neprovedlo žádné ošetření ani zde.

Veškeré aplikace proti listožravému hmyzu v ochraně lesa se až na zcela výjimečné případy provádějí letecky. Letecké aplikace musí vedle vlastních technických parametrů splnit i řadu technických požadavků. Ve smyslu zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči s o změně některých souvisejících zákonů, je to především ohlašovací povinnost 48 hodin před zásahem obecním úřadům a některým dalším institucím s ohledem na použití přípravků a lokalizaci jeho použití. Do této lhůty se nepočítají dny pracovního volna a klidu. K aplikaci se používají vrtulníky i letadla.

Saví škůdci

Aplikace insekticidů proti savému hmyzu stojí v lesnictví na okraji zájmu. To má hned několik příčin. V prvé řadě význam savého hmyzu je minimální. Lesní dřeviny jsou sice savým hmyzem napadány relativně často, ale větší poškození zpravidla nevzniká. Významnější se mohou mšice, červci a roztoči uplatnit ve školkách nebo mlazinách. Komplikovaný cyklus vývoje, migrace mezi různými hostiteli, v průběhu roku i několikrát, a krytí těla voskovými vlákny nebo štítky u řady druhů značně snižují možnost účinného zásahu. Po té, co byly z obranných opatření vyloučeny insekticidy se systémovými účinky, které byly v případě savého hmyzu ideální variantou, se aplikace proti savému hmyzu téměř neprovádí. V případě nutnosti použití (školy, mladé

výsadby) se používá zpravidla poměrně velmi úzké spektrum insekticidů (v současnosti dva přípravky) zádovými postřikovači. Aplikace je v případě řady druhů vázána na relativně krátká jarní a podzimní období (někdy pouze dva týdny), kdy nejsou chráněny voskovými vlákny. V případě nutnosti se doporučuje konzultace s pracovníky Lesní ochranné služby VÚLHM.

Kortikolní hmyz

Nejvýznamnějším, a prakticky téměř jediným zástupcem kortikolního hmyzu je klikoroh borový – *Hyllobius abietis* (L.). V 80. letech minulého století poškození jehličnatých výsadeb tímto škůdcem kulminovalo a dosahovalo hodnot 20 – 35 tis. ha. Přitom ještě v 60. a 70. letech se roční rozsah poškození pohyboval v rozpětí kolem 10 tis. ha. Počátkem 90. let došlo k prudkému poklesu, takže v polovině 90. let dosáhlo úrovně 2,5 tis. ha (ZAHRADNÍK et al. 1996). A právě dlouhodobé používání preventivního ošetření sazenic syntetickými pyrethroidy je uváděno jako jedna z příčin tohoto prudkého poklesu.

Používání insekticidů proti k. borovému má dlouhodobou tradici. V 80. letech se preventivní ošetření jehličnatých sazenic proti klikorohovi stalo běžnou záležitostí, od které se upustilo teprve v polovině 90. let minulého století. Důvody byly nejen ekonomické, ale také to, že došlo k prudkému poklesu vykazovaných škod, což však mohlo mít i jiné příčiny (např. menší pozornost věnovaná kontrole nebo snížený objem těžeb holosečným způsobem). Dnes se preventivně ošetřené sazenice stále používají, avšak v minimálním množství.

Ošetření sazenic proti k. borovému se provádělo a provádí třemi základními způsoby. První z nich, který v prvo-počátku patřil mezi velmi významné a později jeho význam oslábl, je celozáhonový postřik před vyzvednutím. Výhodou je poměrně vysoká výkonnost díky použitelnosti mechanizace (nesené postřikovače), ale má i svoje nevýhody. Ne vždy je sazenice zcela dokonale ošetřena, a to zejména u kořenového krčku. To se týká především neškolkovaného materiálu. Druhou metodou je máčení sazenic po vyzvednutí, zpravidla v balících. I zde je účinnost relativně vysoká, avšak rovněž se může projevit nedostatečné ošetření sazenic uprostřed balíku. Dále zde hrozí, a to je velmi významné, kontaminace kořenového systému stékající jíchou. Na kořenovém systému se u používaných insekticidů projevují jejich fyto toxické účinky. Rovněž nesmí být máčeny již narašené sazenice (ale to se týká i ostatních způsobů ošetření). Poslední metodou je využití individuálního postřiku již vysazených sazenic, a to buď preventivně, což není příliš používané, nebo kurativně, ihned po zjištění škod, což je zejména v současnosti často preferovaná metoda.

Nevýhodou všech preventivních ošetření je jednak ekonomická nákladnost, kdy můžeme zbytečně používat ošetřené sazenice i tam, kde klikoroh škody nezpůsobí, jednak neschopnost ochránit sazenice po celé vegetační období; zpravidla je nutné v pozdním létě ošetření opakovat. I toto jsou důvody k příklonu ke kurativnímu ošetření. Jednak je postřik proveden tam, kde skutečně vznikají škody, jednak

s ohledem na vznik škod může za určitých podmínek v daném roce stačit i jedno ošetření (škody nemusí být zjištěny ihned na jaře). Preventivní ošetření se tedy v současné době doporučuje tam, kde dlouhodobě vznikají škody klikorohem. V ostatních případech se upřednostňuje kurativní ošetření.

Zvláštním případem bylo použití systémového insekticidu Marshal suSCon, který se aplikoval na ohrožených lokalitách při výsadbě sazenic do jamky ke kořenovému systému. Insekticid se z granulí postupně uvolňoval a pronikal do pletiv sazenice a byl schopen je ochránit po dobu minimálně dvou let (tedy po celou dobu, kdy hrozilo nebezpečí žíru klikoroha). I zde však existovaly možnosti selhání – pomalé uvolňování z granulí a rozvod do pletiv v důsledku sucha, špatný fyziologický stav sazenice, nemožňující absorpci insekticidu, případně špatné umístění granulí při výsadbě – do koutů jamky, na dno štěrbin od sazeče apod. Vysoká účinnost tohoto přípravku i přes do jisté míry vyšší náklady opravňují snahy o jeho opětovnou registraci. Navíc je to jediná možnost obrany proti dalšímu druhu kortikolního hmyzu – lýkohubům z rodu *Hylastes*, kteří ožírají kořínky jehličnatých sazenic a jejichž jiné ošetření insekticidy nepřipadá v úvahu (fytotoxicity, nemožnost ošetření).

Půdní hmyz

Mezi lesním škodlivým hmyzem jsou půdní škůdci obecně nejméně významní. V lesních porostech po dlouhých letech začínají v mladých výsadbách dřevin opět škodit ponraví chroustů. Obecně větší problémy však půdní škůdci působí ve školcích. Jde často o lokální a časově omezený výskyt, avšak pro konkrétní školku to může být existenční problém. Aplikace půdních insekticidů naráží na několik problémů. Seznam povolených přípravků pro rok 2003 (ŠVESTKA 2003) neuvádí žádný povolený přípravek. Dlouhodobě používané přípravky Basudin 10 G nebo Diazinon 10 G nebyly již nadále povoleny, a tak je zde obdobný problém jako u rodenticidů (viz dále). Problémem, i když jen do určité míry, je i aplikace. Šlo o granulované insekticidy, které bylo nutné zapravovat do země. Pomocí kypřičů to nebyl problém na záhonech se školčovaným materiálem nebo na záhonech s proužkovou sítí. V plnějších to však bylo nemožné. Další problém se týkal účinnosti, která nastoupila až po několika dnech a nebyla vždy rovnoměrná, a tudíž nikdy zcela neeliminovala škody. Dosud nevyřešeným problémem zůstává absence účinného insekticidu i efektivní metody proti ponravám v kulturách.

Fungicidy

Z pohledu lesního hospodářství jsou v současné době fungicidy nejméně významnou skupinou pesticidů (vedle nepovolených rodenticidů). V měrných jednotkách použití sice v letech 2003 – 2004 předstihly i insekticidy, ale ve finančním vyjádření pouze mírně předstihly rodenticidy (JANAUER et al. 2004). Použití fungicidů v porostech je v podstatě nulové; zcela ojediněle se používá v dubových

porostech letecké ošetření dubových porostů kyselinou boritou (která však není „klasickým“ fungicidem), které přispívá zejména ke zlepšení vitality stromů s příznaky tracheomykózního onemocnění. Ani ve výsadbách se nepoužívají fungicidy příliš často, a jestliže se použijí, tak zpravidla proti stejným chorobám, proti kterým se používají ve školcích. Výjimky za posledních dvacet let by se daly spočítat na prstech jedné ruky, přičemž aplikace byly zpravidla analogií zaběhlých postupů. Rozdíl v ošetření výsadeb spočíval pouze v použité aplikační technice (pouze zádové postřikovače) a technologii (individuální postřik). Základnou pro použití fungicidů však byly, jsou a budou školky. Rozsah ošetření sice nebývá v mnoha případech velký, ale dokáže zabránit významným ekonomickým škodám.

Aplikace fungicidů ve školcích je velmi dobře propracovaná. Tím, že je aplikace prováděna ve školcích, na typizovaných záhonech, je možné efektivně využít mechanizaci, tj. různé nesené postřikovače. Určitý rozdíl např. proti insekticidům spočívá v termínu aplikace. V mnoha případech je nutné aplikaci provést preventivně, ještě dříve než jsou semenáčky nebo sazenice napadeny, a dokonce se musí v pravidelných intervalech opakovat (3 – 4krát), má-li být dosaženo cíleného účinku. Spektrum přípravků je poměrně obsáhlé, i když nedoznává v poslední době žádných významných obměn. To však vyplývá částečně i z každoročně použitého objemu, který není vysoký a finanční náklady na registraci se pak výrobci dlouho vrací, pokud se vůbec vrátí. Z hlediska perspektivy použití jednotlivých skupin zde v článku zmíněných je tato skupina zřejmě nejvíce stabilizovaná. Nedá se zde očekávat ani nějaké zásadní navýšení, ale ani snížení. Je však třeba zajistit adekvátní náhradu za přípravky, jejichž doba registrace bude ukončena. Vhodné by bylo i rozšíření spektra používaných přípravků proti určitým skupinám chorob, avšak naráží to na již výše uvedený problém relativně nízké spotřeby. Pro školkařské provozy bude tato skupina i nadále jistě zdaleka nejvýznamnější. Hmyzí škůdci se objevují pouze sporadicky a proti plevelům lze za určitých podmínek úspěšně bojovat i mechanicky. Houbové choroby se však budou vyskytovat stále, možná i více, a jedinou možnou náhradou v budoucnosti je aplikace biologických preparátů (vedle možnosti pěstování odolných sazenic, což je zatím v případě lesních sazenic otázka více než vzdálené budoucnosti).

Herbicidy

Z hlediska rozsahu používání v lesním hospodářství patří herbicidy mezi druhé nejvýznamnější pesticidy, avšak z hlediska vynaložených finančních prostředků na pesticidy v kalendářním roce předčily i jinak dlouhodobě bezkonkurenční repelenty (JANAUER et al. 2004), i když v roce 2004 došlo k výraznému poklesu až pod úroveň repelentů. Herbicidy mají své uplatnění jak ve školcích, tak i ve výsadbách a vybrané herbicidy lze použít i jako arboricidy. Základem je však použití ve výsadbách při přímém ošetření kultur proti buření, méně pak na přípravu půdy před zalesněním. Rozsah použití ve školcích je limitován jejich rozsahem, avšak lze konstatovat, že se používají prakticky ve všech školcích,

i když na rozdílné kvantitativní úrovni. Často je diskutována možnost náhrady herbicidů mechanickým ničením plevelů a buřeně – ve školkách pletí, kypření, orba, v kulturách pak především ožínání. Z různých studií však vyplývá nejen ekonomická výhoda použití herbicidů, ale i větší denní výkon a celková efektivita. Tak tomu však nemusí být stále. V dlouhodobém horizontu mohou vzrůst ceny herbicidů, porostou nároky na aplikační techniku a nemalou roli zde sehraje jistě i tlak veřejnosti na posílení ochrany přírody. Herbicidy jsou skupinou, kde lze zřejmě ve vzdálenější budoucnosti očekávat nejvýraznější pokles spotřeby.

Školky

Ve školkách je jediným cílem konečná eradikace plevelů, a to nejen na záhonech, ale i mimoprodukčních plochách (např. cestičky mezi záhony). Aplikace je do značné míry limitována možným vlivem reziduí, které je, vzhledem na případné i roční opakování aplikace velmi reálné, a také možnými fytotoxickými účinky. Vliv reziduí lze eliminovat různými způsoby. Je to jednak volba vhodného přípravku. Ne u každého přípravku riziko reziduí hrozí. Z tohoto důvodu byly např. ze školek postupně vyloučeny přípravky s účinnou látkou hexazinone (Velpar). Riziko nežádoucích reziduí obecně hrozí při přípravě záhonů před výsevem nebo školkováním, kde jsou používány převážně půdní herbicidy. Naopak při aplikaci kontaktních postemergentních přípravků vznik nežádoucích reziduí nehrozí. Moderní přípravky na bázi glyphosatu nebo příbuzných látek se naopak při styku s půdou velmi rychle degradují na neškodné složky. Ochrana proti fytotoxickým účinkům herbicidů, vedle volby přípravku bez fytotoxických účinků, spočívá především ve způsobu a termínu aplikace. Tak např. aplikace s různými ochrannými kryty zamezí kontaminaci cílové dřeviny; aplikace po vyžrání letorostů u některých dřevin (smrk, borovice) při aplikaci některými přípravky (např. s účinnou látkou glyphosate) nepůsobí fytotoxicky.

Spektrum používaných herbicidů ve školkách je poměrně široké a stále se rozšiřuje. Znamená to ale bedlivé sledování všech novinek. Rovněž přístrojové vybavení je zde širší než jinde. Využívají se zde různé nesené postřikovače, aplikace zádoverymi postřikovači je typická spíše pro malé školky. V menším rozsahu se používají i rozmetače granulí, nesené i zádovery, kterými se kromě granulovaných herbicidů (např. Casoron G) aplikují i různá hnojiva.

Obecně je možné konstatovat, že úspěšné nasazení herbicidů ve školkách je podmíněno kombinací s mechanickými způsoby a velmi dobrou znalostí problematiky používání herbicidů. Dlouhodobé zkušenosti jsou v tomto případě významnější než kde jinde. Chyba zpravidla vede ke značným ekonomickým ztrátám, což je třeba mít neustále na paměti.

Výsadby

Ve výsadbách je problematika aplikace herbicidů diametrálně odlišná od jejich aplikace ve školkách, snad až na celoplošnou přípravu půdy na plochách připravených k zalesnění. Zde je situace obdobná přípravě záhonů před výsevem či školkováním, včetně spektra používaných přípravků, aplikační techniky i technologických postupů. Tato metoda se však z mnoha důvodů příliš často neprovádí, snad s výjimkou silně zabuřeněných ploch některými úpornými druhy buřeně (např. ostružiník) nebo silně zabuřeněné zemědělské půdy určené k zalesnění. I zde se ale velmi často preferuje spíše mechanická příprava, případně kombinace mechanické a chemické přípravy.

Vlastní ochrana kultur spočívá dnes především na retardaci buřeně. Používáme takové dávky, které buřeň nezahubí, ale zastaví její růst. Dobře je tato technologie propracována u jednoděložných druhů (trav). Aplikujeme-li graminicidy v dávkách, které jsou uvedeny v „Seznamu povolených přípravků na ochranu lesa“ pro daný rok, je zabezpečena právě jejich retardace a ne zahubení. Aplikace se provádí zpravidla v období nasazení 2 – 3 pravých lístků. Setrvání buřeně na ploše není konkurencí pro sazenice, brání půdní erozi, udržuje příznivější mikroklima a vodní režim a současně i brání rozvoji dvouděložné buřeně, jejíž retardace je téměř nemožná a hubení přináší další problémy. Graminicidy nejsou pro sazenice fytotoxické, takže je můžeme snadno aplikovat celoplošně.

Komplikovanější je hubení dvouděložné buřeně, a to zejména s ohledem na „podobnost“ se sazenicemi. S výjimkou glyphosatových a příbuzných přípravků (existují však i některé další – např. Gramoxone nebo Reglone) jsou všechny ostatní přípravky pro cílové dřeviny fytotoxické. I přípravky na bázi glyphosatu jsou fytotoxické s výjimkou neopadavých jehličnanů, mají-li vyžralé letorosty. V případě pozdního léta po vyžrání a jara před narašením je možné tyto přípravky aplikovat přes vrcholy. V případě ostatních přípravků se aplikují s různými ochrannými kryty, které mají za cíl zabránit kontaminaci cílové dřeviny.

Zatímco v jiných skupinách pesticidů je dávka zpravidla striktně dána nebo jsou výjimečně dána různá rozpětí, jejichž použití lze více méně přesně definovat, u herbicidů je tomu jinak. Doporučené dávky jsou dány rozpětím, které respektuje druh buřeně, jejich vzrůst, půdní podmínky apod., avšak existuje řada tzv. „úporných plevelů“, které mají již stanovené svoje specifické dávky, anebo je nemají, ale všeobecně uváděné dávky je prakticky nehubí. I zde platí to, co ve školkách, že zkušenosti jsou „k nezaplacení“. V žádném případě nelze však podcenit ani vědomosti, které pro získávání zkušeností jsou nezbytné.

Rodenticidy

Přemnožení hlodavců v posledních letech působí značné potíže. Je přitom s podivem, že sortiment povolených rodenticidů se v současné době rovná nule! Přitom ještě v roce 1986 bylo povoleno pro použití v lesním hospodářství 7 přípravků. Postupně, jak docházelo ke zpřísňování hodnocení ekotoxikologických vlastností a legislativy, se sortiment zužoval. Postupně byly testovány nové přípravky, které by vyhovovaly moderním trendům. Žádný z testovaných přípravků však, zjednodušeně řečeno, nespĺnil zákonná kritéria pro použití ve volné přírodě. Jejich použití tak bohužel vychází pouze z krátkodobých výjimek, které zákon č. 326/2004 Sb. umožňuje.

Aplikace rodenticidů, je-li výjimkou povolena, je vázána na použití v jedových staničkách, tzn. v různých trubkách, krytech apod. Je třeba si uvědomit, že aplikace rodenticidů, stejně jako v případě ošetření jehličnatých kultur proti klikorohu borovému, nezabrání žíru a poškození, ale má vliv na snížení populační hustoty, a tím se teprve následně snižují škody. Problematické je do určité míry dávkování na hektar, které vychází ze stanovení populační hustoty, proto je do určité míry paušalizováno.

Repelenty

Repelenty nepatří mezi klasické pesticidy, ale v rámci ochrany lesa patří svým rozsahem mezi nejpoužívanější skupinu. Objemem spotřeby jsou výrazně nejpoužívanější skupinou a ve finančním vyjádření mírně zaostávají za herbicidy, i když v roce 2004 je předstihly (JANAUER et al. 2004). Repelenty prodělaly v posledních dvaceti letech jednu z nejvýraznějších obměn, i když i zde jsou stále. Např. Morsuvin uvádí pro použití v ochraně lesa (nikoliv jako novinku) MÜLLER & BENEŠ (1975) a je používán stále, a to dosti významně. Takto dlouho používané přípravky nalezneme pouze mezi fungicidy, avšak mezi přípravky zcela okrajově používanými (např. Sulka).

Aplikaci repelentů provádíme proti ohryzu a loupání a proti letnímu a zimnímu okusu. Nově jsou některé používány i proti hlodavcům a pro ošetření ran. Relativní novinkou je repelent bránící černé zvěři žrát žaludy při sji v porostech, který však po krátké době používání z registru vypadává. Proti minulosti se objevily již i přípravky s více méně univerzálním použitím. Změnila se i aplikační technika – dříve byly repelenty natírány ručně různými kartáči, dnes jsou aplikovány postřikovači nebo různými speciálními aplikátory. Změnil se i přístup; nejsou ošetřováni všichni jedinci, ale pouze vybraní – kostra porostu. To pochopitelně platí pouze pro zimní okus.

Feromony

Ani feromony ve své podstatě nepatří mezi pesticidy, ale běžně se dosud uvádějí jak v zemědělském, tak i lesnickém seznamu registrovaných přípravků na ochranu rostlin (lesa), a proto pár slov i o nich. Do ochrany lesa vstoupily teprve na přelomu 70. a 80. let. Zatímco agregací feromony se používají pro částečné snižování populační hustoty kůrovců, sexuální feromony motýlů se používají v lesnictví k monitoringu výskytu, v zemědělství pak i k načasování obranného zásahu.

V posledních letech se sexuální feromony pro kontrolu výskytu motýlích škůdců (bekyně mniška – *Lymantria monacha* (L.), bekyně velkohlavá – *Lymantria dispar* (L.), obaleč dubový – *Tortrix viridana* (L.), obaleč prýtový – *Rhyacionia buoliana* (DEN. et SCHIFF.) již nepoužívají. Problematika využití sexuálních feromonů je závislá na dvou základních prvcích, a to kvalitě pasti (nonsaturační nebo lepové) a především stanovení kritických počtů.

U agregací feromonů kůrovců sice v posledních letech došlo k poklesu spotřeby, za to se však rozšířilo spektrum používaných feromonů, a to nejen co do počtu druhů kůrovců, ale i co do typu odparníků určených k lákání nejvýznamnějšího kůrovce – lýkožrouta smrkového. Zatímco v roce 1986 byly používány feromony k lákání dvou druhů kůrovců (lýkožrout smrkový, dřevokaz čárkovaný), a to ve čtyřech formulacích (3 + 1), v roce 2003 to bylo již proti čtyřem druhům (lýkožrout smrkový, l. lesklý, l. severský, dřevokaz čárkovaný) v 17 typech (11 typů k lákání l. smrkového + dva s kombinovaným účinkem na l. smrkového a l. lesklého).

Obecně můžeme feromonové odparníky rozdělit do dvou základních skupin – s odparem skrz stěnu, kdy k jejich aplikaci stačí pouhé vyvěšení nebo s nutnou adjustací odstřížením zataveného knotu. Je-li dodržen správný technologický postup, jsou obě skupiny srovnatelné, avšak tam, kde toto nelze zajistit, je výhodnější použít odparníky s odparem skrz stěnu, kde není jejich funkčnost ohrožena lidským faktorem.

I v použití feromonových odparníků k lákání kůrovců došlo ke značnému snížení jejich objemu. Bylo to způsobeno vyšším nasazením klasických lapáků.

Závěr

Současná ochrana lesa se bez používání pesticidů neobejde. Tento stav bude trvat minimálně dlouhá desetiletí. Avšak na každém z nás, kdo se uvedenou problematikou zabývá, leží odpovědnost, jak eliminovat negativní dopady jejich používání na životní prostředí, ale při zachování funkčnosti obranných metod proti lesním škůdcům a chorobám. A k tomu poslouží jejich dokonalá znalost a profesionalita při jejich používání více než pouhý nezáměr. Správnou volbou pesticidu, aplikační techniky, dávky či termínu použití můžeme ovlivnit více, než si myslíme.

Literatura

- CREMLYN R. 1985: *Pesticidy*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 245 s.
- HOLUŠA J., LIŠKA J. & ŠVESTKA M. 2004: Listožravý a savý hmyz, 40-49. In: Kapitola P., Knížek M. & Baňar P. (eds.): *Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2003 a jejich očekávaný stav v roce 2004. Zpravodaj ochrany lesa, Supplementum 2004*: 80 s.
- JANAUER V., KREJČÍŘ R. & VOVESNÝ P. 2004: *Spotřeba přípravků a prostředků na ochranu lesa v roce 2004*. Marketingová studie. L.E.S. CR spol. s. r. o., 73 s.
- KALINA F., SKUHRAVÝ V. & kol. 1985: *Obaleč modřínový*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 134 s.
- KOMÁREK J. 1931: Mnišková kalamita v letech 1917 – 1927. *Sborník Výzkumných ústavů zemědělských ČSR* 78: 1-256 + 4 mapy
- LIŠKA J., PÍCHOVÁ V., KNÍŽEK M. & HOCHMUT R. 1991: Přehled výskytu lesních hmyzích škůdců v českých zemích. *Lesnický průvodce* 3/1991: 1-37 + 30 obr.
- MÜLLER M. & BENEŠ V. (eds.) 1975: *Metodická příručka chemické ochrany lesů*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 167 s.
- ŠVESTKA M. (ed.) 2003: *Seznam povolených přípravků na ochranu lesa 2003*. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 40 s.
- ZAHRADNÍK P. 1994: Obranná opatření proti lýkožroutu smrkovému v současných podmínkách, 154-161. In: *Sborník referátů z celostátní konference „Kůrovcová kalamita: příčiny, rozsah, ochrana“*, Brno, 17. února 1994. Vysoká škola zemědělská, Brno, 188 s.
- ZAHRADNÍK P., LIŠKA J., KNÍŽEK M., KAPITOLA P., ŠRŮTKA P., DIVIŠ K. & JANČAŘÍK V. 1996: Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 1995 a jejich očekávaný stav v roce 1996. *Zpravodaj ochrany lesa, Supplementum* 1996, 34 s. + 23 tab.
- ZAHRADNÍK P. 1997: Testování insekticidů proti lýkožroutu smrkovému. *Lesnická práce* 76: 392
- ZAHRADNÍK P. 2001: Kontrolní a obranná opatření proti podkornímu a kortikolnímu hmyzu, 38-49. In: Kapitola P. (ed.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2000/2001. Sborník referátů z celostátního semináře*, Praha-Suchdol 22. 3. 2001. VÚLHM, 64 s.

Adresa autora:

Doc. Ing. Petr Zahradník, CSc.
VÚLHM Jíloviště-Strnady
156 04 Praha 5 – Zbraslav
zahradnik@vulhm.cz

BIOLOGICKÉ POSTUPY BOJE S LESNÍMI ŠKŮDCI

JAROSLAV HOLUŠA, JAROSLAV WEISER

Úvod

Biologickým bojem v ochraně lesa rozumíme úsilí o ochranu, jehož podstatou je cílevědomé využití živých (užitečných) organismů či produktů jimi vytvořených pro udržení škod působených člověku nebo jeho majetku (hospodářským rostlinám a zvířatům) živými (škodlivými) organismy v ekonomicky únosných mezích, resp. pro jejich snížení či eliminování (ČAPEK 1994).

Biologické postupy využívají biotické faktory, které ovlivňují životnost a populační hustotu lesních škůdců. U některých se jejich působením udržují početnosti na takové úrovni, že se jako škůdci ani neprojeví. Jiné druhy však unikají z přírodní kontroly a vznikají tak gradace, které obvykle končí přemnožením biologických antagonistů. Tyto biologické faktory však nastupují příliš pozdě, kdy již došlo ke vzniku škod. S koncem gradace mizí antagonisti a tak opět poskytují zbytkům populace škůdce možnost znovu gradovat (WEISER 1987).

Mezi biotické regulátory škůdců náleží aktivně pohyblivé druhy, jako jsou drobní savci (hraboši, hmyzožravci), ptáci, dravý hmyz (mravenci, vosy) a hlavně parazitoidi z řádů blanokřídlých (Hymenoptera) a dvoukřídlých (Diptera) napadající dospělé, larvy, kukly nebo vajíčka škůdců. Mezi parazitoidy s vlastní pohyblivostí patří rovněž entomopatogenní červi – hlístice. Tito antagonisti jsou závislí na škůdcích jako klíčové potravě a bez nich hynou. Specifickou, na pasivním přenosu závislou kategorií představují nemoci hmyzu vyvolávané viry, bakteriemi, houbami nebo prvoky. Pasivita přenosu je vyrovnávána jejich nakažlivostí a silným namnožením v těle hostitele. Hlavním faktorem přenosu je četnost kontaktu nakažených a vnímavých členů populace. Jakmile četnost následkem mortality klesne pod určitý práh, nákaza mizí.

LEPPA & DELFOSSE (1995) a WAAGE (2001) uvádějí, že biologická obrana je stále považována za efektivní, ekonomickou a ve srovnání s pesticidy přírodě bližší; proto se bude nadále pokračovat v introdukci exotických přirozených nepřátel do USA za účelem potlačování škůdců. V současnosti se navíc stále více uplatňují okolnosti, při kterých je použití biologických činitelů jediným řešením. Jsou to některé typy zvláště chráněných území nebo lesů v místech, kde použití chemických a lesotechnických postupů je nežádoucí a kde se můžeme soustředit na dlouhodobou biologickou regulaci škůdců. Vzhledem k nárůstu počtu takových území stoupá i nutnost věnovat se hlubšímu studiu možností biologického boje.

Využití hmyzích parazitoidů a predátorů

Vzhledem k tomu, že do Ameriky bylo zavlečeno mnohem více druhů hmyzu, které se v novém prostředí staly významnými škůdci, bylo v důsledku toho použito v Americe na rozdíl od Evropy mnohem více druhů parazitoidů a predátorů v biologickém boji. Z Evropy do Kanady byly dováženy různé druhy parazitoidů (*Aphidoletes thompsoni* MOHN, *Aphidecta oblitterata* (L.)) a série sluněček proti mšicím – korovnicím nebo vaječným parazitoidům (Hymenoptera) a parazitoidi larev (Hymenoptera, Diptera) proti bekyním *Lymantria dispar* (L.) a *Euproctis chrysorrhoea* (L.), obalečům *Choristoneura murinana* (HBN.) a *Rhyacionia buoliana* (D.-SCH.), píďalce *Operophtera brumata* (L.), hřebenulím *Neodiprion sertifer* (GEOFF.) a *Diprion pini* (L.) a dalším. V Kanadě a USA byli různí parazitoidi karanténně namnožováni a vypouštěni prostřednictvím institucí jako Commonwealth Inst. Biol. Control či USDA. Hodnocení introdukcí v USA provedla nově např. KIMBERLING (2004). V opačném směru, tj. z Evropy do Ameriky, byly tyto metody použity v mnohem menší míře (přehledy např. TURNOCK et al. 1976, WATERS et al. 1976).

Kolonizace (introdukce)

Kolonizace je přenos přirozeného nepřítele z jiných geografických oblastí – velmi často z míst, kde se škůdce vyskytoval přirozeně. Cílem je aplikovat trvale regulující organismus, aby udržoval škůdce dlouhodobě pod ekonomickým prahem. Tento typ biologické kontroly se často nazývá klasická biologická ochrana (BEGON et al. 1997).

Příklady: Na území Československa se nevyskytovalo několik vaječných parazitoidů *Lymantria dispar*, kteří žili v mediteránu a jež byli potenciálně vhodní pro introdukci (ČAPEK 1971). Z Bulharska a Španělska byl introdukován *Anastatus disparis* (RUSC.) a z Černé hory a Španělska *Ooencyrtus kuwanae* (How.); posledně jmenovaný druh se neetabloval. *A. disparis* se uchýlil ve všech oblastech (použito několik stovek chalcidek buď přímým vypouštěním, nebo vysazením parazitovaných vajíček i celých parazitovaných hubek). Má však jen jednu generaci do roka a není schopen parazitovat všechna vajíčka. Po ukončení pokusu se parazitace pohybovala mezi 10 a 15 % (ČAPEK 1971). V současnosti byly zjištěny oba dva druhy vaječných parazitoidů (NOVOTNÝ, ZÚBRIK 1997).

Přástevníček americký *Hyphantria cunea* (DRURY) je původní v Severní Americe a jedná se o vzácný případ, kdy byl druh zavlečen z Nového světa do Starého. V roce 1940 byl nalezen u Budapešti, v současnosti se vyskytuje v části střední a jihovýchodní Evropy, v Japonsku, jižní části bývalého Sovětského svazu a Koreji. V Japonsku se však jako škůdce neprojevuje. Z 65 parazitoidů a 28 predátorů vyskytujících se v USA a Kanadě bylo 7 parazitoidů a tři predátoři introdukováni do střední a východní Evropy (WARREN, TADIĆ 1970). V současnosti se etabloval jen *Apanteles hyphantriae* (RILEY) v Jugoslávii a bývalém Československu, ostatní se pravdě-

podobně neuchytili. Na druhou stranu mnoho evropských parazitoidů a predátorů přástevníčka akceptovalo jako hostitele.

Obecně jen malá část programů introdukce byla úspěšná natolik, aby kolonizace zastavila gradaci přemnožených škůdců a nadále udržela populaci škůdců pod prahem hospodářské škodlivosti (TURNOCK et al. 1987).

Inokulace

Inokulace je opakovaná introdukce, spočívající v periodickém vysazování regulujícího činitele; používá se v místech, v nichž regulátor není schopen setrvat po celý rok, a jejím cílem je obvykle regulace jedné či jen několika generací (BEGON et al. 1997).

Příklad: V Evropě bylo inokulativní vypouštění užito jen u relativně malého počtu druhů rodu *Trichogramma* proti *Rhyacionia buoliana* v Německu (FANKHÄNEL 1963), Polsku (KOEHLER 1970b) a v bývalém Sovětském svazu (KRUSHEV 1960). *Trichogramma embryophagum* (HARTIG) a *Telenomus verticillatus* (KIEFER) byly podobně užity proti *Dendrolimus pini* L. a *Diprion pini* v SSSR (RYVKIN 1955).

Augmentace

Augmentace (navýšení) znamená vysazení přirozeného místního nepřítel, aby se posílila jeho již existující populace, takže se obvykle uskutečňuje opakovaně, zejména aby zasáhla v období neobvykle rychlého růstu populace škůdců (BEGON et al. 1997).

Příklad: Zajímavý přístup podporující parazitický komplex byl zkoušen v bývalé Jugoslávii u bekyně velkohlavé (MAKSIMOVIC et al. 1970). V letech 1964 – 1967 bylo v gradačních oblastech sbíráno 14 – 55 kg hubek a přeneseno do míst, kde škůdce byl v počáteční fázi gradace. Parazitismus vajíček a larev a následně defoliace byly porovnány na ploše ošetřované a na sousední ploše bez vypuštění parazitoidů. Populace byly do roku 1967 na obou plochách v podobné začínající fázi gradace. V roce 1969 byl stoupající trend početnosti *L. dispar* v ošetřené oblasti zastaven a populace se stabilizovala na relativně nízké denzitě. Rovněž defoliace byla slabá. Na rozdíl od toho v neošetřené oblasti vyústila situace v totální defoliaci. Změny ve vaječném parazitismu způsobeném *Anastatus disparis* a *Ooencyrtus kuwanae* byly malé. Zdá se, že významným kontrolním faktorem byl parazitismus mladých larev *Glypanteless portheriae* (MUESEBECK). Podíl *G. portheriae* k hostitelským larvám v oblasti s vypouštěním byl 8,5x vyšší než v oblasti kontrolní. SAPIRO a MALYSEVA (1970) rovněž uvádějí, že výsledkem transferu *G. portheriae* z jedné oblasti do druhé v bývalém Sovětském svazu byl pětinašobný pokles početnosti *L. dispar*.

Do tohoto způsobu biologického boje je nutno zahrnout i podporu parazitoidů krmením. Vychází z poznatku, že imaga mnoha druhů parazitoidů a predátorů mají velký nárok na medovici. Za nedostatku ji hledají jinde, což negativně ovlivňuje jejich reprodukci. Proto se doporučuje přikrmovat je roztokem cukru a medu (v Polsku, KOEHLER 1978 in ČAPEK 1985), vysévat medonosné rostliny (mrkvovité, hořčici apod.) na okraje porostů (v býv. Sovětském svazu, SAPIRO 1958 in ČAPEK 1985), případně postříkat porost umělou medovicí (USA, ČAPEK 1985). V Polsku se v oblastech s přemnožením *Acantholyda hieroglyphica* (CHRIST) aplikovala tzv. komplexová ohnisková metoda, kdy se uměle zvyšuje početnost populace parazitoidů rodu *Trichogramma* a hlístice *Neoplectana janickii* (W. KOEHLER). Rovněž se zlepšují podmínky pro další druhy cizopasných blanokřídlých rozšiřováním medonosných rostlin, pro dravý hmyz i pro drobné savce (BURZYNSKI 1976).

Rozsáhlý program byl iniciován v roce 1958 v Polsku (BURZYNSKI 1970, KOEHLER 1970a) za účelem poskytnutí ochrany v permanentních gradačních oblastech různých škůdců zvýšením efektivity přírodních nepřátel (aplikace hnojiv, pěstování listnatých stromů a keřů, poskytnutí nektarových rostlin pro parazitoidy a predátory).

Jiným způsobem podpory domácích druhů entomofágů je zabezpečit dostatek vedlejších hostitelů a mezihostitelů pro parazitoidy a náhradní kořist pro predátory v době, kdy se příslušný škůdce nachází pro ně v nevýhodném vývojovém stadiu. Proto se v lesních porostech zpestřuje druhové složení dřevin, keřů a bylin (GYORFI 1952, 1956 in ČAPEK 1985).

Jedním z nejvýznamnějších způsobů biologické ochrany lesa je ochrana mravenců rodu *Formica*, především jejich mravenišť. V jehličnatých lesích, především na podzim, je třeba ochránit mraveniště sítí (nejlépe se světlostí ok 5 x 5 cm), aby je neničila prasata, lišky, jezevci a datlovní ptáci. V sousedním Polsku je toto stanoveno zákonem, lesníci ochraňují mraveniště zpravidla konstrukcemi z tyčí. I když výsledky dřívějších pokusů s umělým rozšiřováním mravenců měly být úspěšné a dobře se osvědčily v borových porostech napadených *Bupalus piniarius* (L.), *Panolis flammea* (SCHIFF.), *Denrolimus pini* (WIŚNIEWSKI 1956, 1978 in ČAPEK 1985) (mravenci ochránili stromy před žírem uvedených škůdců v okruhu 15 – 18 m), v současnosti se od umělého rozšiřování upouští a důraz se klade právě na ochranu stávajících mravenišť.

Inundace

Inundace (zaplavení, zamoření) představuje uvolnění velkého počtu přirozených nepřátel s cílem decimovat škůdce, kteří se v určitém čase vyskytují na určitém místě. Dlouhodobá regulace (podmíněna růstem velikostí nebo udržením se populace regulátoru) se ovšem neočekává. Takto používané prostředky se nazývají biologické pesticidy, analogicky s pojmenováním chemických látek (BEGON et al. 1997). Inundativní vypouštění se liší od periodického inokulativního přístupu v tom, že objektem je potlačení škůdce vypouštěním velkého množství přírodních nepřátel. Potlačení působí predátoři přímo vypouštěním nebo jejich potomstvo.

Příklad: V Evropě bylo dosaženo potlačení lokalizovaných přemnožení *Diprion pini*, *Panolis flammea* a *Thecodiplosis brachyntera* (SCHWAEGR.) pomocí: a) masového sběru hostitelů v oblasti gradace a vypouštěním vylhlých parazitoidů v oblastech se zvýšenými hostitelskými denzitami (CEBALLOS a ZARKO, 1952; POSTNER 1962; CANKOV 1964; FANKHÄNEL a ZELETZKI 1964, ROSSI 1966) i b) masovým chovem lokálních parazitů a jejich vypouštění během fáze populačního růstu škůdce, kdy paraziti jsou obecně vzácní (RYVKIN 1955; SZMIDT 1959; SCHWENKE 1964; SHCHEPETILNIKOVA 1970).

Tato metoda nezískala v lesnictví mnoho pozornosti, ale mohla by být výhodná pro užití na relativně malých plochách, kde je nežádoucí chemická obrana.

Využití hlístic

Mezi mnohobuněčné antagonisty náleží i dvě zvláštní skupiny hlístic, čeledě Mermithidae a Steinernematidae. První se vyznačují nápadně strunovitým protáhlým tělem, které nacházíme svinuté ve smotcích v napadených larvách a dospělých škůdců. V těle hmyzu jsou parazitické larvy a nedospělí jedinci, kteří opouštějí hostitele, aby se v půdě nebo ve vodě vyvinuli v dospělé samce a samice. Opuštěný hmyzí hostitel hyne na druhotnou bakteriální infekci z rány, kudy vylezl mermitid. Samice používají rosu k usnadnění pohybu po stromech. Z nakladených vajíček vylézají infekční larvy, které pronikají sterilně do mladých larev škůdců a tam se vyvíjejí v níťovité parazitické larvy. Některé druhy mermitidů byly pěstovány v laboratoři a použity v terénu, nejnáze v lužním lese proti obalečům a bekyním (WEISER, MRÁČEK 1988).

Druhá skupina, Steinernematidae, představuje obligátní hmyzí patogeny, kteří jsou v lesních biotopech běžní všude tam, kde je stálé množství hmyzu přežívajícího v půdě, jako jsou larvy pilatek, ponravy, larvy muchnic a brouků nebo housenky, které se v půdě kuklí. Do chodeb kůrovců nepronikají. Vývoj probíhá tak, že se v půdě dlouhodobě potuluje invazní larvy, které pachově reagují na vhodné hostitele a pronikají do nich stigmaty nebo ústním otvorem. V těle hostitele vytvářejí kulturu z donesených bakterií, na nich se živí a vyvíjejí v obří bílé samice, které kladou na 1 000 vajíček. Z nich se líhne parazitická generace malých samců a samiček, která zabíjí hostitele a využije všechny orgány jako živiny pro vývoj této generace. Její vajíčka se líhnou a vylíhlé larvy se vyvíjejí v rojivé invazní larvy, které opouštějí hostitele a putují v zemi za dalšími cíli. Specificita jednotlivých druhů je omezená, ale *Steinernema kraussei* (STEINER) má afinitu k ploskohřbetce *Cephalcia abietis* (L.) a dalším škůdcům, kteří se zdržují v půdě jehličnatého lesa (WEISER, MRÁČEK 1988).

Steinernema feltiae (FILIPJEV) je častá v zatravněných okrajích lesa a napadá larvy muchnic (Bibionidae), ale i jiných druhů, které se ukrývají v půdě (larvy lalokonosců, klikoroha). Steinernematidi běžně nenapadají ponravy chroustů v půdě. Hodí se na biologický boj se škůdci v kořenovém balu okrasných dřevin nebo ve školkách. Invazní larvy se vychytávají v půdě na larvy mola voskového uzavřené do sítky a zahrabané do půdy. Po uvolnění jsou přeneseny do Petriho misky na vrstvu mokrého filtračního papíru. Vlhkost se zachovává. Během týdne se objevuje na povrchu mrtvé larvy záplava invazních larev a ty splachujeme na kotouč filtračního papíru na Petriho misce. Přidáme větší množství velikých larev mola voskového a necháme je běhat po papíru. Během 24 – 48 hodin hynou. Mrtvé larvy skládáme na vodní past, kterou tvoří malá Petriho miska potažená za mokra filtračním papírem a uložená do větší misky a zalitá na dně vodou. Z rozložených mrtvých larev vylézají postupně invazní larvy Steinernemy a vytvářejí bílý kal na dně pasti. Odtud nabíráme suspenzi larev a necháváme ji vsáknout do molitanové drti. Drť uchováváme v prachovnicích v ledničce. Aktivní invazní larvy v drti vydrží až 12 měsíců. Pro aplikaci drť vypláchneme do vody a vzniklou suspenzi kropíme ošetřovanou plochu (WEISER,

MRÁČEK 1988). Steinernemový preparát se nabízí na trhu insekticidů (HLUCHÝ, ZACHARDA 1994).

Schopnost hlístic přežít i několik měsíců ve vlhké půdě, vysoká rychlost jejich působení a široký okruh jejich potenciačních hostitelů jsou vlastnosti, které učinily tyto organismy zajímavými selektivními regulátory. Jejich vhodným cílem bývají škůdci žijící v půdě a jiných vlhkých a chráněných prostředích. V současnosti jsou hlístice a jejich bakterie jediným komerčně dostupným biologickým regulátorem půdních hmyzích škůdců.

Využití mikrobiálních organismů

V lesních škůdcích se vyskytují zástupci všech čtyř typů mikrobiálních patogenů – viry, bakterie, houby, prvoci. K jejich diagnostice je třeba použít mikroskop. Diagnostiku můžeme provést v nativním materiálu rozpitvaných živých nebo mrtvých škůdců (WEISER 1966).

Viry

Viry vyvolávají nápadná onemocnění, při kterých se nakažení jedinci roztékají v kalnou tekutinu, která vyplňuje kutikulární vak. Mléčné zkalení působí bílkovinné hrudky, polyedry, které připomínají světlolomné krychličky s otavnými hranami. Měří obvykle 3 - 10 mikrometrů. Před smrtí jedince je vidíme v tukovém tělese, ale též v jiných tkáních těla, kde vyplňují silně zvětšené jádro. Typickými hostiteli jsou housenky bekyní nebo obalečů, štetconošů apod., které masově hynou a visí v hroznech na vrcholcích větví, které jsou potaženy bílou polyedrovou tekutinou z prasklých housenek. Masové projevy nákazy se objevují ve vrcholovém období gradace, většinou již na defoliovovaných stromech. Kultivace virů, které jsou druhově specifické, je možná pouze na laboratorních chovech daného druhu. Citlivost hostitelů je největší v období prvního až druhého larválního stupně (WEISER 1966).

Méně běžná je nákaza poxvirem. Vyskytuje se v ohniscích u ponrav chroustů a dalších listorohých brouků v tukovém tělese a vyvolává hynutí larev před kuklením. Nákaza se uvolní až po uhynutí nakaženého jedince a přenáší se s potrůsněnou potravou nebo v trusu roztočů. Nákaza působí pomalu. Podobná nákaza poxvirem se vyskytuje u *Operophthera brumata* nebo *Cossus cossus* (L.) (WEISER 1966). U kůrovců *Ips typographus* (L.) se poxvirus vyskytuje v střevním epithelu dospělých brouků a polštářkovité až ploché diskovité inkluze odcházejí s trusem. Nákaza se přenáší s trusem i mezi pohyblivými brouky a infikují se hlavně žlutí brouci těsně po vylíhnutí, při úživném žíru. Nákaza se vyskytuje v lokalizovaných ohniscích a snižuje životnost nakažené populace. Byly dosaženy infekce s povrchově ošetřenými poleny lapáku při aplikaci rozdrcených nakažených brouků a feromonu. Nákaza je charakteristická pro stará ohniska na Šumavě (PULTAR, WEISER 2004).

Využití virových preparátů je současným vrcholem při aplikaci pesticidů. Ze známých polyedrických virů (např. *Lymantria dispar* NPV, *L. monacha* NPV, *Neodiprion sertifer* CPV) na vážné hmyzí škůdce je však v současnosti registrován jen přípravek Biolavirus proti *Neodiprion sertifer* (ŠVESTKA 2003). Výhodou virů je, že jsou druhově specifické, ale jejich výroba a použití jsou závislé a citlivé na dodržení technologie výroby, skladování i aplikaci.

Příklad: V ČR byl vyvinut požerový biologický insekticid Biolavirus LD, obsahující virus jaderné polyedrie bekyně velkohlavé, *Lymantria dispar* Nucleopolyhedrovirus (*Lymantria dispar* NPV, LydiNPV) v inertním nosiči. Jeho registrace byla ukončena v roce 2001 pro neprodejnost preparátu. V jarním období 2003 proběhla na základě zakázky Ministerstva zemědělství pokusná letecká aplikace preparátu Biolavirus LD na jižní Moravě na ploše 60 ha. Vrtulníkem Robinson R-22 byla dne 8. 5. 2003 aplikována dávka $2,5 \times 10^{11}$ virových polyedrů/ha v 10 litrech nosné směsi obsahující vodu a rostlinný olej Dedal 90 EC a dne 11. 5. 2003 byla aplikace opakována s poloviční dávkou virových polyedrů. Opakovaná aplikace virového preparátu je obvyklá součástí technologického postupu aplikace. Virus měl dobrou účinnost, ale jeho aktivita i přes dvě ošetření rychle poklesla. Část housenek byla evidentně infikována nízkou dávkou, což způsobilo jednak úhyn až v posledním instaru, jednak přežití části populace (ŠVESTKA, PULTAR 2003). Rovněž v roce 2004 byla část porostů (450 ha) na jižní Moravě ošetřena tímto virovým preparátem (ŠVESTKA 2004).

Bakterie

Bakterie doprovázejí každé poškození a hynutí hmyzu. U lesních škůdců zatím neznáme přírodní bakteriální nákazu, která by účinně redukovala škůdce. Bakterie druhu *Bacillus thuringiensis* (BERLINER) jsou jedinými komerčními prostředky mikrobiální ochrany rozšířenými po celém světě. Snadno se pěstují na umělých půdách. Během sporulace se vytvoří spora a velký bílkovinný krystal, který se po pozření larvami v jejich zažívacím traktu začne působením zažívacích šťáv rozkládat a přitom uvolňuje silné toxiny. Škůdci zahynou za 30 min. až 3 dny po konzumaci bakterie (WEISER 1966).

B. thuringiensis se užívá především jako mikrobiální insekticid. Je vhodný zejména proto, že je silně toxický vůči cílovému hmyzu, avšak necílové organismy (včetně člověka a většiny přirozených nepřátel škůdců) téměř neohrožuje. V současné době známe asi 100 druhů entomopatogenních bakterií, avšak kromě *B. thuringiensis* si větší pozornost zasluhují jen dva z nich: *B. sphaericus* (MEYER et NEIDE) (vhodný pro regulaci komárů) a *B. popilliae* (DUTKY) (bakterie komerčně používané při regulaci škůdců pastvin, brouka *Popillia japonica* (NEWM.)) (WEISER 1966).

Biopreparáty obsahující *B. thuringiensis* je nutno aplikovat na listovou plochu, a to v době výskytu larválních instarů, které jsou citlivější.

Příklad: V současné době je možno u nás použít přípravky Biobit WP a Foray 48 B proti housenkám motýlů žeroucích jak na listnatých, tak jehličnatých dřevinách, využívajících toxinů *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki* (ŠVESTKA 2003). Proti bekyni velkohlavé na jižní Moravě v roce 2003 i 2004 byl použit kromě přípravku Biolavirus LD (viz výše) na části postižené plochy i Foray 48 B (ŠVESTKA 2004).

Houby

Houboví patogeni se u lesních škůdců rekrutují z několika skupin. Běžné jsou muskardiny, houby pokrývající stadia hmyzu povlakem konidionošů. Dají se produkovat a aplikovat ve velkém. Mezi nimi přední místo zaujímá bílá muskardina vyvolávaná houbou *Beauveria bassiana* (BALS.) a *B. brongniartii* (SAC.). Běžně nacházíme houbou napadené kůrovce pod starší, silněji poškozenou borkou. Preparát se hodí k ošetření housenic pilatek, školkového materiálu a škůdců v korunách stromů (chrousti) nebo v půdě (ponravy, lalokonosci, klikoroh) (WEISER 1966).

Příklad: Pokusná letecká aplikace biopreparátu Boverol proběhla ve dnech 11. – 12. 5. 2004 s využitím vrtulníku Robinson R 22 na lokalitě Kluk na Poděbradsku na ploše 108 ha. Přípravek Boverol je prášek obsahující spory houby *B. bassiana* v inertním plnidle (amorfní kysličník křemičitý). Dávka na 1 ha obsahovala 1×10^{13} spor *B. bassiana* + 3,3 litru olejového nosiče Dedal 90 EC + 6,7 litru vody. Vodní suspenze byla rozptýlena do porostů na počátku vrcholu rojení samiček *Melolontha hippocastani* (FABR.) tak, aby byl předpoklad, že spory houby budou zaneseny na tělech samiček do půdy při kladení vajíček. Vyhodnocení pokusu dosud probíhá. Boverol je určen k hubení nejmladších larev brouků. Působí kontaktně, příznaky infekce se projevují černými lézemi na povrchu larev (ŠVESTKA, ústní sdělení).

V půdách školek se používá proti larvám brouků zelená muskardina, *Metarrhizium anisopliae* (METCH.), proti červcům *Verticillium lecanii* (ZIMMERMANN) VIEGAS. a proti pilatkám a ploskohřbetkám se jeví účinnější růžová muskardina, *Paecilomyces farinosus* (HOLM ex GRAY) a *P. fumosoroseus* (WIZE) BROWN et SMITH. Ty jsou i v přírodě běžné v půdách, kde přeléhávají ploskohřbetky. Širší aplikace *Paecilomyces* proti lesním škůdcům se v současnosti připravuje. Muskardiny jsou pro obratlovce neškodné.

Druhá významná skupina hub jsou entomofyty. Zahrnuje druhy, které napadají mšice, housenky pídalek a dalších motýlů a larvy dvoukřídlých v lesních lokalitách, často vyvolávají rozsáhlá současná napadení na velkém areálu. Vyznačují se tím, že na povrchu napadených jedinců vyrůstají chomáče konidionošů, na kterých se tvoří kulovité nebo vejčité konidie, které houba aktivně odstřeluje do okolí napadeného jedince a tím zasahuje další vhodné hostitele. Houba se vyvíjí jako přírodní epizootie. Je možné ji izolovat na živné půdy, ale na půdách vzniklé konidie nejsou v aplikaci účinné, takže zatím se nedají aktivně použít v boji se škůdci (WEISER 1966).

Prvoci

Další skupinou patogenů u lesních škůdců jsou prvoci. Patogeny se rekrutují z řady skupin - měnavky, hromadin, kokcidie a mikrosporidie (WEISER 1966).

Měnavky rodu *Malamoeba* se usazují v Malpigických trubicích u lýkožroutů a svým namnožením ucpávají průchodnost žlázek. Projevují se jako poměrně velké, číré vejčité cysty, které odcházejí trubicí do zadního střeva a s trusem ven. Oslabují napadenou populaci, ale nezabíjejí napadené jedince. K aktivnímu použití se nehodí (WEGENSTEINER 2004).

Hromadinky ze skupiny Gregarinida se vyskytují ve střevě hlavně u brouků a mají jen malý vliv na zdravotní stav nakažených jedinců. Nepronikají mimo střevo.

V tukovém tělese napadených jedinců se pomnožují a hostitele ničí hromadinky ze skupiny Neogregarinida. U lýkožroutů významnou úlohu hraje *Menzbieria chalcographi* (WEISER), která napadá *Ips typographus* a další kůrovce a sporuluje v kulovitých cystách s 30 spory. Spory jsou protáhle vejčité až člunkovité a v nakaženém jedinci se namnoží až 100 000 spor, které se uvolní až po jeho uhynutí. Nakažení jedinci většinou nevy létají a zůstávají v chodbičkách po úživném žíru. Nákaza je přenosná postříkem suspenze nakažených jedinců na povrch lapáku. Jednotlivé člunkovité spory nebo dvě spory v cystě vytváří neogregarina *Mattesia*, která napadá taktéž lýkožrouty. V jiných škůdcích jsou neogregariny málo časté (WEGENSTEINER 2004).

Skupinu kokcií reprezentuje kokcie *Adelina sericesthis* (W. BEARD), která je poměrně častá v ponravách chroustka, chrousta mlynaříka a dalších v půdě žijících larv brouků. K uvolnění zralých cyst dochází až po uhynutí nakažených ponrav a po jejich destrukci půdními roztoči čeledi Tyroglyphidae. Cysty jsou odolné proti vyschnutí a trávícím šťávám roztočů a drží se ve vrstvách, ve kterých probíhá vývoj ponrav. Dostávají se do jejich potravy a promoužou populaci v nápadných ohniscích.

Mikrosporidie, dnes řazené k primitivním houbám, dříve považované za prvoky, tvoří nejpočetnější skupinu patogenů u všech druhů lesních škůdců. Využívají se v nejrůznějších tkáních všech vývojových stadií hmyzu, kam pronikají z nakažené potravy, transovariálním přenosem ve vajíčku nebo s kontaminovaným kladélkem parazitických Hymenoptera.

Pro mikrosporidie jsou typické spory vejčitého tvaru a stejné velikosti, vybavené polovým vláknem, které vystřelují do buněk zaživacího traktu hostitele. Mikrosporidie rodu *Unikaryon* se vyvíjejí v podélné a okružní svalovině střeva dospělců *Ips typographus* nebo *Ips duplicatus* (SAHLB.), u posledního až v 10 % a více. Pouze ve střevě kůrovců se vyvíjí *Chytridiopsis*, mikrosporidie, která vytváří vředovitá ohniska a její kulovité spory jsou uzavřeny v tlustostěnné kulovité cystě po 16 až 30 kusech. Mikrosporidie vyvolávají společné epizootie s virem polyedrie u gradujících škůdců jako bekyně a roztékající se virotická housenka rovněž uvolňuje spory mikrosporidie, které by jinak čekaly na uhynutí hostitele déle. Mikrosporidie samotné vytvářejí chronická onemocnění, se zřetelnou mortalitou u housenek bekyní nebo housenic pilatek hlavně v kombinaci s virózou. Jsou skupinově specifické pro určité hostitele, jejich namnožování je možné na laboratorních chovech, ale mikrosporidiový materiál není k dispozici na trhu insekticidů (WEGENSTEINER 2004).

Poděkování: Příspěvek byl vypracován v rámci řešení grantového projektu GAČR č. 526/02/D149: „Studium využití bakulovirů u lýkožroutů rodu *Ips* (Coleoptera: Scolytidae) na smrku“.

Literatura

- BEGON M., HARPER J. L., TOWNSEND C. R. 1997: *Ekologie jedinci, populace a společenstva*. Vydavatelství University Palackého, Olomouc, 950 s.
- BURZYNSKI J. 1970: Biologische Bekämpfungsmethoden von Forstschadlingen. Tagungsber. Deut. Akad. Landwirtschaftswiss. Berlin 10: 37-42
- BURZYNSKI J. 1976: Z historii i praktyki ogniskowo-kompleksowej metody biologicznej ochrony lasu. *Práce Instytutu Badawczego Lesnictwa*, Nr. 494: 13-20
- CANKOV G. 1964: The use of certain entomophagous insects in the biological control of the European pine shoot moth. *Gorskotop. Nauka*, 4: 61-70
- CEBALLOS G., ZARKO E. 1952: The biological control of an outbreak of *Diprion pini* (L.) on *Pinus silvestris* in the Sierra de Albarracín. *Madrid Inst. Esp. Entomol.*: 1-38 (in Spanish)
- ČAPEK M. 1971: Výsledky pokusov s introdukciov vaječných parazitov mnišky veľkohlavej na Slovensku. *Lesnícky časopis*, 17: 127-137
- ČAPEK M. 1985: Využitie nepriateľských organizmov v biologickom boji proti živočíšným škodcom: 374-389. In: Stolina M. (ed.): *Ochrana lesa. Príroda*, Bratislava, 480 s.
- ČAPEK M. 1994: Biologický boj. In: *Lesnícký naučný slovník*. MZe, Praha, 88-89
- FANKHÄNEL H. 1963: The use of egg parasites of the genus *Trichogramma* against the pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana* SCHIFF., during 1960 - 1962. *Beitr. Entomol.* 13: 643-653 (in German)
- FANKHÄNEL H., ZELETZKI C. 1964: The development of the endoparasite *Misocyclops pini* KIEFFER (Proctotrupoidae: Scelionidae) and its use against *Thecodiplosis brachyntera* SCHWAEGRICHEN (Diptera: Cecidomyiidae). *Beitr. Entomol.*, 14: 707-730 (in German)
- HLUCHÝ M., ZACHARDA M. 1994: *Prostředky a systémy biologické ochrany rostlin*. Biocont Laboratory, s. r. o., Brno, 80 s.
- KIMBERLING D. N. 2004: Lessons from history: predicting successes and risks of intentional introductions for arthropod biological control. *Biological Invasions*, 6: 301-318
- KOEHLER W. 1970a: The theoretical background of the „Complex method“. *Tagungsber. Deut. Akad. Landwirtschaftswiss.* Berlin, 110: 31-35 (in German)
- KOEHLER W. 1970b: The importance of *Trichogramma* species in the reduction of *Rhyacionia buoliana* SCHIFF. populations. *Tagungsber. Deut. Akad. Landwirtschaftswiss. Berlin*, 110: 177-183 (in German)
- KRUSHEV L. I. 1960: The use of *Trichogramma* in the biological control of the European pine shoot moth. *Sb. Nauch. Rab. Inst. Les. Kchozj.*, 13: 198-204 (in Russian)
- LEPPA N. C., DELFOSSE E. S. 1995: The increasing significance of biological control and an overview of regulations governing biological control organisms. In: Fothergill L. C., Gottschalk K. W. (eds): *Proceedings USDA Interagency Gypsy Moth Research Forum*. United States

- Forest Service, NE Forest Experiment Station General Technical Report NE-213, Delaware, Ohio, s. 9-19
- MAKSIMOVIĆ M., BJEGOVIĆ P., VASILJEVIĆ L. 1970: Maintaining the density of the gypsy moth enemies as a method of biological control. *Zast. Bilja*, 21 (107): 1-15
- POSTNER M. 1962: Biological control of *Agevillea abietis* HUBAULT (Diptera: Cecidomyiidae). *Verh. 11th Int. Congress Entomol. Wien*, 1960, 2: 711-713 (in German)
- PULTAR O., WEISER J. 2004: Výsledky posledních patologických studií dominantních kůrovců v NP Šumava a jejich využití. In: *Sborník referátů 28. setkání lesníků tří generací na téma „Nebezpečí kůrovce v roce 2004“* 19. 3. 2004 (Praha - Novotného lávka). Česká lesnická společnost, VÚLHM Jíloviště-Strnady, Lesnická práce, s. 82-88
- ROSSI D. 1966: Biological control of *Evetria buoliana* (SCHIFF.) *Note Appunti Sper. Entomol. Agr. Perugia*, 11: 1-14 (in Italian)
- RYVKIN B. V. 1955: Some new methods to control forest insect pests. *Les. Khoz.*, 8: 58-60 (in Russian)
- SAPIRO V. A., MALYSEVA M. S. 1970: Zur Begründung von Methoden integrierter Forstschutzmassnahmen gegen laub- und nadelfressende Schädlinge. *Biol. Bek. Meth. Von Forstschädln.*: 51-58
- SCHEPETILNIKOVA V. A. 1970: The knowledge about eggs parasites of the genus *Trichogramma* and their use against insects pest in agriculture and forestry. *Tagungsber. Deut. Akad. Landwirtschaftswiss.* Berlin, 110: 117-136
- SCHWENKE W. 1964: Succesfull experiments using Chalcidids (Hymenoptera) for biological control of *Diprion pini* (L.) (Hymenoptera: Tenthredinidae) and *Panolis flammea* (SCHIFF.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Z. Angew. Entomol.*, 53: 179-183
- SZMIDT A. 1959: The use of *Dahlbominus fuscipennis* (ZETT.) (Hymenoptera: Chalcididae) against sawflies (Hymenoptera: Diprionidae). *Poznan. Tow. Przyj. Nauk*, 1: 1-57
- ŠVESTKA M. (ed.) 2003: *Seznam povolených přípravků na ochranu lesa*. MZe, Lesnická práce, Praha, 41 s.
- ŠVESTKA M. 2004: Gradace bekyně velkohlavé (*Lymantria dispar* L.) na jižní Moravě v roce 2004. *Zpravodaj ochrany lesa*, 10: 10-13
- ŠVESTKA M., PULTAR O. 2004: Biologická ochrana před housenkami bekyně velkohlavé. *Zpravodaj ochrany lesa*, 9: 9-11
- TURNOCK W. J., TAYLOR K. L., SCHRODER D., DAHLSTEN D. L. 1976: Biological control of pests of coniferous forests. In: Hufftaker C. B., Messenger P. S. (eds.): *Theory and Practise of Biological Control*. Academic Press., New York, San Francisco, London, s. 289-311
- WAAGE J. K. 2001: Indirect ecological effects in biological control: the challenge and the opportunity. In: Wajnberg E., Scott J. K., Quimby P. C. (eds.): *Evaluating Indirect Ecological Effects of Biological Control*. CAB International, New York, s. 1-12
- WARREN N. O., TADIĆ M. 1970: The fall webworm, *Hyphantria cunea* (DRURY). *Arkansas Agr. Exp. Sta. Bull.*, 759: 1-160
- WATERS W. E., DROOZ A. T., PSCHORN-WALCHER H. 1976: Biological control of pests of broad-leaved forests and woodlands. In: Hufftaker C. B., Messenger P. S. (eds.): *Theory and Practise of Biological Control*. Academic Press., New York, San Francisco, London, s. 313-336
- WEGENSTEINER R. 2004: Pathogens in bark beetles. 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*, Kluwer Academic Publishers, s. 291-313
- WEISER J. 1966: *Nemoci hmyzu*. Academia, Praha, 556 s.
- WEISER J. 1987: Patterns over place and time. In: Fuxa J. R., Tanada Y. *Epizootiology of insect diseases*. John Wiley & sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, s. 215-242.
- WEISER J., MRÁČEK Z. 1988: *Parazitické hlístice*. Academia, Praha, 260 s.
- ZÚBRIK M., NOVOTNÝ J. 1997: Egg parasitation of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) in Slovakia. *Biologia, Bratislava*, 52: 343-350

Adresy autorů:

Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.
VÚLHM Jíloviště-Strnady
Pracoviště Frýdek-Místek
Nádražní 2811
738 01 Frýdek-Místek
holusaj@seznam.cz

RNDr. Jaroslav Weiser, DrSc.
Entomologický ústav AV ČR
Branišovská 31
370 05 České Budějovice

METODY DIAGNOSTIKY CHOROB DŘEVIN

LIBOR JANKOVSKÝ, JAKUB ŠMERDA, DAGMAR PALOVČÍKOVÁ

V posledních letech je možno pozorovat akceleraci nových projevů chřadnutí lesních dřevin na celém území ČR. Zatímco dříve bylo možno chřadnutí relativně jednoduše vysvětlit přítomností tzv. škůdců, u nových projevů chřadnutí se obtížně hledá predispoziční, iniciační i mortalitní stresor. Převažuje těžko definovatelné synergické působení komplexu faktorů. Spolu s tím se zákonitě mění i celé pojetí ochrany lesů. Ta se ve své klasické podobě zaměřovala na výskyt a působení tzv. škodlivých činitelů. V současnosti musí ochrana lesů vysvětlovat příčiny chřadnutí na základě komplexní syntézy údajů ze všech příbuzných disciplín, především pak fyziologie rostlin, biochemie, bioklimatologie, pedologie, geochemie apod. Přes zřetelný pokrok zůstává základem ochrany rostlin přesná diagnostika. V současném pojetí jsou požadavky na identifikaci organismu rozšířeny o potřebu stanovit příčinu chřadnutí, resp. úlohu zjištěného organismu v chřadnutí. V následujícím textu uvádíme přehled metod, které se v současné době používají pro determinaci hub.

Diagnostické metody

Diagnostické metody je možno rozdělit na (a) symptomatické, kdy identifikačním znakem jsou znaky patogena jako plodnice, mycelium, hniloba aj., nebo projevy choroby na rostlině; (b) kultivační metody jsou založeny na identifikaci patogena na základě jeho izolace, determinace se pak provádí na základě morfologických znaků na kolonii, biologickými testy intersterility, případně testy inkompatibility, možno použít i dále uvedené biochemické metody; (c) biochemické metody jsou založeny na analýze přítomnosti markerů, ať již jde o charakteristické znaky produkce isoenzymů, imunologické metody, nebo přímo DNA markery. Pouze ve speciálních případech odlišení velmi blízkých druhů se používá sekvenování.

Symptomatické metody

Tradiční metody diagnostiky patogenů jsou založeny na makroskopických a mikroskopických znacích patogena, jako je morfologie plodnic, tvar, velikost a další znaky výtrusů. Většinu dřevních hub je možno identifikovat podle charakteristických plodnic. V některých případech je nutno rovněž zkoumat mikroskopické znaky, včetně studia charakteru dužniny, stavby pokožky klobouku, chemické reakce dužniny apod.

Výrazným znakem jsou rovněž projevy choroby na rostlině. Řadu dřevních hub je možno identifikovat již podle

charakteru hniloby. Infekce se projevuje i morfologickými změnami na rostlině, které jsou pro některé choroby specifické.

Tyto metody jsou relativně jednoduché, jsou však použitelné pouze za předpokladu, že organismus fruktifikuje. Identifikace organismu ve vegetativním stavu je obtížná s malou přesností. Lze konstatovat, že řadu patogenních organismů je možno se značnou dávkou přesnosti identifikovat přímo v terénu.

Vlhké komůrky

Pro jednoduchou diagnostiku sypavek a dalších chorob se používá metoda tzv. vlhkých komůrek, kdy se část rostliny vloží do vlhkého prostředí, kde houba vytvoří fruktifikační orgány. Problémem této metody je skutečnost, že v těchto podmínkách se daří i řadě dalších organismů, které nemají k poškození žádný vztah a patogena přerůstají. Touto metodou jsou pak zjištěny i další organismy, které nemají žádný vztah k chřadnutí a mohly kolonizovat substrát sekundárně během transportu. Náročná je pak především interpretace zjištěných výsledků. Diskuse jsou především nad výsledky získanými studiem mykoflóry výřezů dřeva inkubovaných ve vlhkých komůrkách, resp. interpretací významu spektra zjištěných druhů. Organismy z vlhkých komůrek je možno určit na základě klasických determinačních metod, nebo je možno je izolovat a dále kultivovat.

Kultivační metody

Především pro potřeby identifikace mikroskopických organismů slouží metody, které jsou založeny na izolaci organismů a jejich následné kultivaci v podmínkách *in vitro*. Identifikace se pak provádí na základě morfologie kultur *in vitro*, růstových charakteristik, růstu na různých typech médií apod. Používány jsou rovněž metody, které se zakládají na studiu kompatibility izolovaného mycelia s testovacími kmeny. Tyto kultivační metody se uplatňují především v případech, kdy je třeba zjistit přítomnost patogenů v pletivech.

Izolace organismů

Štěpinková metoda je založena na odebrání kousku infikované tkáně, její povrchové sterilizaci a následné kultivaci na ztužených živných médiích. Z pletiv obvykle vyrůstá

širší spektrum organismů často spolu s povrchovou kontaminací. K povrchové sterilizaci se používá nejčastěji etanol a chlornan sodný. I přes povrchovou sterilizaci dochází ke kontaminaci řadou dalších druhů hub. Kultury je nutno vyčistit, tedy odstranit nebo potlačit sekundární organismy. Čištění se buď provádí pasážováním, tedy postupným očkováním na nová média, nebo se používají fungicidní, případně baktericidní látky. Pro některé skupiny hub je možno k čištění použít jako přídatek do média thiobendazol, antibiotika, sulfonamidy. Po chemickém čištění však musí následovat pasážování. Řada organismů je přítomností pesticidů pouze potlačena a pasážováním je nutno vyloučit možné kontaminace.

V rámci práce laboratoře lesnické fytopatologie a mykologie na LDF MZLU v Brně se nám nejvíce osvědčila metoda, kdy po povrchové sterilizaci lihem, případně i chlornanem sodným je vzorek pokládán přímo na sladinné médium. Pro speciální účely je možno použít i selektivní média.

Izolace pomocí pastí „baiting method“

Mezi kultivační metody je možno zařadit i metody, kdy je organismus izolován do tkáně zdravé rostliny, nebo plodů. Jednou z cest, která může tedy vést k úspěšné izolaci hub např. z rodu *Phytophthora* je využití patogenního potenciálu této houby k hostitelskému pletivu pomocí pastí „baiting method“. Jedna z z modifikací této metody je metoda „green apples“ (STREITO 2003). Jako testovaný materiál se vkládají do dužniny zeleného jablka vzorky dřeva a kůry, případně dalších částí pletiv rostlin.

Testy intersterility

Testy intersterility haploidních mycelií jsou založeny na makromorfologických změnách růstu mycelia v čistých kulturách jako vnější projev změn jaderných poměrů. V praxi se těchto testů používá například při druhové determinaci václavků, kde je bifaktoriální pohlavní systém václavků řízen dvěma alelami An a Bn (KORHONEN, HINTIKA 1974, KORHONEN 1978, 1980). V laboratoři se testuje reakce známého mycelia haploidního testeru s haploidním monosporickým izolátem. Ten vzniká z jedné spory, která je pomocí monosporického izolátoru přenesena z želatinové, nebo agarové plotny na živné médium, kde posléze vyklíčí. Je možné použít rovněž metody zředovací, kdy se ve vodě s přidavkem detergentu, který zabraňuje shlukování spor, vytvoří suspenze, která se nanáší na agarovou plotnu. V párových testech mezi testerem a haploidním myceliem je pak sledována reakce. Pokud jde o stejný druh a haploidní mycelia jsou geneticky kompatibilní, pak dochází k somatogamii a vzniku dikaryotického, u václavků též diploidního mycelia. V případě heterozygotních václavků má každá spora jinou pohlavní polaritu. Je tedy nutno provádět křížové testy. Může dojít k následujícím případům:

- **Inkompatibilní reakce ($A_1B_1 \times A_1B_1$):** obě kultury rostou vedle sebe bez vzájemného ovlivnění a beze změn v morfologii růstu

- **Kompatibilní reakce ($A_1B_1 \times A_2B_2$):** obě kolonie prorůstají v homogenní kolonii, která záhy mění morfologii růstu. Bílé vzdušné mycelium monosporického izolátu se mění v tmavě zbarvenou, přitisklou, korovitou kolonii. Často je tato změna doprovázena zvýšenou tvorbou rhizomorfů.

- **Hemikompatibilní reakce ($A_1B_1 \times A_1B_2$ nebo $A_1B_1 \times A_2B_1$):** u jedné z kombinací dochází k prorůstání mycelií podobně jako u inkompatibilní reakce, u druhé kombinace dochází k tvorbě baráže mezi oběma koloniemi. Hemikompatibilní reakce se může ve zvýšené míře vyskytovat také u geograficky izolovaných populací téhož druhu.

V praxi je tento test prováděn tak, že čtyři známé testovací kultury – testery různé polarity, jsou na Petriho misce v párových testech testovány s monosporickým izolátem. Jde-li o zástupce téhož biologického druhu, dojde ke shora uvedeným možnostem, tj. alespoň v jednom případě ke kompatibilní reakci. K bezpečnému určení je třeba většího počtu testů s monosporickými izoláty téhož kmene. Nevýhodou tohoto testu je především časová náročnost. Test je možno vyhodnotit nejdříve za 6 – 8 týdnů. Další nevýhodou je nutnost obměňovat po určité době testovací kmeny z důvodu poklesu jejich aktivity při kultivaci in vitro.

Testy kompatibility vegetativních a haploidních testerů

Testy kompatibility jsou obdobné jako testy intersterility. Testuje se však dikaryotické vegetativní mycelium s haploidním nebo dikaryotickým testerem. Při kontaktu mycelií odlišných druhů dochází ke vzniku baráží či jiných více či méně patrných zón. Tyto zóny se však tvoří i v případě stejného druhu, ale geneticky odlišných mycelií, tzv. biologických druhů. K druhové determinaci je možné tento test použít pouze u některých druhů.

U václavků dochází k procesu obdobnému Bullerovu fenoménu, kdy u navzájem kompatibilních mycelií přijme haploidní mycelium párové jádro z mycelia dikaryotického (RAPER 1966). U václavků může být donorem pravděpodobně i diploidní subhymenium. Přesný mechanismus přesmyku haploidního jádra mezi diploidním a haploidním myceliem není znám. V případě kompatibilní reakce dojde v řadě případů opět ke změně morfologie růstu haploidního mycelia, obdobně jako u testů dvou haploidních mycelií. Obvykle bílé vatovité vzdušné mycelium haploidního izolátu mění svou morfologii v tmavě pigmentovanou kornatou kolonii. Nekompatibilní reakce se může projevit vznikem více či méně zřetelné baráže nebo vytvořením černé linie nebo tmavé zóny mezi oběma testovanými koloniemi. Není to však podmínkou.

Testy diploidních a haploidních mycelií jsou výhodné zvláště díky své jednoduchosti provedení. Problematickou však zůstává interpretace výsledků a nutnost použít k testování větší spektrum testovacích kmenů. U déle kultivovaných kmenů se také snižuje jejich aktivita a „ochota“ k příjmu jádra.

Možnosti aplikace této metody jsou omezeny některými podmínkami:

- haploidní testy musí pocházet ze stejné geografické oblasti jako testovaná kultura
- testovaná kultura musí být testována minimálně se 4 haploidními testery, větší rozsah testu dává spolehlivější výsledky
- kontrolu je možno provádět nejdříve po 3 týdnech, další kontrolu po dalších 3 týdnech; vyhodnocení provést srovnáním výsledků na všech testovaných miskách a zachytit všechny změny, jako změna morfologie růstu testeru (změna bílého vatovité vzdušného mycelia v kůru pseudosklerocia), tvorba černých linií mezi oběma mycelii, tvorba baráže apod.
- pokud nebyly první testy úspěšné, je nutno je opakovat s větším počtem kmenů
- tuto metodu lze však použít u velmi úzkého okruhu hub
- testování trvá několik týdnů

Kompatibilita vegetativních mycelií (somatická kompatibilita)

V řadě případů se při testování druhové kompatibility stopkovýtrusých hub využívá vzájemné reakce vegetativních izolátů. Vzájemné prorůstání je pak považováno za znak vzájemné kompatibility. Interpretace takových výsledků však může být sporná. Kompatibility diploidních mycelií je využíváno k mapování genet václavek (a také kořenovníku vrstevnatého *Heterobasidion annosum*) v lesních ekosystémech (GUILLAUMIN et al. 1994, WAHLSTRÖM, VOLLBRECHT 1992, MAREK, LEŠOVÁ 1997).

Biochemické metody

Mezi biochemické metody je možno řadit metody na bázi isoenzymové analýzy, metody imunologické, které používají vlastností antigenů a metody založené na základe molekularní biologie.

Isoenzymová analýza

Rozdíly v zastoupení isoenzymů skýtají možnost urychlení laboratorního určení některých skupin hub. Isoenzymy jsou definovány jako enzymy stejné funkce, ale různého složení. Diskovou elektroforézou na tenké vrstvě polyacrylamidu byly zkoumány isoenzymové profily esteráz, dehydrogenáz (sukcinát dehydrogenáza, 6-fosfoglukonát dehydrogenáza), polyfenoloxidázy u václavek (MORRISON 1985, MORRISON et al. 1989, BÉRUBÉ 1994) aj. Výhodou isoenzymové analýzy je její nezávislost na jaderné fázi zkoumaného mycelia. Pro potřeby analýzy lze využít čerstvé napěstované mycelium nebo i v tekutém dusíku zmrazené plodnice.

Imunologické testy

Snaha o urychlení determinace vedla k hledání metod, které by byly rychlejší než biologické testy kompatibility a přesnější než klasické morfologické determinační metody. Přítomnost specifických bílkovin a tvorby antigenů využívá celá řada imunologických testů, které byly s úspěchem vyzkoušeny při determinaci celé řady mikroorganismů. LUNG et al. (1985) úspěšně vyzkoušeli imunofluorescenční elektroforézu k rozlišení václavek. Více autory byl úspěšně použit imunologický test ELISA na zjištění jednotlivých václavek (PRIESTLEY et al. 1994). Výhodou použitého ELISA testu je jednak rychlost, kdy lze získat výsledky již za 24 hodin, a také fakt, že je možno k testu použít například tlející dřevo nebo jiný infikovaný substrát. Srovnávací antigeny jsou získávány imunizací laboratorních myší. K vlastní imunizaci jsou používány buď nízkomolekulární frakce proteinů, získaných z lyofilizovaného mycelia, rozdělené na polyacrylamidovém gelu, nebo přímo preparátem z lyofilizovaného mycelia.

Hlavní výhodou je především úspora času, kdy lze získat výsledky za 24 hodin oproti 3 – 8 týdnům při párových testech.

Aplikace molekularní biologie

V uplynulém století došlo k obrovské akceleraci rozvoje nových vědních oborů, které brzy našly rozsáhlé uplatnění v řadě aplikovaných disciplín a staly se záhy běžnou součástí praktického života. Prudký rozvoj některých disciplín dokonce předstihl prognózy a mnohdy zaskočil i odbornou veřejnost. Jednou z takových disciplín je i molekularní biologie, která se rychle přesunula z laboratoří špičkových pracovišť do každodenního života.

Molekularní biologie je v posledních desetiletích jednou z nejvíce se rozvíjejících disciplín, který pronikl do řady oborů jiných a stal se jejich běžnou součástí. Přestože v současné době je využití molekularní biologie v lesnictví považováno v České republice stále spíše za záležitost výzkumu, v horizontu několika let lze očekávat s vývojem rutinních metodik rychlý přechod do oblasti výzkumu aplikovaného až do servisní činnosti. Podobně tomu bylo i v jiných disciplínách, jako např. medicíně, mikrobiologii, botanice a dalších.

Je zřejmé, že metodiky založené na molekularní biologii, resp. biochemii najdou široké uplatnění v lesnictví. V současnosti jsou aplikace PCR využívány ke studiu genetických vlastností lesních dřevin, ke studiu příčin chování neofytů, k rozlišení kritických druhů patogenů ve fytopatologii, k exaktní druhové determinaci mykorrhizních hub na kořenech lesních dřevin, ke studii genetické variability zvěře apod.

Metodiky molekulární biologie

Hlavním výzkumným a aplikačním směrem v molekulární genetice je charakteristika genotypů pomocí analýz DNA.

Používají se především metody:

PCR – polymerázová řetězová reakce založená na amplifikaci fragmentů DNA, které mohou být elektroforeticky separovány a tím mohou být stanoveny rozdíly mezi genotypy

RFLP – polymorfismus délky restričních fragmentů detekovaný štěpením DNA restričními enzymy, které specificky rozpoznávají určité krátké sekvence DNA

RAPD – detekce polymorfismu náhodně amplifikovaných úseků DNA, založená na principu PCR metody

Sekvenování – stanovení pořadí nukleotidů DNA, využívá se k detekování sekvence nukleotidů určitého genu

Pro potřeby fytopatologie nachází uplatnění především modifikace PCR. Problematickým místem je výběr správných DNA markerů. K přesné detekci a determinaci houbového patogena slouží především sekvenování známých, konzervativních úseků DNA a jejich porovnávání s veřejně přístupnými databázemi. Tato metoda je sice velmi citlivá, ale časově a finančně náročná, nevhodná pro rutinní aplikace a vyžadující sekvenční zařízení. Velkou výhodou těchto metodik je relativně velká rychlost a spolehlivost determinace. Při aplikaci rutinních metodik typu PCR je možno dobu determinace zkrátit na 2 – 4 hodiny.

Závěr

Přesná a rychlá diagnostika patogenního organismu umožňuje včasné nasazení ochranných prostředků. Mnoho rostlinných patogenů je identifikováno až na základě vnějších symptomů a morfologie fruktifikačních orgánů, které se vyskytují až v pokročilé fázi choroby. Determinace v případě časných stadií infekce na zelených listech či jehlicích lesních dřevin není klasickými metodami možná, resp. není možno bezpečně rozlišit původce při výskytu symptomů. Klasická diagnostika je časově i prostorově náročná a vyžaduje znalosti specialistů v oblasti taxonomie a systematické biologie.

Při diagnostice původců chorob jsou v současné fytopatologii ve stále větší míře uplatňovány biochemické metody, resp. molekulárně biologické metody. Některé skupiny patogenů rostlin jsou dnes determinovány téměř výlučně některými z biochemických testů, ať již jde o ELISA testy, nebo v současnosti stále více využívané PCR testy. Metodicky je možno takto diagnostikovat řadu kritických skupin patogenů dřevin, včetně odlišení velmi blízkých druhů. V České republice je aplikace molekulární biologie v lesnictví, resp. fytopatologii považována spíše za záležitost výzkumu. Identifikaci některých skupin organismů však již zvládlo několik týmů. Dle zkušeností ze zahraničí je možno v horizontu několika let očekávat dynamický rozvoj molekulární biologie i v lesnické fytopatologii a rychlý přechod do oblasti výzkumu aplikovaného až servisní činnosti díky aplikaci rutinních metodik.

Literatura

- RAPER J. R. 1966: *Genetics of sexuality in higher fungi*. New York, Ronald Press.
- GUILLAUMIN J. J., MOHAMMED C., ABOMO-NDONGO S. 1994: Vegetative incompatibility and sexual systems of *Armillaria* isolates from tropical Africa. In: *Proceedings of the Eighth International Conference on Root and Butt Rots*, 349-354
- WAHLSTRÖM K. T., VOLLBRECH G. 1992: Distribution of *Armillaria ostoyae*, *Armillaria borealis* and *Armillaria cepistipes* in two conifer stands in Sweden. In: *Infection Biology of Armillaria Species: in vitro pectinolytic activity, infection strategy field distribution and host responses*. *Dr. Agric. Thesis. Swed. Un. of Agr. Sc. Uppsala*, 1-17
- MAREK J., LEPŠOVÁ A. 1997: Druhy rodu *Armillaria* v lesních porostech jižních Čech, 163-165. In: *Drevoznehodnocující huby 97. Sborník referátů TU vo Zvolene*.
- MORRISON D. J. 1995: Identity of *Armillaria* isolates used in studies of rhizomorf behavior and pathogenicity. *Mycol. Res.* 95 (12): 1437-1438
- MORRISON D. J., CHU D. et JOHNSON A. L. S. 1985: Species of *Armillaria* in British Columbia. *Canadian Journal of Plant Pathology* 7: 242-246
- BÉRUBÉ J. A. 1994: Identification of Newfoundland *Armillaria* species using isoenzymes. In: *Proceedings of the Eighth International Conference on Root and Butt Rots*, 355-366
- LUNG-ESCAARMANT B., TARIS B. 1989: Nouvelles methodes de determination des *Armillaires* europeens: immunologie et electrophorese en gel de polyacrylamide. *European Journal of Forest Pathology* 15: 278-288
- PRIESTLEY R., MOHAMMED C., DEWEY F. M. 1994: The development of monoclonal antibody based ELISA and dip – stick assays for the detection and identification of wood infected with European species of *Armillaria*. In: *Proceedings of the Eighth International Conference on Root and Butt Rots in Wik and Haikko*, 498-503

Adresy autorů:

Doc. Dr. Ing. Libor Jankovský, Ing. Dagmar Palovčíková
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav ochrany lesů a myslivosti
Zemědělská 3, 613 00 Brno
jankov@mendelu.cz, palovcik@mendelu.cz

Ing. Jakub Šmerda
Masarykova univerzita v Brně
Přírodovědecká fakulta, Katedra botaniky
Kotlářská 2, 611 37 Brno
jsmerda@mail.muni.cz

HOUBY V OCHRANĚ LESA

FRANTIŠEK SOUKUP, VÍTĚZSLAVA PEŠKOVÁ

Role hub v lesních ekosystémech je mimořádná. Houby jako heterotrofní organismy vyžadují k svému životu již hotové organické látky, jejichž primárními producenty jsou téměř výlučně zelené rostliny, a tedy také lesní dřeviny. Úloha hub v rozkladné činnosti (dekompozici) organických látek je nejen v lesích, ale obecně v celé přírodě nezastupitelná a daleko převyšuje význam dalších destruentů (dekompozitorů, rozkladačů) organické hmoty z řad aktinomycetů a bakterií. (Uvádí se – na základě měření tzv. aktivity dekompozice – že rozkladná činnost houbami je 2 – 3x vyšší než působená bakteriemi – KLÁN 1989.)

Houby však dokáží získávat ke svému životu potřebné organické látky i z živých organismů, a to symbioticky (za nejčastější je považována symbióza s cévnatými rostlinami, která se označuje jako mykorhiza, a s řasami či sinicemi, označovaná jako lichenismus). Tyto druhy hub, jež získávají živiny od partnera, s nímž společně žijí, označujeme jako symbionty (na rozdíl od úvodem zmiňovaných saprotrofů). Jako extrémní případ symbiotického způsobu života lze ostatně chápat i parazitismus, kde je vztah jednostranně vychýlen ve prospěch houby.

V našem příspěvku se hodláme zaměřit na houby z lidského (hospodářského) hlediska „prospěšné“ či „užitečné“, a sice na možnosti využití hub k boji proti škodlivým biotickým činitelům (především parazitickým houbám) a k posilování životaschopnosti lesních dřevin (podpořením jejich mykorhizace).

Houby – antagonisté

Tzv. biologické způsoby obrany proti škodlivým činitelům byly v popředí pozornosti již dávno. V lesích byly pozorovány případy potlačení rozvoje parazitické houby další houbou (hyperparazitem). Jako příklad lze uvést houbu *Tuberculina maxima*, která cizopasí na ložiscích jarních výtrusů rzi vejmutovkové – *Cronartium ribicola*, jiný zástupce tohoto rodu – *Tuberculina persicina* napadá rzi borového jehličí z rodu *Coleosporium*. Padlí napadají houby z rodu *Cicinobolus*, na plodnicích dřevokazných chorošů nezřídka cizopasí některé hlenky (*Myxomycetes*). Rovněž v přírodě byl odpozorován antagonistický vztah hub z rodu *Trichoderma* (především druhů *Trichoderma viride* a *T. harzianum*) vůči ostatním půdním houbám (PŘÍHODA 1959).

Tato pozorování podnítila rozsáhlý výzkum možnosti využití této biologické obrany přímo v lesnickém provozu. Byla připravena a odzkoušena celá řada biopreparátů na bázi hub, z nichž v současné době jsou pro používání v lesním hospodářství v ČR povoleny dva, a sice Polyversum a Supresivit.

Supresivit je biologický přípravek ve formě dispergovatelného prášku, jehož aktivní složku tvoří konidie houby *Trichoderma harzianum*. Je vhodný k moření osiva, ošetření substrátů, závlivky sazenic a semenáčků, máčení kořenů školčovanců. Brání vzniku a šíření houbových chorob působených půdními houbami. Obdobně působí i přípravek Polyversum, jehož aktivní složku tvoří oospory houby *Pythium oligandrum*.

V zahraničí je spektrum používaných biologických přípravků založených na bázi houbových organismů daleko širší – můžeme jmenovat např. PreFeRal (na bázi *Paecilomyces fumorosoreus*), Mycotal (na bázi *Verticillium lecanii*), které jsme orientačně zkoušeli např. proti padlí dubovému (SOUKUP 2002). V naprosté většině se však i zde jedná o přípravky dobře působící především v půdě a ovlivňující kořenové systémy dřevin.

Snaha o využití antagonistických hub proti dřevokazným stopkovýtrusým houbám, speciálně pak proti kořenovníku vrstevnatému, vyústila v přípravu biopreparátů na bázi houby *Phlebiopsis gigantea* (jejích oidiích). Tyto preparáty se využívají k ošetřování (inokulaci) čerstvých pařezů, aby se tak předešlo jejich napadení kořenovníkem, václavkou či klikorohem borovým. První z těchto preparátů byl vyroben v Anglii. U nás jsme v posledních letech orientačně zkoušeli polský přípravek Pg-POSZWALD, který vykazuje dobré účinky především v borovici. Přípravek Rotstop, vyráběný ve Finsku, který jsme zatím neměli příležitost otestovat, vykazuje údajně dobrou účinnost i ve smrku a byl by zřejmě v našich podmínkách k obraně proti šíření kořenovníku vhodnější.

V tomto příspěvku je třeba se zmínit i o dalším ověřovaném biopreparátu Boverol (na bázi houby *Beauveria bassiana*), který byl v současné době zkoušen proti ponravám chroustů r. *Melolontha* (podrobnější údaje jsou uvedeny v příspěvku J. HOLUŠI & J. WEISERA v tomto sborníku).

Houby – symbionti

Mykorhiza je specifickou formou symbiózy. Vyskytuje se u více než 95 % rostlinných druhů; zcela nemykorhizní jsou pouze rostliny vodní, některé rostliny žijící na zamokřených stanovištích a mnohé rostliny ruderalní.

Experimentálně bylo zjištěno, že u rostlin s mykorhizními kořeny je zvýšen příjem živin, především fosforu, dusíku a draslíku, zejména pokud jsou tyto látky v prostředí v nízkých koncentracích nebo v nerozpustné formě. Mykorhiza má ještě jednu významnou schopnost – dovede přijaté minerální látky kumulovat a v období nedostatku živin je pak uvolňovat a předávat hostitelské rostlině. Rostlina pak záso-

buje mykorhizní houbu cukry, především monosacharidy. Mykorhizní symbióza je procesem oboustranně výhodným. Existují dva základní typy mykorhiz: **ektomykorhizy** a **endomykorhizy**. Endomykorhizy se mohou dále dělit na podtypy ektendomykorhizy, arbuskulární mykorhizy, erikoidní mykorhizy, mykorhizy arbutoidní a monotropoidní, orchideoidní mykorhizy (PETERSON et al. 2004).

Kořeny dřevin v oblastech mírného pásma vytvářejí ektomykorhizu se specifickými druhy hub. Převážná většina ektomykorhizních kořínků má velmi charakteristickou anatomickou stavbu. Krátké ektomykorhizní kořínky postrádají kořenové vlášení, které je charakteristické pro nemyorhizní kořínky. Vyskytují se především na kořenech v nejsvrchnějších vrstvách půdy s vysokým obsahem surového humusu.

Na povrchu kořínků infikovaných mykorhizní houbou se vytváří hyfový plášť, růst kořínků se zpomalí a dochází k jejich charakteristickému větvení. Z povrchu pláště často vyrůstají do půdního prostředí další myceliální struktury (extramatrikální mycelium, hyfové provazce a rhizomorfy). Do nitra kořene houba mechanicky proniká prostorami mezi buňkami primární kůry, kde vytváří tzv. Hartigovu síť, která je jedno- i vícevrstevná. V době optimálního rozvoje vzniká velmi rozsáhlá kontaktní plocha vzájemného styku mezi mykobiontem a hostitelem. Tento velký povrch umožňuje i značně velký objem vzájemné výměny látek. V přírodních ekosystémech hraje významnou roli, protože mezi ektomykorhizní druhy patří všechny důležité dřeviny (smrk, borovice, jedle, dub, buk, bříza atd.) a čeled dvoukřídlačovitě (*Dipterocarpaceae*). Některé listnaté dřeviny mohou vytvářet jak ektomykorhizy, tak i endomykorhizy (olše, vrba, lípa aj.). Předpokládá se, že kolem dvou tisíc druhů hub může vytvářet ektomykorhizy, přičemž největší počet druhů hub patří do třídy stopkovýtusých (*Basidiomycetes*) a vřekovýtusých (*Ascomycetes*) (VOSÁTKA 2002).

Endomykorhiza není na kořenech rostlin prostým okem patrná. Houbová vlákna pronikají z okolní půdy do kořenů, nejen do mezibuněčných prostorů, ale i do buněk vnitřní kůry. Tím se opět zlepšuje příjem látek prospěšných pro rostlinu. Nejběžnějším typem je arbuskulární mykorhiza. Ta vytváří charakteristické rozvětvené útvary (arbuskuly), které mají funkci vstřebávací; později se tvoří v buňkách kořenů kulovité útvary (vezikuly), které mají funkci zásobní. Arbuskulární mykorhiza byla zjištěna u většiny rostlin z čeledi cévnatých. Houby vytvářející endomykorhizy patří do třídy hub *Zygomycetes* (ROSPAL et al. 2003).

Mykorhizní symbióza je zcela nezbytná pro rychlý, zdravý růst a vývoj hospodářsky významných lesních dřevin. Dovoluje stromům překonávat kritické růstové fáze za nepříznivých podmínek. Mykorhizní semenáčky jsou podstatně odolnější vůči suchu, anorganickým i organickým toxickým látkám, patogenním mikroorganismům, kolísání půdní acidity a dalším půdním faktorům.

Na kvalitních lesních půdách většinou dochází ke spontánnímu vzniku mykorhiz prakticky u všech domácích dřevin i u mnoha dřevin introdukovaných. Umělá inokulace příslušnou mykorhizní houbou většinou není nutná ani při

zalesňování nelesních ploch, protože se k tomu převážně používají semenáčky vypěstované v lesních školkách, odkud si již přináší odpovídající mykorhizy.

Umělá inokulace se stává výhodnou při introdukci dřeviny mimo oblast jejího přirozeného rozšíření. Je vhodná i při výsadbě autochtonních nebo introdukovaných dřevin v oblastech bezlesých nebo dlouhodobě odlesněných. Rovněž plochy s nepříznivými půdními poměry a nedostatkem půdních mikroorganismů jako výsypky, úložiště popílku, rekultivované skládky jsou vhodné pro uměle inokulované semenáčky. Snahou pěstitelů ve školce by proto měla být produkce sazenic s přiměřeně rozvinutými mykorhizami. Již jednoletý semenáč bývá přirozeně inokulován. Je-li ovšem přirozená inokulace pomalá nebo máme-li zájem o jiné symbiotické vztahy, pak je vhodné přistoupit k umělé mykorhizaci sadebního materiálu, tj. vytvořit mykorhizy pomocí umělé inokulace.

První metody umělé inokulace byly založené na inokulaci půdou či mykorhizními semenáčky. Hlavní nevýhody plynuly z nebezpečí kontaminace půdy nežádoucími mikroorganismy či nemožnost výběru vhodného mykorhizního symbionta. Tyto problémy byly odstraněny vnesením čisté kultury mykorhizní houby do určitého substrátu. Jako efektivní pevné nosiče se ukázaly organické substráty s přidávkou rašeliny a živin. Později byly nahrazeny anorganickými materiály, z nichž se jako nejvhodnější ukázaly vermikulit, perlit nebo keramzit s přidávkou rašeliny (KROPÁČEK, CUDLÍN 1987).

V současné době jsou v ČR pro lesnický provoz vyvinuty přípravky na bázi endomykorhizní symbiózy – Symbivit a ektomykorhizní symbiózy – Ectovit. Jako pevné nosiče se zde uplatňují směs opuky, expandovaného jílu, perlitu a rašeliny. Hlavní složkou inokula je sterilní mycelium čistých kultur hub např. rodu *Glomus*, *Laccaria*, *Lactarius*, *Suillus*, *Boletus*, *Hebeloma* aj. Především u ektomykorhizních dřevin je vysoká specifčnost dřeviny k určitému druhu houby, což by mělo být bráno v úvahu při výběru houbového partnera. Některé přípravky jsou vyráběny v gelové, suché nebo sprejové formě (viz <http://www.symbiom.cz>).

Jestliže srovnáváme růstové podmínky lesních dřevin v různých oblastech naší planety na různých stanovištích, je zřejmé, že stromy s dobře vyvinutou mykorhizní symbiózou jsou lépe adaptovány na nepříznivé podmínky prostředí a rostou lépe. Je nutné si tuto skutečnost uvědomit, protože dochází k neustálému zhoršování kvality životního prostředí, okyselování půd a k akumulaci toxických látek v nich. Proto by se v takto postižených oblastech neměly vysazovat sazenice bez dobře vyvinuté mykorhizy. Jen takové sazenice lépe čelí stresu po přesazení a nepříznivým vlivům prostředí.

Člověk svojí záměrnou i neuvědomělou činností ovlivňuje již celá staletí lesy ve všech částech světa. Změněné půdní podmínky vyžadují pečlivé posouzení, zda místní situace umožňuje semenáčům získat přirozenou mykorhizní infekci nebo zda je nutné nebo účelné podpořit zdárný vývoj mykorhiz umělou inokulací.

Literatura

- KLÁN J. 1989: *Co víme o houbách*. SPN Praha, 310 s.
- KROPÁČEK K., CUDLÍN P. 1987: Příprava granulovaného inokula pro umělou mykorrhizaci sadebního materiálu lesních dřevin. In: *Ekologie mykorrhiz a mykorrhizních hub*. 5. – 7. 10. 1987, Špindlerův Mlýn – Svatý Petr, ČVLS, ČVSM, Správa KRNP, ČSVTS Pardubice, s. 58-64.
- Mycorrhizal technology. For the 3rd Millennium. <http://www.symbiom.cz> (17. 1. 2005)
- PETERSON R. L., MASSICOTTE H. B., MELVILLE L. H. 2004: *Mycorrhizas: Anatomy and cell biology*. NRC Research Press Ottawa, 173 pp.
- PŘÍHODA A. 1959: *Lesnická fytopatologie*. SZN Praha, 363 s.
- ROSPAL S. et al. 2003: *Nový přehled biologie*. Scientia Praha, 797 s.
- SOUKUP F. 2002: Padlí dubové – současné možnosti obrany. *Zpravodaj ochrany lesa VIII*, VÚLHM Jíloviště-Strnady, 3-6
- ŠVESTKA M. a kol. 2003: *Seznam povolených přípravků na ochranu lesa 2003*. Ministerstvo zemědělství, Lesnická práce, 39 s.
- VOŠÁTKA M. 2002: Houbový internet v půdě. *Živa* 5: 203-205

Adresy autorů:

RNDr. František Soukup, CSc., Ing. Vítězslava Pešková
VÚLHM Jíloviště-Strnady
156 04 Praha 5 – Zbraslav
soukup@vulhm.cz, peskova@vulhm.cz

POZEMNÍ APLIKACE PŘÍPRAVKŮ NA OCHRANU LESA – METODY A TECHNOLOGIE, TRENDY, PRAKTICKÉ ZKUŠENOSTI

VIKTOR JANAUER

V současnosti se v lesnictví používá relativně vysoké množství pesticidních přípravků na ochranu lesa. Přestože v posledních letech meziroční spotřeba přípravků na ochranu lesa klesá (zejména díky snižujícímu se objemu repelentů), udržuje se celková spotřeba vyjádřená ve finančním objemu na úrovni cca 150 mil. Kč. Tato suma v přepočtu odpovídá objemu cca 1 500 tis. kg repelentů, více než 160 tis. kg herbicidů, přes 25 tis. litrů pyrethroidů a vyvšuje se 200 – 250 tis. feromonových odparníků. Uvedený objem přípravků a investice do ochrany lesa předpokládá odpovídající využití a nakládání s těmito produkty. Zde se jedná jednak o vztah k životnímu prostředí, jednak samozřejmě také o efektivitu ochrany za předpokladu dostatečné účinnosti. Jedním z limitujících faktorů výše uvedených opatření je odpovídající kvalita a úroveň použití pesticidů a pomocných látek. Zde hraje vlastní aplikace velmi důležitou roli.

Účinnost a efektivita vybrané technologie za použití přípravků na ochranu lesa je dána splněním několika předpokladů. Jedná se zejména o:

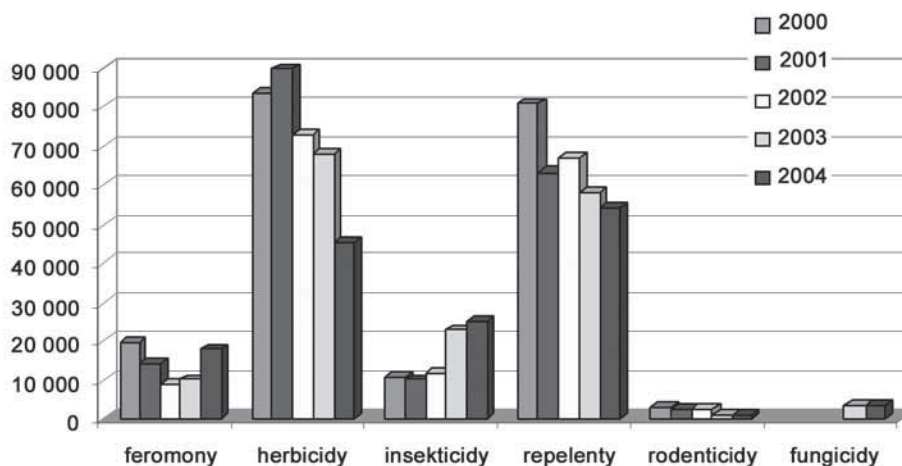
- vhodný výběr přípravku na ochranu lesa v souladu s platnou registrací
- použití zvoleného přípravku v odpovídající agrotechnické lhůtě – jak vzhledem ke stavu škodlivého činitele, tak cílové dřeviny
- použití zvoleného přípravku vzhledem k odpovídajícím podmínkám vnějšího prostředí

• volbu odpovídajícího způsobu aplikace, která je závislá na:

- správné přípravě jichy nebo formulaci přípravku pro aplikaci
- odpovídající volbě aplikačního zařízení
- odpovídající volbě trysek a koncovek postřikovačů nebo rosičů a jím odpovídajícímu tlaku při aplikaci
- správném výpočtu dávek a objemu jichy vzhledem k ošetřované ploše
- dodržení všech podmínek pro udržení odpovídajícího dávkování (rychlost pohybu po ploše, šířka a tvar záběru postřikovače, tlak, eliminace vynechávek a další)

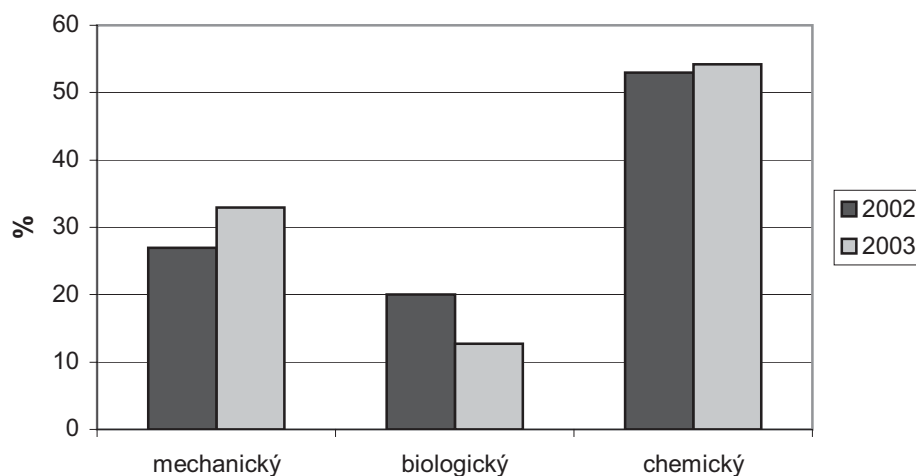
Aplikace přípravků na ochranu lesa je soustředěna víceméně na pozemní aplikační techniku. Zde již po řadu let nedochází k žádným převratným událostem ve vývoji nových zařízení. Při použití malé aplikační mechanizace (zádové postřikovače, motorové rosiče, motorové postřikovače, akumulátorové postřikovače, difuzéry, ruční aplikátory granulátů a některá další zařízení jako např. CDA aplikátory) je vzhledem k přímému styku obsluhy s přípravkem (na rozdíl od zemědělské velkoplošné mechanizace) nutné dbát při výběru přípravků nejen na vlastní účinnost, ale také na možný negativní dopad pro vlastní obsluhu. Většina přípravků uvedených v Seznamu přípravků na ochranu lesa odpovídá v tomto smyslu, zejména v poslední době, náročným předpisům. Přesto většina z nich nese varovné

Porovnání změn obrátu v tis. Kč u hlavních skupin pesticidů v lesním hospodářství ČR
(Zdroj: L.E.S. CR 2004)

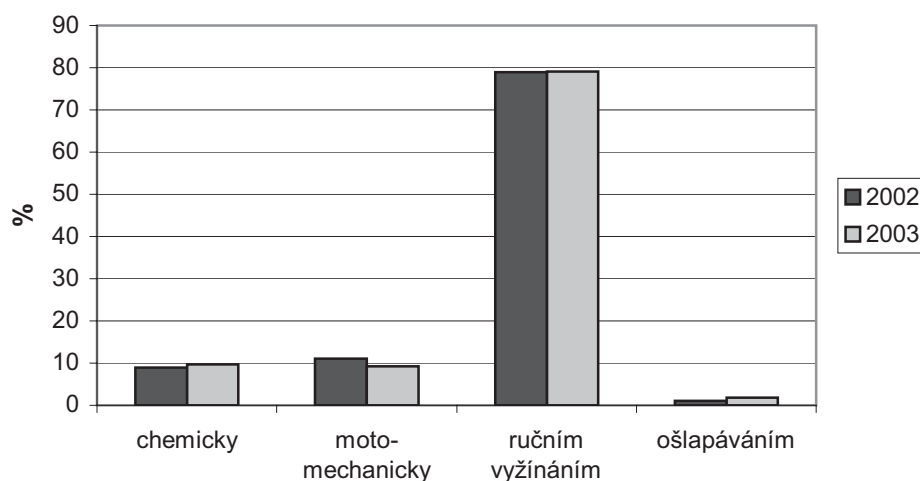


Podíl jednotlivých způsobů ošetření dřevní hmoty proti hmyzu

(Zdroj: L.E.S. CR 2004)

**Podíl jednotlivých způsobů ochrany proti nežádoucímu působení buřene**

(Zdroj: L.E.S. CR 2004)



označení (nejčastěji dráždivé nebo zdraví škodlivé, popř. způsobující senzibilizující účinky). S označením T nebo T+ pro toxické a vysoce toxické přípravky, nebo s přípravky označenými jako jedovaté a zvláště nebezpečné se v lesnictví nesetkáváme.

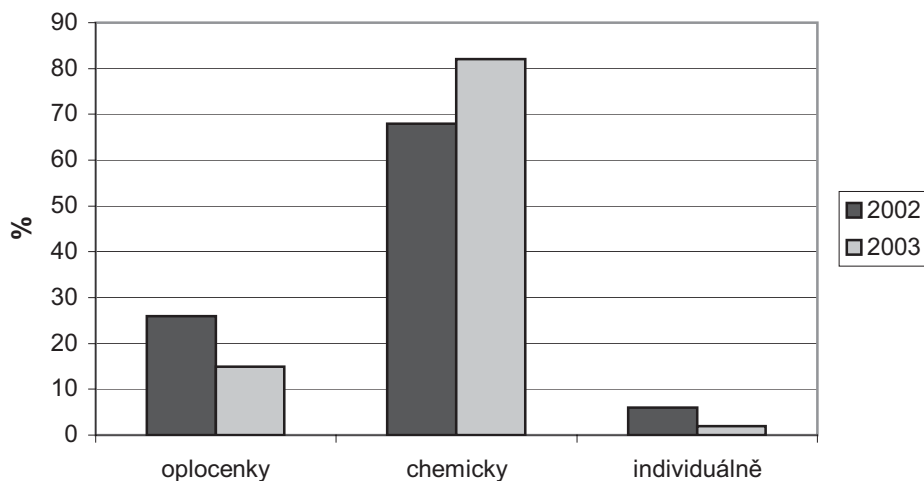
Pro naplnění podmínek pro správnou aplikaci přípravků na ochranu rostlin je dále nutné zajistit stejnoměrnou aplikaci postřikové jichy. Zde se v poslední době stává běžnou podmínkou vybavení postřikovačů tlakoměry. Jak malá mechanizace, tak větší aplikátory a postřikovače jsou dnes z výroby vybavovány zařízením na měření a regulaci tlaku. Zádové postřikovače je dnes možné nahradit motorovými a akumulátorovými postřikovači, kde lze nastavit konstantní tlak v ústí trysky. Velkou nevýhodou při použití aplikačního zařízení v lesnictví je nestejná rychlost pohybu po ošetřované ploše. Ta je dána jednak lidským faktorem, a jednak terénními podmínkami při aplikaci v lesích. Tato

skutečnost se zejména v náročnějším terénu a při menší zkušenosti personálu jeví jako největší problém při aplikaci a je velmi obtížné ji eliminovat. Pro aplikaci je dále limitující výběr odpovídajících trysek. Je možné konstatovat, že každé skupině přípravků na ochranu lesa odpovídá určitý druh trysky.

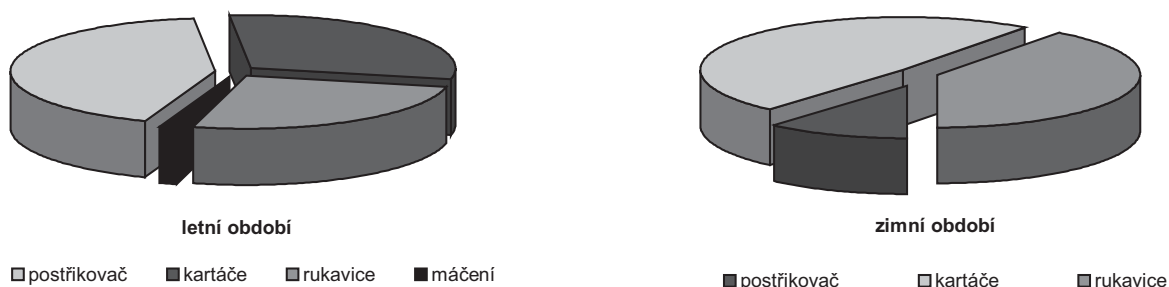
Pro aplikaci herbicidů bývají nejčastěji používány šterbinové nebo nárazové trysky s plochým kuželem. V této kategorii trysek je také možné používat nízkoúletové nebo bezúletové trysky určené pro aplikaci kontaktních herbicidů. Jedná se o zvláštní trysky se speciálním režimem přísávání vzduchu před ústí trysky a tím zvětšení aplikovaných částic jichy.

Velkou skupinou přípravků, které se zejména v poslední době aplikují stále ve větší míře postřikem, jsou repelenty. Vývoj většiny výrobců těchto přípravků vede právě k takto používaným formulacím repelentů. Zde se používají trys-

Podíl jednotlivých způsobů ochrany proti nežádoucímu působení zvěře v letním období (Zdroj: L.E.S. CR 2004)



Podíl využití jednotlivých způsobů aplikace repelentů v lesích ČR (Zdroj: L.E.S. CR 2004)



ky s plným kuželem. Jedná se ponejvíce o plastové trysky s kruhovým ústím. Nejlepších výsledků se však dosahuje s mosaznými tryskami s nastavitelnou velikostí výstupního otvoru trysky, což se projevuje měnitelným objemem aplikovaného přípravku a také průměrem aplikovaného kužele. Mosazné trysky také méně podléhají nepříznivému vlivu abrazivních částic obsažených v repelentních přípravcích.

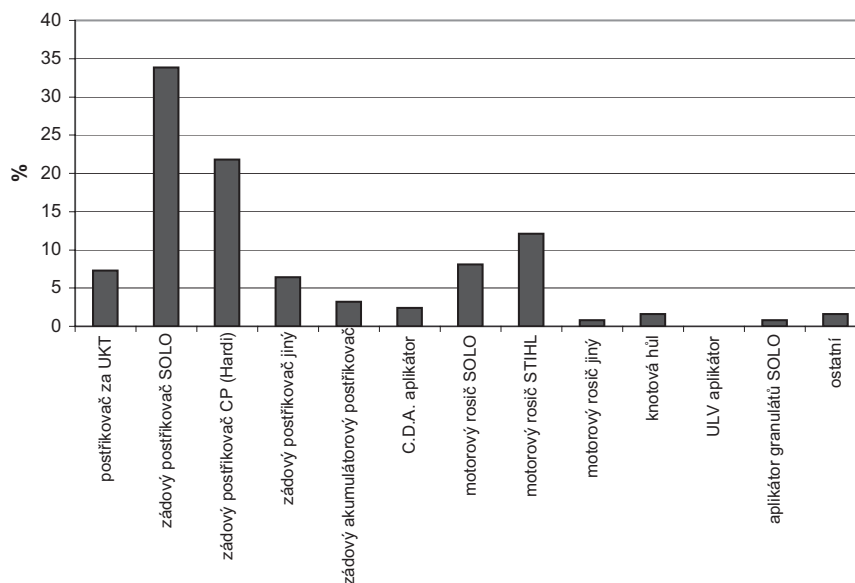
Pro postřik insekticidních a fungicidních přípravků, kde je předpoklad pro rovnoměrnou aplikaci většího objemu jých, se používají trysky s dutým kuželem nebo speciální trysky s plným kuželem. V případě fungicidů a také někdy ve výjimečných případech při asanaci dřeva na skládkách pomocí pyrethroidů je vhodnější – s přihlédnutím k omezenému přístupu a potřebě co největšího pokrytí nestejně rodé plochy – používat vysokotlaké rosiče.

Samostatnou kapitolou zůstávají některé speciální aplikátory. Přes poměrně vysoký úspěch při jejich zavádění na trh se postupně vytrácejí speciální CDA aplikátory. Tyto přístroje mají vynikající vlastnosti pro aplikaci kontaktních

herbicidů, protože herbicidní jých je aplikovaná ve formě kapek o velikosti více než 40 – 100 mikrometrů. Tyto kapky nejsou unášeny větrem, jak je tomu u jých z postřikovačů. Navíc jsou aplikátory vybaveny ochranným krytem a vyměnitelnou hlavici pro aplikaci jiných skupin přípravků (nejčastěji fungicidy a insekticidy). Slabým článkem tohoto zařízení však zůstává vysoká náročnost na jejich údržbu a z technické náročnosti plynoucí vyšší poruchovost. Mezi opomíjené přístroje, v poslední době však používané např. v souvislosti s ošetřením stromů proti klíněnce, patří difuzéry typu Igeba. Tyto přístroje jsou používány víceméně v ojedinelém měřítku.

Na závěr stojí za zmínku aplikátory granulátu. Po dlouhé době se na trhu objevil přístroj od firmy SOLO. Jak známo, zejména ve skupině herbicidů je zavedeno několik přípravků určených k aplikaci ve formě rozptýlu granulí po ploše. Tyto přípravky – „lesnické speciality“ jako např. Velpar 5G – jsou velmi náchylné na rovnoměrnost aplikace, a právě použití tohoto zařízení umožňuje aplikaci rovnoměrného,

**Podíl využití jednotlivých druhů aplikační techniky při aplikaci herbicidů v lesích a lesních školkách v ČR
(Zdroj: L.E.S. CR 2004)**



snadno regulovaného množství přípravku po ploše. Další výhodou se stává výrazně vyšší výkon při aplikaci granulátů a jejich využití nejen pro aplikaci pesticidů.

V lesnictví se využívají pouze v malém měřítku nesené a tažené postřikovače za UKT. Jsou využitelné zejména v intenzivních podmínkách výroby sadebního materiálu, dále při aplikaci herbicidů v oblastech, kde je možné jejich použití v lesích. Určité uplatnění nacházejí tyto postřikovače při asanaci koncentrovaného dřeva na skládkách při ochraně proti hmyzu. Celkově však jejich využití nepřesahuje podíl 7 % z aplikovaného objemu přípravků na ochranu lesa.

Vybraná literatura

- JANAUER V., VOVESNÝ P., KREJČÍŘ R. 2003: *Spotřeba chemických přípravků na ochranu lesa v roce 2003*. Marketingová studie. L.E.S. CR, spol. s r.o., 77 s.
- JANAUER V., KREJČÍŘ R., VOVESNÝ P. 2004: *Spotřeba přípravků a prostředků na ochranu lesa v roce 2004*. Marketingová studie. L.E.S. CR, spol. s r.o., 73 s.
- Kolektiv autorů, 2004: *Ochrana lesa. Zásady používání registrovaných přípravků* (elektronická verze, aktualizace k 1. 9. 2004). L.E.S. CR, spol. s r. o. ve spolupráci s VÚLHM Jíloviště-Strnady

Adresa autora:

Ing. Viktor Janauer
L.E.S. CR, spol. s r.o.
Areál VÚLHM Jíloviště-Strnady
156 04 Praha 5 - Zbraslav
lescr@mbox.vol.cz

VÝVOJ A VYUŽITÍ LETECKÉ TECHNIKY V OCHRANĚ LESA ČR

MILAN ŠVESTKA

Úvod

Již 80 let se využívá letecká technika v lesním hospodářství v Čechách a na Moravě. K prvnímu praktickému odzkoušení letecké aplikace insekticidu proti bekyni mnišce došlo u nás v roce 1926 jako v jedné z prvních zemí světa, hned po Kanadě, USA, Švýcarsku a Německu. Pravidelnější letecko-chemické práce se začaly u nás uplatňovat od 40. let minulého století. Určitý přelom ve využívání letecké techniky co do objemu i sortimentu prací znamenal rok 1980, kdy se uskutečnila rozsáhlá letecká akce proti obaleči modřínovému, která svým rozsahem a nasazením letecké techniky neměla u nás obdobu. Prakticky ve stejné době se začalo ve velkém rozsahu uplatňovat i letecké vápnění lesů a byla uplatněna i technika leteckého vyklizování kůrovcové hmoty z lesních porostů. Kvalitativní posun v letecké aplikaci insekticidů znamenal zavedení ULV aplikace na počátku 90. let a následné využívání satelitních navigačních systémů, kdy se technická úroveň rozptylu přípravků dostala na úroveň nejvyspělejších zemí.

Přehled činností, kde se může uplatnit letecká technika v lesním hospodářství:

- letecké ošetřování proti hmyzím škůdcům
- letecké ošetřování porostů postižených tracheomykózou a nedostatkem živin
- letecké potlačování buřene
- letecká aplikace hmyzích parazitoidů v ochraně před hmyzími škůdci
- letecké vyklizování dřevní hmoty
- letecké vápnění
- letecké vyhledávání a hašení lesních požárů
- letecké monitorování škod v lesích způsobených kalamitami a škůdci
- letecké stereofotogrammetrické snímkování lesů

Letecké ošetřování proti hmyzím škůdcům

Kalamitní výskyt některých hmyzích škůdců (bekyně mniška, bekyně velkohlavá, obaleč modřínový, ploskohřbetka smrková, pilatka smrková a další) představuje závažný problém, který si vyžaduje nasazení letecké techniky.

Historie aplikace insekticidů u nás začíná ve 20. letech minulého století, kdy byly ve formě popraše používány vysoce toxické (např. arsenové) přípravky. Později od druhé poloviny 40. let dominovaly přípravky na bázi chlorovaných uhlovodíků (DDT, technické HCH, lindan), které byly v 60. letech formulovány jako olejové roztoky pro nízkooob-

jemové aplikace olejovými tryskami s dávkami 10 - 20 l/ha. Od 70. až do počátku 90. let dominovala aplikace formou postřiku pomocí vodních trysek s využitím plošníků Z-37-A, Z-137-T, AN-2 a vrtulníků Mi-2. Aplikovaly se převážně přípravky ze skupiny organofosfátů a pyrethroidů ve formě emulzních koncentrátů, nebo smáčitelných prášků, které se ředily vodou na objemovou dávku 50 - 100 l/ha. Po zavedení ULV aplikace pomocí atomizérů na počátku 90. let se objem dávek aplikovaných na jeden hektar snížil na 2 - 10 litrů. Vedle chemických insekticidů se aplikují i biopreparáty, které mají selektivní účinek a nepoškozují užitečný hmyz ani ostatní necílové organismy. Na počátku nového století se začaly používat i lehké moderní vrtulníky specializované na ochranu rostlin.

Při kalamitním přemnožení hmyzích škůdců v lesních porostech představuje letecká aplikace přípravků často jedinou možnost obrany. Letecké zásahy proti hmyzím škůdcům se realizují v nadmořských výškách od 200 do 1 300 m. V horských polohách jsou častější nepříznivé povětrnostní podmínky a nižší hustota pracovních letišť. Vzhledem k časově omezenému intervalu, kdy je možno účinný zásah vykonat, je třeba nasadit dostatečnou kapacitu letecké techniky vzhledem k plošnému rozsahu zásahu a obvyklým meteorologickým podmínkám. Např. v roce 1980 bylo při zásahu proti obaleči modřínovému v Krkonoších a Jizerských horách na ploše 46 000 ha nasazeno 12 plošníků AN-2, 6 plošníků Z-37-A a 7 vrtulníků Mi-2, což byla téměř celá celostátní kapacita letecké techniky pro letecko-chemickou činnost v zemědělství.

Kvalita ošetření lesního porostu závisí na dosažené pokryvnosti listů nebo jehlic kapičkami přípravku. Proto významným činitelem, který ovlivní kvalitu ošetření vedle hustoty asimilačních orgánů v korunách stromů, délky korun a hustoty porostu, bude jednak dodržení stanovené výšky letu, rozestupu pracovních letů a zejména produkce kapičkového spektra předepsaných parametrů. Z tohoto pohledu je rozhodující uplatnění vhodné aplikační techniky.

Zvláštním případem je letecké ošetřování polomové hmoty za účelem prevence i částečné redukce početnosti kůrovců. Pokusné aplikace za tímto účelem proběhly v roce 1976 u Jemnice a v roce 1985 u Jaroměřic nad Rokytinou. Byly použity vodní emulze pyrethroidních přípravků aplikované vrtulníkem Mi-2 v objemové dávce 100 - 200 litrů/ha.

Technologie ULV aplikace

Poznatky získané koncem 60. let v USA přinesly nový přístup a podstatné změny v technologii obranných zásahů proti přemnoženým hmyzím škůdcům v Kanadě i USA. Ukázalo se, že aplikace insekticidů je neúčinnější, je-li průměr kapének menší než 50 mikronů. Optimální z hlediska účinnosti je dokonce velikost kapiček v rozmezí 10 – 20 mikronů. Při použití tradičních vodních trysek na leteckém aplikačním zařízení je obvykle na optimální velikost rozptýleno jen 1 % objemu aplikované látky. Z tohoto pohledu je zřejmé, že až do 90. let praktikovaná aplikace objemové dávky 100 litrů/ha vodou ředěného přípravku byla v té době výrazně technicky zaostalá. Zjednodušeně řečeno platí, že stejný nebo lepší efekt může přinést technicky kvalitní aplikace jednoho litru koncentrovaného přípravku.

Základní předpoklady pro uplatnění nové strategie představovalo jednak použití aplikačního zařízení umožňujícího rozptýlovat účinnou látku na požadované malé kapičky a dále použití přípravku formulovaného pro tento účel, jehož kapičky nevysychají při pádu do porostu a odolávají smývání.

Technologie ULV aplikace využívá k rozptýlu přípravku rotační atomizéry, které aplikovanou jichu rozptýlují na miniaturní kapičky a umožňují používat velmi nízké objemové dávky (minimálně až 2 l/ha). V zahraničí jsou využívány různé typy atomizérů firmy Micronaire (pro plošníky poháněné proudem vzduchu, pro vrtulníky s elektromotorem), dále typy Beecomist z USA a AR 470.01 z Polska, v obou případech i s elektrickým pohonem pro vrtulníky.

U nás proběhly v 80. letech zkoušky maďarských atomizérů Uniro-4 na vrtulníku Mi-2, avšak pro technické problémy nebyly zkoušky dokončeny. Oproti tomu zkoušky atomizérů Autorot X-20 na letadle Z-37-T prokázaly jejich využitelnost, ale jejich zavedení zabránil nedostatek přípravků formulovaných pro ULV aplikaci.

Zavedení ULV letecké aplikace u nás umožnily výsledky společného česko-kanadského projektu, realizovaného ve VÚLHM v letech 1991 – 1992. Aby při malých aplikovaných objemech 2 – 5 (10) l/ha při ULV aplikaci byla zajištěna dostatečná pokrývnost, je nezbytné rozptýlit přípravek na tak malé kapičky, aby bylo zaručeno dostatečné pokrytí jehlic nebo listů a účinnost na škůdce. Výzkumy prokázaly, že v jehličnatých porostech je optimální velikostní skupina v rozmezí 15 až 60 mikronů, neboť tyto kapičky dobře pronikají korunami stromů a ulpívají na jehlicích. Menší kapičky neulpívají na jehlicích a jsou odnášeny vzdušným prouděním. Větší kapičky silně omezují celkový počet produkovaných kapek (jedna kapka o průměru 300 mikronů obsahuje tisíc kapek o průměru 30 mikronů) a často padají na zem, takže nemají žádný význam. V listnatých porostech je za optimální považována velikost kapiček v rozmezí 50 až 150 mikronů.

Ještě v roce 1992 byla ULV aplikace odzkoušena u Hodonína v ohnisku silného přemnožení bekyně velkohlavé na ploše 50 ha. V následujících letech 1993 a 1994 pak na jižní Moravě následovaly úspěšné provozní zásahy s využitím ULV aplikace biopreparátu Foray 48 B v dávce 3 – 4 litry/ha proti housenkám bekyně velkohlavé v celkovém rozsahu 5 580 ha.

V období gradace bekyně mnišky v ČR v letech 1994 a 1995 tato technologie aplikace chemických přípravků i biopreparátů dominovala a byla uplatněna na 98 % z celkové rozlohy 28 234 ha ošetřených porostů. V roce 1995 byly k dispozici již čtyři letadla s atomizéry Micronaire AU 4000 – 2x, AU 500, AU 7000. V případě ochrany smrkových porostů proti bekyni mnišce byla převážně použita objemová dávka 10 litrů insekticidní jichy/ha, což je již objem charakterizující nízkoobjemovou (LV) nikoliv ULV aplikaci. Určitá konzervativnost je v tomto případě důsledkem skutečnosti, že v případě přemnožení bekyně mnišky hrozí jednorázový silný žír, který může znamenat zánik smrkových porostů. Proto byla použita již dříve ověřená objemová dávka 10 litrů/ha. Je však nepochybné, že vývoj bude směřovat i v tomto případě ke snižování objemu aplikovaného přípravku na hodnoty odpovídající úsporné ULV aplikaci, tj. pod 5 litrů/ha.

Dalším přínosem výzkumu pro uplatnění ULV aplikace v ochraně lesa bylo odzkoušení elektricky poháněných atomizérů AR 470.02 na vrtulníku Mi-2 z Polska v roce 1995. Výsledky prokázaly vyhovující technickou kvalitu tohoto zařízení, které ve spojení s vrtulníkem může být užitečné při zásazích v členitém terénu a na menších plochách. Vrtulník byl následně využit při zásazích proti pilatce smrkové na severní Moravě, společně s plošníky Z-37-T s atomizéry Micronaire.

Satelitní navigační systémy

Další významnou okolností podmiňující účinnost ULV aplikace je dostatečně přesné dodržování stanovených průletů (pracovního záběru) letadel. V tomto směru došlo k revolučnímu technickému pokroku zavedením satelitních navigačních systémů. V polovině 80. let byly i pro civilní účely vyvinuty globální navigační systémy označené GPS, založené na satelitní technologii. Americký systém 28 satelitů obíhajících kolem Země ve výšce 23 000 km umožňuje určení polohy s přesností plus minus 1 m. Různé firmy vytvořily navigační systémy pro leteckou i lodní dopravu a také pro letecké aplikace v zemědělství, lesnictví i pro fotogrammetrické práce.

První výzkumné odzkoušení satelitního navigačního systému TrimFlight určeného pro letecko-chemickou činnost organizoval VÚLHM v roce 1995 ve spolupráci s výrobcem systému z Nového Zélandu.

Navigační systém byl zabudován do čtyřmístného letadla L-60 Brigadýr. V lesních porostech poblíž Moravských Budějovic byla vyznačena pokusná plocha o výměře cca 20 ha pro praktické ukázky funkce systému TrimFlight a dále určena pokusná plocha o výměře 130 ha, na které byl realizován pokus, při kterém byla porovnána přesnost simulované aplikace s použitím a bez použití předmětného navigačního systému.

Programové vybavení zahrnuje různé možnosti volby směru a způsobu nalétávání ošetřovaných ploch, definování leteckých polí ze vzduchu nebo zavedení souřadnic

z GIS, zpracování grafického i číselného záznamu a vytištění zprávy. Po zavedení souřadnic leteckého pole do systému Trimflight je okamžitě k dispozici výměra tohoto pole, dle stanoveného pracovního záběru také počet pracovních průletů a v průběhu ošetřování po každém pracovním průletu má pilot informaci o čase, rychlosti letu, aplikační dávce, délce průletu, době aplikace i procentickém podílu plochy již ošetřené části leteckého pole. V číselném záznamu o letu mohou být i další údaje dle doplňkového vybavení.

Grafický záznam pořízený při využití navigačního systému ukázal přesnost nalétávání i návaznost pracovních záběrů. Systém umožňuje zpřesnění aplikace pesticidů (včetně biopreparátů) nebo hnojiv a také přesnější letecké snímkování či okulární záznam, např. kůrovcových stromů. Pilotovi umožní odvést kvalitnější práci a také ji prokázat pomocí grafického i číselného záznamu. V číselném záznamu je možno přesně zjistit dobu případné poruchy, změny parametrů aplikace, změny meteorologických podmínek apod. a v grafickém záznamu i přesně lokalizovat místo v terénu, kdy ke změně (poruše) došlo. Odběrateli letecké práce (vlastníkovi či správci lesa) pak umožní kontrolu kvality leteckého ošetření a tím i hospodárnosti využití vynaložených prostředků a zvýší se také pravděpodobnost dosažení žádaného účinku.

Je však třeba uvážit, že přesná aplikace pesticidů je jen jednou z podmínek dosažení vyhovující účinnosti a to vedle vhodného přípravku a jeho dávky, vhodné doby zásahu a meteorologických podmínek po zásahu atd. Také pozice letadla v okamžiku rozptýlu není obvykle místem dopadu aplikovaného přípravku, takže důsledné dodržování aplikace při stanovených meteorologických podmínkách je stále nezbytné.

Od precizní letecké aplikace dosažené s pomocí satelitního navigačního systému je možno očekávat zlepšení účinnosti zásahu, lepší využití drahých aplikovaných látek, snížení aplikovaných dávek, snížení nutnosti opakovaných zásahů na téže ploše pro nedostatečný účinek a to vše přinese snížení nákladů (úspory) a event. menší zátěž přírodního prostředí. Z hlediska hygienického, vodohospodářského i ochrany přírody je velmi významná možnost před aplikací

stanovit (naprogramovat) rozsah ochranných pásem kolem zdrojů pitné vody, vodotečí, vodních nádrží, chráněných území, rezervací a následně i kontrolovat, jak byla tato omezení respektována.

Pro odběratele letecké práce (majitele lesa) přináší použití navigačního systému možnost vyloučení nutnosti předem vyznačovat letecká pole, např. praporci upevněnými nad korunami stromů. Pro přenesení polohy hraničních (rohových) bodů leteckého pole do navigačního systému stačí navést pilota při rekognoskačním letu nad tyto body v terénu. Ještě lepší možnost je v případě existence digitalizované mapy, kdy lze souřadnice hraničních bodů leteckého pole přenést před pracovním letem do navigačního systému.

V současnosti již satelitní navigační systém pro civilní využití je oddělen od vojenských navigačních systémů a tím došlo k zjednodušení možnosti využití i k radikálnímu snížení pořizovací ceny, takže je možné široké využití.

Letecké ošetřování porostů postižených tracheomykózou a nedostatkem živin

Od roku 1984 se při tracheomykózním onemocnění dubových porostů využívá letecká technika (An-2, M-18, Z-37-T) s klasickými vodními tryskami při aplikaci kyseliny borité a přípravku Ibefungin. Význam kyseliny borité jako víceúčelového přípravku spočívá kromě fungistatické funkce i ve funkci hnojiva a přípravku, který pomáhá uvolňovat živiny z půdy. Jedná se o polohy do nadmořské výšky 500 m, obvykle s menší členitostí terénu a relativně hustší sítí pracovních letišť. Dubové porosty se vyznačují řídkými, propustnějšími korunami. Plošníky se využívají na ucelenějších komplexech porostů, vrtulníky na menších nesouvislých plochách. Vzhledem k vysoké aplikační dávce 400 - 500 l/ha se používají postřikovací zařízení, která produkují větší kapičky.

Potřeba přihnojování lesních porostů vznikla v souvislosti s omezováním vlivu imisí i odstraňováním poruch

Letecká technika pro aplikaci pesticidů

Typ letadla		Druh aplikačního zařízení	Maximální nosnost v kg	Pracovní rychlost km/hod	Pracovní výška m	Pracovní záběr m
An – 2	plošník	vodní trysky	1 500	140	15	25
M-18	plošník	vodní trysky	1 500	170	15	25
Z-37-A	plošník	vodní trysky M 63-3130	600	130	10	23
		atomizéry Micronaire	600	130	10	30
Z-37-T	plošník	vodní trysky M 82	900	160	10	25
		atomizéry Micronaire	900	160	10	30
Mi – 2	vrtulník	vodní trysky	700	30 - 90	10	25
		atomizéry AR 47.01	700	30 - 90	10	30
Hughes 369 E	vrtulník	atomizéry Beecomist	300	20 - 100	10	10
Robinson R-22	vrtulník	trysky Tee-jet	150	20 - 100	10	12

v živinové bilanci lesních ekosystémů. Na základě listových analýz jsou letecky doplňovány chybějící živiny formou postřiku ve velkých objemových dávkách. Používají se plošnice s klasickými tryskami. Hnojení lesních porostů tekutými hnojivy má za cíl okamžité doplnění výživy stromů v oblastech, kde jsou podmínky pro lesní porosty nepříznivě ovlivněny imisemi nebo jinými činiteli. Aplikace tekutých hnojiv umožňuje rovnoměrnější a přesnější rozdělení hnojiva po ploše a při foliární aplikaci je okamžitě účinná. Aplikují se velké objemové dávky cca 400 l/ha. Používá se stejná letecká technika jako při ošetřování porostů s tracheomykózním onemocněním.

Letecké potlačování buřeně

Při potlačování lesní buřeně na rozsáhlých kalamitních plochách byla v minulých letech odzkoušena a v omezeném rozsahu prakticky uplatněna letecká aplikace herbicidních přípravků, a to formou postřiku v objemech 100 – 200 litrů/ha, nebo formou rozptýlu granulovaného přípravku v hektarové dávce 30 – 40 kg. Byly použity herbicidní přípravky na bázi hexazinonu, glyphosatu a fluazifop-butilu.

Letecká aplikace herbicidů byla uplatněna:

- při přípravě kalamitních ploch na zalesňování
- při ochraně vysazených lesních kultur před buřeně

Při těchto aplikacích je nutno věnovat maximální pozornost povětrnostním podmínkám při aplikaci a technice letu, aby se předešlo úletu herbicidu mimo cílové plochy. U tekutých přípravků je potřebné produkovat velké kapičky se středním objemovým průměrem 300 mikronů a víc. Mezní hodnota rychlosti větru je 2 m/sec a minimální relativní vlhkost 50 %. Nevhodná je radiační tepelná inverze, při které může dojít k odnosu malých kapiček na větší vzdálenosti. Pro aplikaci tekutých přípravků byl používán vrtulník Mi-2 s vodními tryskami.

Problémy s úletem kapiček při aplikaci tekutých přípravků eliminuje aplikace granulovaných přípravků. Granule lépe zasahují cílovou plochu a nejsou tak ohroženy úletem v důsledku působení větru. Při aplikaci granulátů bylo odzkoušeno rozmetací zařízení RT-350 nesené vrtulníkem Mi-2. Byla aplikována sekundová dávka 1,03 kg granulátu, při výšce letu 20 m a rychlosti letu 70 km/hod. V rovinném terénu bylo možno ošetřovat i letecká pole o rozloze od 2 ha. Neméně důležitou okolností je volba termínu aplikace vzhledem k působení použitého herbicidu na chráněnou dřevinu i potlačovanou buřeně. Cílem je redukce buřeně bez poškození lesních dřevin.

Pokusně byla tato technologie potlačení buřeně v borových kulturách odzkoušena u Valtic v roce 1979 a ve smrkových kulturách u Luk nad Jihlavou v roce 1980 a v provozním měřítku pak využita v letech 1986 – 1990 při přípravě půdy před zalesněním a při ochraně kultur na rozsáhlých holinách u Velkého Meziříčí vzniklých po větrné kalamitě v roce 1984.

V současnosti by pro případnou aplikaci herbicidů vyhovovaly nejlépe vrtulníky Hughes 369 E a Robinson R-22, které mají velkou manévrovací schopnost a mohou aplikovat i při malé rychlosti 10 – 30 km/hod.

Letecká aplikace hmyzích parazitoidů v ochraně před hmyzími škůdci

Ochrana životního a přírodního prostředí je stále významnější. Náhrada chemických přípravků biologickými prostředky je žádoucí. V lesním hospodářství se již běžně v praxi využívají při letecké aplikaci přípravky na bázi bakterie *Bacillus thuringiensis* a začínají se uplatňovat virové preparáty. Tyto biologické přípravky na bázi mikroorganismů jsou formulovány v tekuté podobě a aplikují se formou ULV aplikace, obdobně jako chemické přípravky.

Zcela nové využití biologického boje představuje aplikace parazitoidů r. *Trichogramma* (drobněnka), resp. jejich vajíček do porostů napadených škůdcem, kterého daný druh *Trichogrammy* po vylíhnutí napadá, resp. ničí jeho vajíčka. Tato technologie již byla odzkoušena v zemědělství při ochraně kukuřice před zavíječem. Předpokládá vybudování laboratorního zařízení pro masový chov *Trichogrammy* a produkci potřebného množství vajíček, která se letecky rozptýlí do napadených porostů. Používají se kapsule naplněné vajíčky *Trichogrammy*, které se pomocí tzv. rozhozovače na letadle rozptýlí na ošetřovaný pozemek. Vedle klasických zemědělských letadel se pro tento účel jeví možné využití ultralehkých letadel. V lesním hospodářství dosud tato technologie nebyla využita. Potenciální možnosti využití je využít proti plaskohřbetce smrkové (*Cephalcia abietis*), jejíž vajíčka v přírodě drobněnka často výrazně redukuje.

Letecké vyklizování dřevní hmoty

Další oblastí, kde se v lesním hospodářství a ochraně lesa využívá letecká technika, je doprava dřevní hmoty, obvykle napadené kůrovcem. První zkoušky použitelnosti vrtulníku Mi-8 při dopravě dřeva u nás proběhly v roce 1969, kdy byly ověřeny technologie dopravy svazků rovného dřeva a jejich uložení na vlečku nebo do člunu a posouzena možnost využití při přírodních kalamitách. Dále v roce 1981 byl vrtulník nasazen k dopravě dřeva z ploch, kde padající stromy ohrožovaly železniční trať. Od roku 1980 byly vrtulníky Mi-8 využívány k dopravě kůrovcového dřeva z lokalit nepřístupných pro klasické pozemní technologie, např. v okolí Broumova, v Krkonoších a na Šumavě.

V rámci zkoušek s vrtulníkem Mi-8 byly prověřovány jeho možnosti při uplatnění technologie dopravy dřevní hmoty v celých délkách při kalamitách. Dále byly řešeny problémy stabilizace dopravované dřevní hmoty, která při vyšších rychlostech vrtulníku má velké zpětné vychýlení. Při zkouškách byl vrtulník vybaven přístroji na měření hmotnosti dopravované nákladu a hákem s automatickým rozpojením, pro automatický odhoz transportovaného dřeva. Ze zkoušek vyplynulo, že dřevní hmotu je možno dopravovat v plném závěsu, v polozávěsu a vlečením po zemi. Při plném závěsu se náklad dřeva uvazuje na dvou místech a to v 1/4 a 3/4 délky. Takto upevněný náklad se při vyšších rychlostech zpětně vrací a snižuje bezpečnost letu. Snižování rychlosti nepříznivě ovlivňuje ekonomické ukazatele dopravy. Zpětné vychýlení za letu, bez snížení rychlosti, je možno

odstranit vložení kmene s korunou (nejlépe smrku), který potom ve svazku působí jako kormidlo. Při vzdálenosti letu do 0,7 km byla dosažena maximální rychlost letu s nákladem opatřeným kormidlem 130 km/hod, bez zpětného vychýlení. Při dopravě nákladu bez kormidla byla dosažena maximální rychlost 70 km/hod.

Jestliže se dřevní hmota dopravuje v polozávěsu, je na nosné lano vrtulníku připevněno tolik úvazkových lan, kolik je kmenů ve svazku. Při dopravě dřeva v polozávěsu nedochází k nepříznivému vychýlení nákladu zpět, proto je dosahována vyšší rychlost oproti dopravě dřeva v plném závěsu s kormidlem.

Při zkouškách bylo v daných podmínkách zjištěno, že nosnost vrtulníku na nosném laně činila 2,8 tuny. Ukázalo se, že je možno vléct náklad o hmotnosti 3,7 tuny na ploše bez překážek, při rychlosti 200 m/min.

Při praktickém využití dopravy kůrovcového dříví v Broumovských stěnách v letech 1984 – 1985 v nadmořské výšce 500 m byla práce organizována tak, že současně byla v terénu tři pracoviště. Na jednom z nich se uvazuje náklad a mezitím na druhých dvou pracovištích probíhá těžba stromů a příprava kmenů pro dopravu. Koordinace letů byla zabezpečena vysílačkou. Pokud je nasazeno více vrtulníků, každý pracuje na určitém teritoriu, jejichž vzdálenost neklesne pod 3 km. Každé teritorium je vybaveno kompletní technikou a personálem. Minimální hmotnost jednoho nákladu byla stanovena na 1,8 tuny a maximální hmotnost závisela na okamžité teplotě. Hmotnost se zjišťuje pomocí palubního dynamometru. Dopravní vzdálenost kolísala od 0,5 do 2,5 km. Průměrný čas jednoho cyklu dopravy v polozávěsu nepřevyšoval 6 – 8 minut. Na místě těžby se v režimu visení vrtulníku zapnou lanové úvazky na hák nosného lana a v místě skládky se lanové úvazky odepnou.

Pro dopravu kůrovcového dřeva vrtulníkem jsou potřebné následující předpoklady:

- kabina s dobrým výhledem pilota
- průmyslová televize pro urychlení přesného navedení nad cíl
- kontrolní vážící zařízení včetně zápisu hmotnosti
- zařízení pro rychlý automatický odhoz nákladu při dotyku s povrchem skládky
- vybavení radiostanicí pro spojení s pozemními pracovišti
- vhodné signalizační zařízení určené pro pozemní pracovníky

Letecká technika pro vápnění

Typ letadla		Druh aplikačního zařízení	Maximální nosnost kg	Pracovní rychlost km/hod	Pracovní výška m	Pracovní záběr m
An – 2	plošník	poprašovací tunel RTŠ-1	1 500	140	25	16
M – 18	plošník	rozmetací zařízení D 98	1 500	170	20	20
Z-37-T	plošník	poprašovací zařízení M 82	900	160	30	17
Mi – 8	vrtulník	závěsné rozmetadlo	2 670	130	30	16
Mi – 2	vrtulník	rozmetací zařízení RT-350	700	40 - 100	30	30
Hughes 369 E	vrtulník	závěsné rozmetadlo	500	20 - 100	10	10 - 15

Letecké vápnění

Antropogenní imise jsou v mnoha směrech nesrovnatelné s ostatními škodlivými činiteli poškozujícími lesní porosty. Poškozují lesy velkoplošně, dlouhodobě a totálně rozvracejí lesní ekosystémy. Nepříznivý vliv imisí, i když jeho rozsah postupně klesá, je dlouhodobý. Nepřímo k stabilizaci lesů v imisních oblastech přispívá péče o půdu. Většinou vyžaduje poměrně značný rozsah melioračního vápnění a tam, kde došlo k výraznějšímu ochuzení půdy o živiny, i doplňkové hnojení „na list“.

Velkoplošné letecké meliorační vápnění drčeným dolomitickým vápencem se poprvé u nás uskutečnilo v roce 1980. Aplikují se velké dávky až 3 000 kg/ha. K letecké aplikaci byly dosud využity plošníky AN-2, M-18-Dromáder, Z-137-T a vrtulníky Mi-8 a Hughes 369 E.

Technologie aplikace vápence vrtulníkem Mi-8 s podvěsným výsypným kontejnerem se využívá od roku 1985 a je vhodná pro lokality nepřístupné pro pojezdová rozmetadla a pro lokality, kde nasazení plošníků z hlediska letových vzdáleností mezi místy plnění a aplikace je neekonomické a zdoluhavé. Obvykle pokud místo plnění plošníku AN-2 od místa vápnění je dále než 13 km, jeví se nasazení vrtulníku Mi-8 hospodárnější, pokud bude jeho místo plnění od místa vápnění do 1 km.

Meliorační vápnění se obvykle uplatňuje v hřebenových partiích v nadmořských výškách od 700 do 1 300 m n. m. Z toho důvodu je potřebné, aby i v těchto nadmořských výškách zůstaly výkonnostní charakteristiky letadel pokud možno nezměněné. Tomuto požadavku odpovídají motory letadel AN-2 a M-18, jejichž výkonnostní charakteristiky zůstávají bez podstatných změn do výšky 1 500 m n. m. U vrtulníku Mi-8 se vzletová hmotnost podstatně nemění při teplotách od -10 do +10 stupňů a do nadmořské výšky 800 m. Pro srovnání u letadla Z-37-A a vrtulníku Mi-2 zůstávají výkonové charakteristiky nezměněné do nadmořské výšky 400 m. S rostoucí nadmořskou výškou výkon motorů klesá, což se u letadla Z-37 projevuje zvýšenými nároky na délku rozjezdové plochy a u vrtulníku Mi-2 se snižuje maximální startovací hmotnost. U vrtulníku Hughes 369 E se výkonové charakteristiky výrazně nemění do nadmořské výšky 1 000 m.

V posledních letech se u nás při vápnění využívají převážně vrtulníky Mi-8 a Hughes 369 E a plošníky AN-2 a Z-137-T.

Letecké vyhledávání a hašení lesních požárů

Lesní hospodářství je po zemědělství druhým resortem s nejčastějším výskytem požárů, které každoročně způsobují mnohamilionové škody. Jedním ze způsobů jak většinu těchto požárů předejít, případně vzniklý požár v zárodku lokalizovat, je použití letecké techniky. Hlavním úkolem v protipožární ochraně je vykonávat hlídkové lety nad lesními komplexy s cílem vyhledávat a lokalizovat místa požáru se současným určením jeho druhu a postupu. Úkolem hlídkových letadel může současně být i hašení požáru v jeho počátku a podpora pozemních hasicích prací.

Z hlediska protipožární činnosti jsou důležité následující požadavky na hlídková letadla:

- maximálně prosklená kabina s dobrou boční viditelností pro pilota, bez potřeby doplňkových manévřů
- místo pro druhého člena posádky
- termovizní kamera pro odhalení zárodku požáru
- radiostanice s několika kanály
- zabezpečený dolet 3 – 5 hodin

Letadla určená k hašení by měla splňovat následující předpoklady:

- dobrý výhled na lesní porosty
- pracovní rychlost okolo 160 km a maximální 200 km/hod.
- dolet s nákladem hasicí látky minimálně 3 hodiny
- objem nádrže na hasicí látku v rozmezí 1 500 - 3 000 litrů
- plnění nádrže vodou z hydrantu přes speciální uzávěr
- start a přistání na travnatém povrchu
- radiostanice s několika kanály
- kabina pilota utěsněná proti vnikání dýmu z požáru
- možnost vypuštění hasicí látky na principu havarijního odhozu v průběhu 2 – 3 sekund

Ve velmi členitých terénech jsou užitečné speciální vrtulníky, zejména při hašení počínajících ohnisek. Jsou využívány i k dopravě technického materiálu na místo požáru. U nás ze současných letadel jsou pro protipožární účely využitelné především M-18 a Z-37-T.

Letecké monitorování škod v lesích působených kalamitami a škůdci

Vedle pozemního ochrannářského průzkumu je stále významnější letecký průzkum, kterým je možno pohotově zjistit výskyt škodlivých činitelů nebo rozsah a příčiny poškození a škod. Na základě takto rychle získaných informací je možno rychle stanovit následná opatření a tak předejít zvětšování nepříznivých důsledků kalamity. Letadla pro tuto činnost by měla splňovat následující předpoklady:

- možnost provozu i v horských podmínkách
- možnost přistání na travnaté ploše
- kabina minimálně pro 4 cestující
- prosklená kabina s dobrým výhledem na lesní porosty
- zabezpečení doletu v rozmezí 2 – 3 hodin

- možnost umístění a obsluhy zařízení pro snímkování zájmové plochy

V současnosti se u nás pro tuto činnost používají nejčastěji hornoplošníky, např. typy z řady Cesna, nebo pro větší počet pasažérů plošníky AN-2.

Letecké stereofotogrammetrické snímkování lesů

Hlavní uplatnění mají letecké stereofotogrammetrické snímky v hospodářské úpravě lesů a v lesnickém mapování. Tyto snímky poskytují komplexní informaci o stavu lesa a topografii terénu. Jejich využití umožňuje rozdělení lesa na hospodářsko-technické jednotky a pro stanovení hospodářských pokynů. Jsou využitelné také pro kontrolu výsledků hospodaření. Vyvíjí se způsoby fotogrammetrického určování dřevní zásoby v porostech. Vhodný pro tuto činnost je vrtulník v tzv. fotoverzi.

Fotoletecký průzkum je také perspektivní pro monitorování zdravotního stavu lesa. Oproti pozemnímu způsobu monitorování stavu porostů může letecké stereoskopické snímkování poskytnout objektivní údaje z velkého území ve stejném časovém úseku. Výsledkem jsou infračervené spektrozónální snímky, které se hodnotí digitálním dešifrováním. Pro tuto činnost je vhodný vrtulník s potřebným vybavením kamerami.

Organizace leteckého zásahu

Pro letecké aplikace mohou být použity jen registrované mechanizační prostředky a registrované přípravky uvedené v Seznamu registrovaných přípravků na ochranu rostlin (Seznamu povolených přípravků na ochranu lesa) platném pro daný rok, a to v kapitolách Mechanizační prostředky pro leteckou aplikaci a Seznam přípravků pro leteckou aplikaci.

Letecké zásahy proti kalamitně přemnoženým škodlivým činitelům v lesích jsou v současnosti dotovány Ministerstvem zemědělství ve všech lesích bez rozdílu vlastnictví. V zájmu majitele lesa je včasné zjištění přemnožení škodlivého činitele, aby napadené lesní porosty mohly být zahrnuty do návrhu na letecké ošetření v příslušném roce. Potřeba letecké ochrany vyplývá z výsledku kontrol početnosti škodlivého činitele a prognózy dalšího vývoje přemnožení a výskytu poškození a škod. Potřeba leteckých zásahů je odborně posouzena pracovníky Lesní ochranné služby VÚLHM. Vlastní objednávka leteckých prací je zadána formou veřejné zakázky ve výběrovém řízení. Letecká společnost, která ve výběrovém řízení zakázku získá, na základě smlouvy s Ministerstvem zemědělství zabezpečí komplexní dodávku letecké práce s veškerým pozemním zabezpečením a splněním všech povinností ošetřovatele podle zákona č. 326/2004 Sb. o rostlinolékařské péči a změně některých souvisejících zákonů.

Letecká společnost zajistí potřebný přípravek, jeho dovoz na pracovní letiště a plnění zásobníku letecké techniky a aplikaci stanovené dávky přípravku určeným aplikačním zařízením. Ve smyslu ustanovení zákona o rostlinolékařské péči a prováděcí vyhlášky č. 327/2004 o ochraně včel, zvěře, vodních organismů a dalších necílových organismů při používání přípravků na ochranu rostlin si letecká společnost před aplikací opatří údaje o stanovištích včelstev a o hromadném letu včel v oblasti aplikace a oznámí nejméně 48 hodin předem počátek ošetření obecním úřadům, v jejichž katastrálním území aplikace proběhne. Dle ustanovení smlouvy na dodávku letecké práce zodpovídá letecká společnost za aplikaci určené dávky přípravku na určené lokality ve stanoveném termínu a kvalitě.

Majitel nebo správce lesa informuje předem o připravované letecké aplikaci hygienickou službu (HS), Státní rostlinolékařskou správu (obvodní oddělení), veterinární správu, místně příslušný obecní úřad (referát životního prostředí) a dle potřeby další dotčené organizace (např. orgány ochrany přírody, správu povodí) a požádá je o vyjádření. Dále připraví mapy v měřítku 1 : 10 000 se zakreslenými plochami k ošetření, s vyznačenými výměrami a s uvedením použitého přípravku. Označí ošetřované pozemky na přístupových cestách tabulkami se zákazem vstupu během aplikace a případně zákazem sběru lesních plodů po dobu ochranné lhůty stanovené u aplikovaného přípravku. Bezprostředně před zásahem se v případě potřeby zúčastní rekognoskace (pozemní nebo letecké) ošetřovaných ploch společně s pracovníky letecké společnosti. Spolupracuje s pracovníky Lesní ochranné služby, kteří určují termín zásahu 5 dnů předem, určují sled prací a hodnotí účinnost zásahu.

V pracovní mapě pro pilota je vhodné vyznačit také místa, která nesmí být aplikovaným přípravkem zasažena, např. vodní nádrže, vodoteče, stanoviště včelstev, kvetoucí entomofilní kultury, chráněná území, bažantnice, rybochovné objekty, budovy, rekreační, léčebné a jiné objekty, cizí státní území. Přípravky jsou aplikovány ze stanovené výšky pracovního letu, tj. minimálně 10 m nad lesem a při odpovídajícím proudění vzduchu. Při nízkobjemovém postřiku s využitím trysek (dávka 20 - 100 litrů/ha) je vhodná rychlost větru do 6 m/sec. Pro ULV aplikaci s využitím atomizérů jsou optimální podmínky při vysoké relativní vlhkosti vzduchu a mírném, směrově stabilním vánku o rychlosti 1 až 3 m/sec. Mírné proudění vzduchu v rámci uvedené tolerance je pro dosažení rovnoměrného pokrytí ošetřovaného porostu kapičkami výhodnější než bezvětří. Nezbytné je vyloučení ULV aplikace v době tepelné inverze (kouř zůstává při zemi) i v době, kdy jsou jehlice nebo listy lesních stromů mokré, tj. krátce po dešti nebo před oschnutím rosy. Za deště a krátce před ním a po něm se zásadně neaplikuje. Doporučuje se aplikovat v časných ranních hodinách nebo v podvečer. Letecké práce mohou být zahájeny nejdříve 30 minut před východem slunce a musí být ukončeny se západem slunce. Za trvale podmračeného dne a v příznivých meteorologických podmínkách lze ošetřovat po celý den. Denní výkon při ošetřování lesních porostů je dán hodinovým výkonem letecké techniky a počtem letových hodin. Závisí na typu letadla a aplikačního zařízení, hektarové dávce, sekundové dávce, pracovní rychlosti a

pracovním záběru letadla, obtížnosti terénu a velikosti leteckých polí, vzdálenosti pracovního letiště a na organizaci práce. Hodinový výkon může kolísat od 10 do 200 ha.

Kontrola kvality a účinnosti zásahu

Kvalitu letecké aplikace orientačně sledují pozorovatelé v terénu. Jsou-li zjištěny nevyhovující povětrnostní podmínky nebo kvalita ošetření, je aplikace přerušena. V případě potřeby zjišťuje příslušné odborné pracoviště na zvolených kontrolních stanovištích pokrývnost, tj. počet kapiček na jednotku plochy a dále početní a objemové složení kapičkového spektra, tj. zastoupení velikostních skupin kapiček.

Výsledek, tj. účinnost leteckého ošetření, se určuje porovnáním stavu škůdce a případně stupně poškození (defoliace) před a po zásahu, případně porovnáním s kontrolní neošetřenou plochou. Používají se metody kontroly početnosti škůdce uplatňované pro jednotlivé druhy škůdců (trusníky, kontrolní větve, pokácené stromy aj.). Výsledek ošetření uspokojuje, jestliže početní stav škůdce se snížil natolik, že již nemůže podstatně ovlivnit porost. Kontrola škůdce pokračuje i v dalším období.

Dosažení nejvyšší biologické účinnosti při pozemní i letecké aplikaci je závislé v konečné fázi na dokonalém seřízení aplikační techniky a dodržení stanoveného pracovního režimu, především přesného dávkování a rovnoměrného ošetření porostů. Nezbytné je přesné dodržení stanovené koncentrace přípravku, které závisí na vybavení obsluhy vhodnými měrnými nádobami, váhami i přepočítávacími tabulkami. Velký význam má rovněž dokonalá homogenizace pesticidní jichy a dodržení pracovní pojezdové nebo letové rychlosti, přesné návaznosti pracovních záběrů atd. Dodržení pracovního režimu může podstatně ovlivnit počasí a proto je důležité přesně respektovat stanovené maximální rychlosti větru a další povětrnostní činitele s ohledem na zvolený způsob aplikace. Účinnost přípravků ovlivňuje zejména dešť, teplota, sluneční záření. Při práci s pesticidy a aplikačními zařízeními se musí dodržovat obecné zásady hygieny a bezpečnosti práce určené pro dané přípravky a mechanizační prostředky.

Vybraná literatura

- KOSTROŇ L. 1972: Výsledky ověření vrtulníků Mi-8 při dopravě dřeva v ČSSR. *Lesnictví*, 18 (2): 101-116
- SOKOL P. 1988: *Stav a perspektiva využitelnosti letecké techniky v lesnom hospodárstve*. Slov-air Bratislava, 57 s.
- ŠVESTKA M. 1974: Současná úroveň a potřeby letecké ochrany lesů v ČSSR. *Lesnická práce*, 53 (6): 252-256
- ŠVESTKA M. 1976: Možnost využití vrtulníků při ochraně dřeva před kůrovci. *Lesnická práce*, 55 (9): 391-394
- ŠVESTKA M. 1976: Perspektiva využití lehkých vrtulníků v lesním hospodářství. *Lesnická práce*, 58 (7): 312-314
- ŠVESTKA M. 1985: Výsledky ověření vrtulníku MI-2 při ochraně kultur před buřením. *Lesnictví*, 31 (2): 109-122

- ŠVESTKA M. 1987: Results and problems of the air application of pesticides and biopreparates in the Czechoslovak forestry. *Proceedings Symposium on the aerial application of pesticides in forestry*, Otava, Kanada, 20. - 22. 10. 1987, 253-258
- ŠVESTKA M. 1988: Rozvoj leteckých prací v zemědělství a lesním hospodářství ČSSR. *Lesnická práce*, 67 (5): 195-201
- ŠVESTKA M., NOVOTNÝ J. 1997: Moderní letecká technologie v ochraně lesa. *Lesnická práce*, 76 (1): 6-7
- ŠVESTKA M., SLAVINGER M. 1995: Deset let po větrné kalamitě u Oslavičky. *Lesnická práce*, 74 (6): 6-7

Adresa autora:

Ing. Milan Švestka, DrSc.
VÚLHM Jíloviště-Strnady
pracoviště Znojmo
Dvořákova 21, 669 02 Znojmo
vulhm@mboxzn.cz

TESTOVÁNÍ BIOLOGICKÉ ÚČINNOSTI PESTICIDNÍCH PŘÍPRAVKŮ

PETR BAŇAŘ

Zřizovací listinou č.: 2100/99–3030 ze dne 31. prosince 1999 je Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady pověřen trvalým výkonem činnosti v oblasti „Testování biologické účinnosti pesticidních látek na ochranu lesa“. Ověření účinnosti pesticidních přípravků v Referenční zkušební laboratoři (dále jen RZL) VÚLHM je jednou z podmínek pro registraci těchto přípravků pro použití v lesním hospodářství. Laboratoř zajišťuje testování všech pesticidů (herbicidy, insekticidy, fungicidy a rodenticidy), repelentů, feromonových odparníků, lapačů a pomocných látek. Závěrečný protokol ze zkoušek je jednou z podmínek pro zařazení přípravku do úředního registru a uvedení v Seznamu povolených přípravků na ochranu lesa, resp. v Seznamu registrovaných přípravků na ochranu rostlin.

Podmínky registračního řízení, jehož součástí je i provedení zkoušek v RZL, upravuje zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů. Podle tohoto zákona jsou k provádění zkoušek za účelem zjištění účinnosti přípravků na území České republiky oprávněny fyzické nebo právnické osoby, nebo správní úřady, jimž rostlinolékařská správa na základě jejich žádosti vydala osvědčení o způsobilosti k provádění těchto zkoušek – RZL VÚLHM je jedinou akreditovanou laboratoří pro testování pesticidů pro použití v lesním hospodářství v České republice. Tyto zkoušky musí být v souladu se zásadami správné pokusnické praxe. Rostlinolékařská správa je ze zákona oprávněna ve vztahu k RZL:

- určovat metodiky zkoušení přípravků
- vyžadovat informace o přípravě zkoušení přípravků a jeho průběhu, jakož i předložení dokladů o plnění podmínek zkoušení přípravků
- vykonávat nad zkoušením přípravků dohled

Vzhledem k tomu, že je v lesnických kruzích často diskutována účinnost jak insekticidních přípravků, tak feromonů, uvádím v následující části dva příklady metodik (text je zkrácen) na vyhodnocování biologické účinnosti na kůrovce.

Směrnice pro vyhodnocení účinnosti atraktantů na *Ips typhographus*

Metodika PP 1/134(2)

Zkoušky se provádějí v terénu, na všech parcelách pokusu mají být stejné ekologické podmínky. Pokus musí být založen v určité vzdálenosti od porostu smrku, poněvadž se zachytí jen část brouků přilákaná feromony. Typická bezpečnostní vzdálenost od porostu je:

- **zdravý porost** – samostatné lapače 25 m, více lapačů 15 m

- **oslabený porost** – samostatné lapače 25 m, více lapačů 40 m

Zkouška by měla být součástí série zkoušek prováděných v různých oblastech s odlišnými ekologickými podmínkami a nejlépe různých letech nebo vegetačních obdobích (viz Standard EPPO PP 1/181(2) Směrnice o provádění a zaznamenávání zkoušek vyhodnocujících účinnost). Velmi důležitý je výběr plochy pro umístění lapačů, v případě první generace na jaře upřednostníme zastíněné plochy podél lesa. Pokus je nutné zopakovat na 3 plochách, vzdálených od sebe podle dřívější hladiny napadení, 20 - 30 m (vysoké hladiny napadení) a 200 m, pokud k žádnému předchozímu napadení nedošlo. Počet opakování je nejméně 4. Při ošetření používáme zkušební produkt, referenční produkt a ponecháváme neošetřené kontroly, vše musí být vhodně uspořádáno. V tomto případě je možné použít 2 testovací metody:

- **Použití lapáků** – čerstvě pokácené smrky (*Picea* spp.), 3 m dlouhé, umístěné 30 - 50 cm od sebe a nejméně 8 m od ostatních stojících stromů. Pod dřevo umístíme plachtu nebo trusník pro odběr brouků.

- **Použití lapačů** – lapače se umístí na kůly ve vzdálenosti alespoň 8 m od sebe, vlastní lapač alespoň 50 cm nad zemí, zde není možné používat neošetřenou kontrolu.

Ke sledování používáme označený, formulovaný produkt; referenčním produktem je takový produkt, který je vyhovující pro praktickou aplikaci v podmínkách lesa i z hlediska zdraví rostlin a životního prostředí v oblasti zamýšleného použití. V zásadě platí, že účinek, doba a způsob aplikace by se měly co nejvíce přibližovat zkušebnímu produktu. Přicházejí v úvahu 2 způsoby aplikace, buď pomocí lapáků, kdy čerstvě pokácené stromy ošetříme insekticidem a potom na ně umístíme atraktant, nebo feromonové lapače. Použijeme zařízení, které zajistí přesnou aplikaci (např. tlak a typ trysky musí být zvoleny podle zamýšleného použití). Běžně aplikujeme jednu dávku na jaře před rojením, teplota ve stínu by měla při aplikaci dosáhnout více než 15 °C. Dobu aplikace zaznamenáme.

Ve dnech předcházejících a následujících po aplikaci zaznamenáváme ty meteorologické údaje, které by mohly ovlivnit vývoj brouků a účinek přípravku (jde zejména o teplotu a srážky). V den aplikace zaznamenáme srážky (druh a množství) a teplotu (průměrná, nejvyšší a nejnižší ve °C) a také všechny významné změny počasí. Během zkušebního období uvedeme také všechny klimatické extrémy (teplotní, přísušky, pozdní mrazy, kroupy, dlouhotrvající deště apod.).

Vyhodnocení probíhá dvojím způsobem:

- U lapáků odebráním brouků z plachet nebo trusníků a jejich spočítáním. Účinnost stanovíme sečtením celkového počtu brouků za celé rojení a toto číslo srovnáme s celkovým počtem brouků na referenční ploše. Počet brouků zjištěných na kontrolní ploše se od tohoto čísla odečítá.
- U lapáčů usmrtíme a sečteme zachycené brouky.

Je rovněž nutné po celou dobu pokusu zaznamenávat veškeré (pozitivní i negativní) vlivy na necílové organismy, zejména opylovače, přirozené antagonisty, sousedící rostliny a celkové ekologické vlivy. Výsledky musí být vedeny systematicky a zpráva musí obsahovat analýzu a vyhodnocení.

Směrnice pro vyhodnocení účinnosti insekticidů na hmyz na jehličnatém dřevě

Metodika PP 1/128 (2)

Zkoušky se provádějí v terénu, cílovými organismy jsou druhy hmyzu napadající čerstvě pokácené jehličnaté dřevo (Scolytidae, Cerambycidae atd.). Testovací stromy jsou stromy, které byly pokáceny v předchozím zimním období, nebo koncem podzimního období, v homogenním, stejnověkém porostu, a které byly rozřezány na vhodné výřezy. Pokud kvalita kůry není souměrná, je nutné výřezy roztrždit a seskupit podle kvality kůry. Výřezy se rozloží paralelně na jednoduché rámy v místech výskytu předmětných skupin hmyzu.

Při provádění postřiku nesmí pršet, a ani se nesmí v nejbližších několika hodinách schylovat k dešti po provedeném postřiku. Zkouška by měla být součástí série zkoušek prováděných v různých oblastech s odlišnými ekologickými podmínkami a nejlépe v různých letech nebo vegetačních obdobích (viz Standard EPPPO PP 1/181(2) Směrnice o provádění a zaznamenávání zkoušek vyhodnocujících účinnost). Počet opakování je nejméně 5. Při ošetření používáme zkušební produkt, referenční produkt a ponecháváme neošetřené kontroly, vše musí být vhodně uspořádáno. Musí být použit nejméně jeden 4metrový výřez o průměru 20 - 30 cm, nebo několik kratších či tenčích výřezů.

Zkoumaný přípravek by měl být formulovaný produkt; referenčním produktem je takový produkt, který je vyhovující pro praktickou aplikaci v podmínkách lesa i z hlediska zdraví rostlin a životního prostředí v oblasti zamýšleného použití. Obecně by se měl účinek, doba a způsob aplikace co nejvíce přibližovat testovacímu přípravku. K ošetření je výhodné použít zářezový postřikovač, který zajistí co nejpřesnější a rovnoměrnou aplikaci (správný typ trysky, tlak apod.). Je nutné ošetřit celé výřezy, proto by rámy, na kterých jsou výřezy uloženy, měly umožňovat rotaci výřezů během ošetření. Vedle ležící výřezy musí být při ošetřování zakryty igelitovými plachtami.

Přípravek se aplikuje ve stanovených dávkách. Vyšší a nižší dávky se musí nejdříve vyzkoušet, aby bylo možno stanovit hranici účinnosti a bezpečnost pro porost. Apliko-

vaná dávka je vyjádřena jako koncentrace (%) v kombinaci s objemem (l/m²), která stačí k tomu, aby se dávka vsákla do celého výřezu, ale ne tolik, aby začala odkapávat. Proveďte se záznam o koncentraci a uveďte se dávka v kg (nebo litrech) produktu na m² kůry, je rovněž vhodné zaznamenat dávku účinné látky (v gramech) na m² kůry. Aplikované množství se liší kvalitou kůry.

Ve dnech předcházejících a následujících po aplikaci zaznamenáváme ty meteorologické údaje, které by mohly ovlivnit vývoj brouků a účinek přípravku (jde zejména o teplotu a srážky). V den aplikace zaznamenáme srážky (druh a množství) a teplotu (průměrná, nejvyšší a nejnižší ve °C) a také všechny významné změny počasí. Během zkušebního období uvedeme také všechny klimatické extrémy (teplotní, přísušky, pozdní mrazy, kroupy, dlouhotrvající deště apod.).

Vyhodnocení probíhá pouze jednou během prvního podzimu po aplikaci, tj. asi 4 měsíce po založení pokusu. Zkontrolujeme kvalitu kůry po celé délce, následující znaky musí být stanoveny odděleně pro horní a dolní části výřezů:

- Podíl povrchu, který je okupován škůdcem (5% třídy)
- Počet matečných chodeb nebo závrtovcových otvorů
- Podíl mechanického poškození povrchu výřezu (chybějící kůra)

Je nutné zaznamenat vliv produktu na dřevo, jiné škodlivé činitele a jakékoliv pozitivní nebo negativní vlivy na necílové organismy. Výsledky musí být vedeny systematicky a zpráva musí obsahovat analýzu a vyhodnocení.

Adresa autora:

Mgr. Petr Baňar
VÚLHM Jíloviště-Strnady
156 04 Praha 5 – Zbraslav
banar@vulhm.cz

GIS VE VÝZKUMU A PRAXI OCHRANY LESA

WOJCIECH GRODZKI, MARCIN JACHYM

Úvod

Ochrana lesa je oblastí lesnické vědy a praxe, ve které se ve velké míře využívají lesnické mapy. Vyplývá to jak z prostorového výskytu činitelů, které lesy ohrožují, tak z nedostatku možnosti ohodnocení jejich intenzity na rozsáhlejších územích. Proto je nutné na základě údajů z více či méně rozptýlených šetření vyhodnotit průměrný stupeň výskytu škodlivého činitele, což umožňuje stanovit stupeň ohrožení lesa. Je to složitý a časově náročný proces, zvláště jestliže vyžaduje zpracování celých sérií map zachycujících aktuální situaci a zároveň předpokládaný vývoj v prostorovém měřítku. Proto je tak důležité využívání metod a technologií GIS, které umožňují snadnější, rychlejší a efektivnější demonstraci a analýzy rozšíření těchto jevů.

Geografické informační systémy (nazývané GIS, zkratka podle anglického ekvivalentu) nalézají čím dál větší využití v lesnictví, a to jak ve výzkumu, tak i praxi. To je pochopitelné vzhledem k charakteru jevů a procesů probíhajících v lesních ekosystémech s určitou geografickou strukturou. Mapy, zachycující stav lesa a umožňující sledování v něm probíhajících změn v prostorovém měřítku, jsou užívané velmi dlouho jak za účelem inventarizace a hospodaření, tak výzkumu a vědy. Důležitým okamžikem v této oblasti bylo vypracování metod číselného kódování terénu v podobě numerických map. Ty jsou využívány v čím dál větším rozsahu, což vyplývá na jedné straně ze zjednodušení metod tvorby a obsluhy a na druhé straně z překotného vývoje informatiky a počítačových technologií.

V tomto příspěvku chceme ukázat naše zkušenosti využití GIS v lesnické praxi a ve vědeckém výzkumu týkající se ochrany lesa.

Jednoduché výstupy – každoroční prognóza

Institut Badawczy Leśnictwa každoročně vypracovává zprávu týkající se stavu ohrožení lesů v Polsku v roce předchozím a prognózu pro rok následující.

Tato zpráva je pro území Polska připravována *Zakładem Ochrony Lasu IBL* ve Varšavě a speciální zpracování horských oblastí se vytváří v *Pracowni Ochrony Lasów Górskich IBL* v Krakově (KOLK, GRODZKI 2004). Pro prezentaci výskytu biotických škodlivých činitelů se využívají mapy znázorňující celé území státu nebo části země s rozdělením na nadlešnictva. V posledních letech byla pro přípravu tematických map využita numerická mapa a především její vrstva týkající se hranic *nadlešnictw*. Využití jednoduchých technik vycházejících z GIS značně ulehčuje a urychlu-

je vytvoření potřebných tematických map, používaných následně jak v publikované zprávě, tak i při prezentaci pro potřeby lesníků odpovědných za ochranu lesa. Příkladem takové mapy je vrstva tematických map zachycující výskyt kůrovcového dříví v „horských“ *nadlešnictwach* (v m³/ha) v několika stupních intenzity (obr. 1).

Projekt mapy střední Evropy – Proforest CE

Již léta je mezi specialisty ochrany lesa zemí střední Evropy diskutována nutnost sjednocení a unifikace údajů týkajících se ohrožení lesů. Tyto diskuse probíhají především během konferencí pracovní skupiny IUFRO 7.03.10, která se zabývá problematikou ochrany lesa na území střední Evropy. Během symposia v Průhonicích v roce 2001 byla dohodnuta spolupráce a předávání informací v této oblasti, také pomocí společných map zachycujících situaci v lesích (GRODZKI 2001).

Spolupráce našla také formální záštitu v projektu Centre of Excellence PROFOREST realizovaném *Institutem Badawczym Leśnictwa* ve Varšavě z prostředků 5. rámcového programu EU. Cílem projektu PROFOREST je vybudovat základnu takové spolupráce, která zároveň zahrnuje výměnu zkušeností a vytváření trvalých vědeckých kontaktů.

Jedním z úkolů projektu je vytvoření společné databáze a mapy zobrazující výskyt vybraných lesních škůdců na území střední Evropy.

Taková mapa vytvářená během posledních dvou let a zahrnující území čtyř zemí (Polska, Česka, Slovenska a Litvy) byla nedávno doplněna o území Ukrajiny. Rovněž již existuje tematická vrstva týkající se kambioxylofágního hmyzu smrkových porostů za roky 2002 a 2003 (GRODZKI, JACHYM 2004). Mapa je průběžně doplňována novými prostorovými prvky, jako jsou např. okraje lesních porostů získané z Corine Land Cover (obr. 2). Záměrem je, aby mapa pokryla území střední Evropy a byla doplňována dalšími škůdci na základě následujících jednání (GRODZKI 2005).

Využití GIS v našem výzkumu

V letech 1998 – 2002 se náš tým podílel na realizaci mezinárodního projektu týkajícího se gradace lýkožrouta smrkového na území Tater v národních parcích na polské i slovenské straně.

Projekt byl financován Evropskou komisí v rámci 4. rámcového programu (INCO-Copernicus). Výzkum průběhu gradace představoval mezi jiným i zachycení prostorového rozvoje gradací s využitím GIS (JAKUŠ et al. 2003). Za tímto účelem byla vytvořena numerická mapa výzkumného území na obou stranách hranice, zaujímající kromě topografické vrstvy (v tom je zahrnuto rozdělení lesních porostů) také numerický model terénu (DTM). Údaje o biomase dříví napadené kůrovci v jednotlivých lesních celcích jsou zachyceny v podobě tematických map, které jsou vypracovány pro následující gradační roky (obr. 3), což umožnilo prognózu prostorového rozvoje gradace v čase. Díky využití dat získaných z DTM (nadmořská výška, expozice) bylo možno také vyvodit závěry týkající se preferencí kůrovců v závislosti na podmínkách prostředí (např. expozice svahu). Analýzy prováděné s využitím charakteristik porostu, zahrnuté do databáze, umožnily zachytit věkovou strukturu napadených porostů, ukazující na přirozenost procesu rozpadu nejstarších porostů (GRODZKI et al. 2005). Navíc sloučení dvou metod – prostorové analýzy dat získaných při terénních šetřeních a analýzy satelitních snímků (Landsat TM) – přineslo zajímavé postřehy týkající se možnosti prognózování rozvoje gradace kůrovců pomocí dálkového průzkumu země, tzv. RS – remote sensing (GRODZKI et al. 2002).

Od roku 2000 se v lesních porostech *Puszczy Białowieckiej* rozvinula gradace lýkožrouta smrkového, která byla druhým masovým výskytem tohoto druhu v průběhu desetiletí. Pro potřeby administrativy *Lasów Państwowych* (tj. státních lesů), která obhospodařuje hospodářské lesy zaujímající převážnou část *Puszczy*, byla provedena analýza rozvoje této gradace v prostorovém měřítku. Ta využila data o biomase stromů napadených v jednotlivých odděleních lesa a zároveň jednoduchou numerickou mapu. Vzhledem k nedostatku údajů z oblastí se statutem ochrany (*Białowiecki Park Narodowy*) byla provedena analýza pouze pro porosty, které obhospodařují *Lasy Państwowe* (MICHALSKI et al. 2004). Teprve prostorové interpolace umožnily určení přípustné intenzity této gradace na celém území polské části *Puszczy* zároveň s chráněnou částí (obr. 5). Ta byla gradací pravděpodobně postižena stejně jako lesy hospodářské, ve kterých byla prováděna lesotechnická opatření (GRODZKI 2005).

Metody GIS jsou využívány také v prostorových analýzách odumírání smrčín v západní části Karpat. Od roku 1996 se rychle rozpadají smrkové porosty v *Beskidzie Śląskim* a *Żywieckim*, což je charakterizováno rychlým nárůstem výše sanitárních těžeb. Od roku 2002 došlo k zintenzivnění tohoto procesu na celém území, především v *Beskidzie Żywieckim* v níže položených porostech napadených václavkou. Poměrně nejnižší výskyt odumírajících stromů je naopak pozorován v nejvýše položených porostech, jejichž část (v *Beskidzie Śląskim*) byla odlesněna již v předchozích letech, zatímco ostatní jsou postiženy kořenovými hnilobami, především napadením václavkou (GRODZKI 2004).

Numerické mapy a SILP v lesích Polska

V *Lasach Państwowych* v Polsku existuje geografický informační systém skládající se z následujících částí:

- *SILP (System Informatyczny Lasów Państwowych – databáze)*, představující následující moduly:
 - Les
 - Obchod se dřevem
 - Finance a účetnictví
 - Personál a mzdy
 - Infrastruktura
 - Společné údaje
 - Vztahy
- Lesnická numerická mapa – geometrická databáze (polygony, linie, body) zahrnující:
 - Hranice lesních komplexů
 - Hranice *Regionalnych Dyrekcji LP (RDLP)*
 - Hranice *nadleśnictw*
 - Oddělení (zároveň s popisem)
 - Porosty (zároveň s popisem)
 - Vrstevnice (izolinie)
 - Vodní toky a nádrže
 - Lesy jiných vlastností
 - Parcely
 - Budovy
 - Síť komunikací
 - Energovody a plynovody
 - Obce
 - Jiné

SILP pracuje ve všech lesních jednotkách *Lasów Państwowych* (80 % rozlohy lesů Polska) a Lesnická numerická mapa jen v okolo 40 % těchto jednotek. Pro následujících 25 % je připravována. Systém je založen na databázích (tabulkové sestavy), které jsou vzájemně propojeny. Vhodně připravené programy, využívající jazyk SQL a propojenost databází, umožňují automatické získávání informací, které jsou v nich obsaženy.

Databáze LAS obsahuje tabulky týkající se popisu a charakteristik oddělení a porostů a také plánovaných a prováděných činností hospodářské úpravy, pěstování, těžby a ochrany lesa. Každý porost obsahuje svoji vlastní tzv. adresu lesa, která zahrnuje následující: *RDLP, nadleśnictwo, obręb, leśnictwo*, oddělení, písmeno porostu a symbol změn. Tato adresa slouží mimo jiné pro sjednocení tabulek *SILP* s jinými připravenými uživateli a také s numerickými mapami. V databázi je dostupná také informace o rozloze porostu a taxační popis (popis stanoviště, stromových pater a dřevinného složení), a také údaje týkající se získávání dřeva v rámci různých hospodářských činností (prořezávky, probírky, nahodilé těžby), hospodářské plány na konkrétní rok, otázky ochrany lesa, např. týkající se poškození zvěří a inventarizace odumřelých stromů. Na trhu existující software umožňuje využití vlastních tabulek, jejich napojení na databázi *SILP* a následně získání odpovídajících informací a jejich znázornění.

Lesnická numerická mapa, v napojení na informační systém *Lasów Państwowych (SILP)*, vytváří rozsáhlé možnosti analýzy jevů probíhajících v lesních ekosystémech. Údaje obsažené v databázi *SILP* jsou základními a vstup-

ními informacemi, které následně slouží dalším analýzám, kde se využívají další prostorové údaje a satelitní snímky. Tyto informace mohou být po zpracování využity v dalších vědeckých studiích, mimo jiné v oblasti ochrany lesa. Příkladem takového využití je znázornění prostorového rozmístění populací *Cephalcia* spp. ve smrkových porostech na základě údaje z podzemních odběrů diapauzujících larev (obr. 4).

V lesnictví užívané nástroje pro obsluhu numerických map umožňují vizualizaci údajů týkajících se ohrožení porostů kambioxylofágním hmyzem (JACHYM, GRODZKI 2004), neboť se zde nacházejí tabulky obsahující výši nahodilých těžeb v jednotlivých kategoriích (odumřelé stromy, zlomy a vývraty), plochu, na které byly uskutečněny, a také údaje z taxačního popisu porostů a informace o zásobě. K určení intenzity výskytu kambiofágního hmyzu a škod, které způsobují, se používá ukazatel podílu nahodilých těžeb NPC [%], předepsaný novelou *Instrukcji Ochrony Lasu* (2004) (obr. 6) nebo rozšířená kritéria navržená CAPECKIM (1981) pro určení intenzity výskytu druhotných kambioxylofágů ve smrkových porostech.

Znázornění prostorového rozmístění ohrožení fytofágy bude možné až po doplnění SILP tabulkami týkajících se těchto údajů. Jsou zde i další pomocné informace, jako je plán vykopání půdních plošek, rozsah škod, druh škůdce, jeho vývojové stadium, plocha a stupeň poškození porostu.

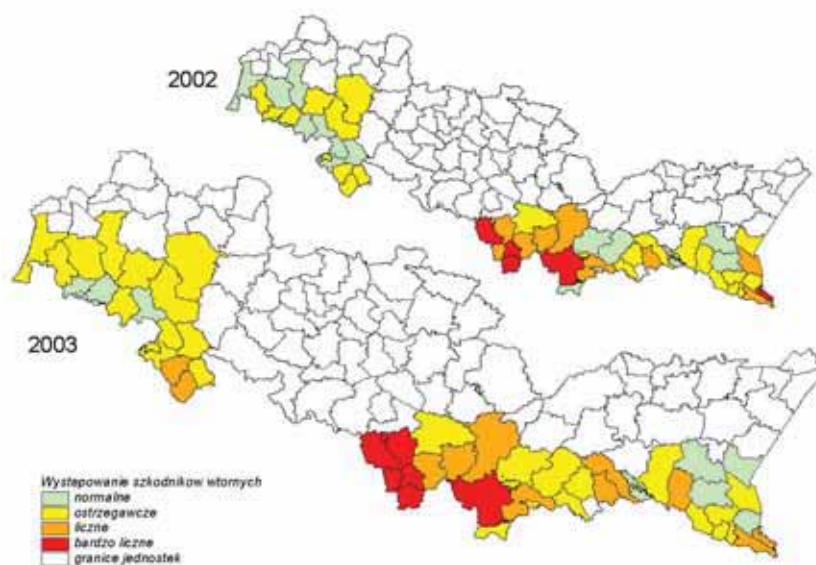
Literatura

- CAPECKI Z. 1981: Zasady prognozowania zagrożenia oraz ochrona górskich lasów świerkowych przed owadami na tle szkód wyrządzanych przez wiatr i okiśc. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa*, Ser. A, 515: 3-26
- GRODZKI W. 2001: The use of GIS and databases in the evidence and forecast of forest insects – requests and possibilities. *Journal of Forest Science* 47 (Special Issue No. 2): 3-6
- GRODZKI W. 2004: Zagrożenie górskich drzewostanach świerkowych w zachodniej części Beskidów ze strony szkodników owadzych. *Leśne Prace Badawcze* 2/2004: 35-47.
- GRODZKI W. 2005: GIS, spatial ecology and research on forest protection. In: *Proceedings from the Workshop "GIS and databases in the forest protection"*, PROFOREST Centre of Excellence at the Forest Research Institute, Warsaw (in press)
- GRODZKI W., JACHYM M. 2004: Developing a Central European database and map on major forest pests: towards the wider look on forest protection problems. In: *Proceedings from the IUFRO WP 7.03.10 Workshop "Biotic damage in forests"*, Matrafured, Hungary, 12–16 September 2004 (in press)
- GRODZKI W., JAKUŠ R., JACHYM M., JEŽIK M. 2002: Two complementary methods of assessment of bark beetle outbreak spreading in montanous conditions, using GIS and RS. s. 52. In: *EnviroMount – Conference on GIS and RS in Mountain Environment Research*, Zakopane, 19. - 23. 9. 2002. *Abstracts*. Jagiellonian University, GIS Laboratory, Kraków.
- GRODZKI W., JAKUŠ R., LAJZOVÁ E., SITKOVÁ Z., MAĆZKA T., ŠKVARENINA J. 2005: Effects of variable management strategies during an outbreak of the bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col.: Scolytidae) in the Tatra Mts. in Poland and Slovakia. *Annals of Forest Science* (submitted manuscript).
- Instrukcja Ochrony Lasu. Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe, Warszawa, 2004.
- JACHYM M., GRODZKI W. 2004. *Wykorzystanie SILP i Geograficznych Systemów Informacyjnych w ocenie i prognozowaniu zagrożenia drzewostanów górskich i podgórskich przez szkodliwe owady*. Instytut Badawczy Leśnictwa w Krakowie, MS, 44 pp.
- JAKUŠ R., GRODZKI W., JEŽIK M., JACHYM M. 2003: Definition of spatial patterns of bark beetle *Ips typographus* (L.) outbreak spreading in Tatra Mountains (Central Europe), using GIS. s. 25-32. In: Mc Manus M., Liebhold A. (eds.): *Ecology, Survey and Management of Forest Insects, Proceedings of the conference*, USDA Forest Service, GTR NE-311.
- KOLK A., GRODZKI W. 2004: Główne problemy ochrony lasu w Polsce w roku 2003 i prognoza na rok 2004. s. 30-36. In: Kapitola R., Baňar P. (eds.) *Škodliví činitele v lesích Česka 2003/2004. Sbornik ze semináře. Kostelec n. Č. l., 31. 3. 2004*. VULHM Jiloviště-Strnady, 76 pp.
- MICHALSKI J., STARZYK J. R., KOLK A., GRODZKI W. 2004: Zagrożenie świerka przez kornika drukarza – *Ips typographus* (L.) w drzewostanach Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Puszcza Białowieska” w latach 2000 – 2002. *Leśne Prace Badawcze* 3/2004: 5-30

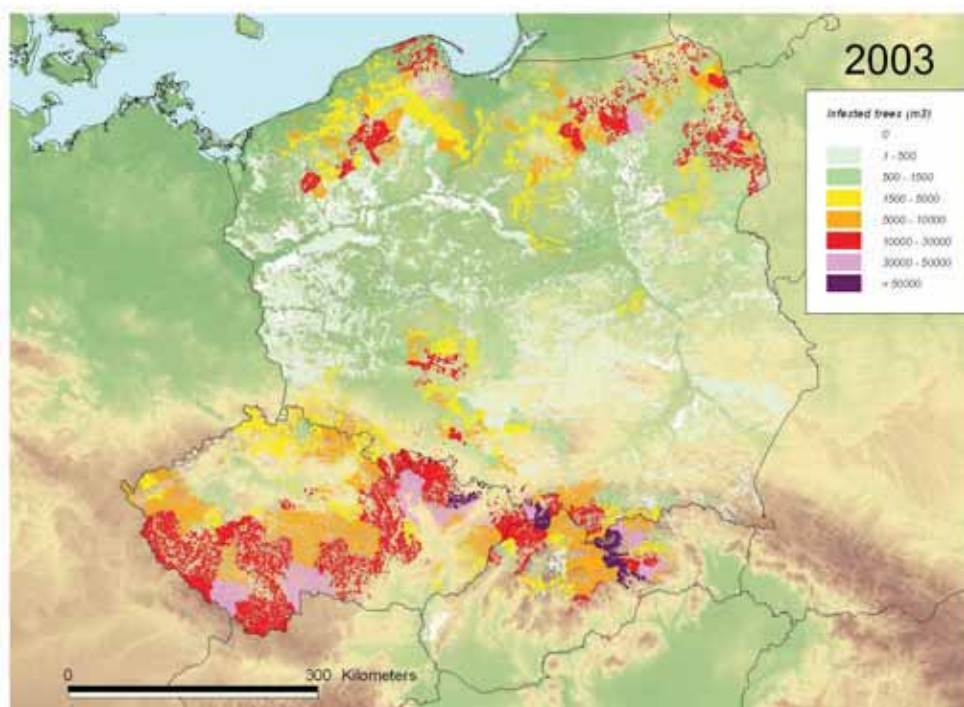
Adresa autorů:

Dr inż. Wojciech Grodzki, Dr inż. Marcin Jachym
Instytut Badawczy Leśnictwa
Zakład Gospodarki Leśnej Regionów Górskich
ul. Fredry 39, 30-605 Kraków
e-mail: zxgrodzk@cyf-kr.edu.pl, zxjachym@cyf-kr.edu.pl

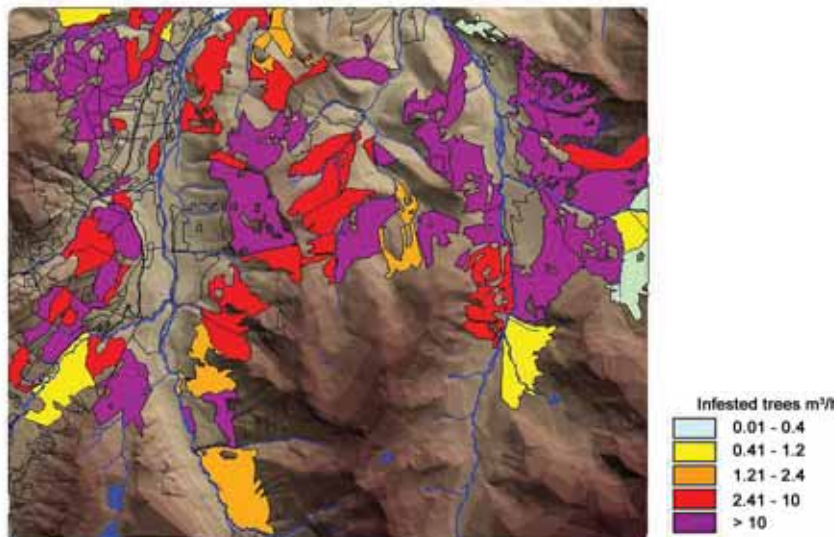
Obr. 1: Jednoduchá vizualizace údajů o výskytu kambiofágního hmyzu v horských *nadleśnictwach* Polska (vytvořené pomocí technologie GIS)



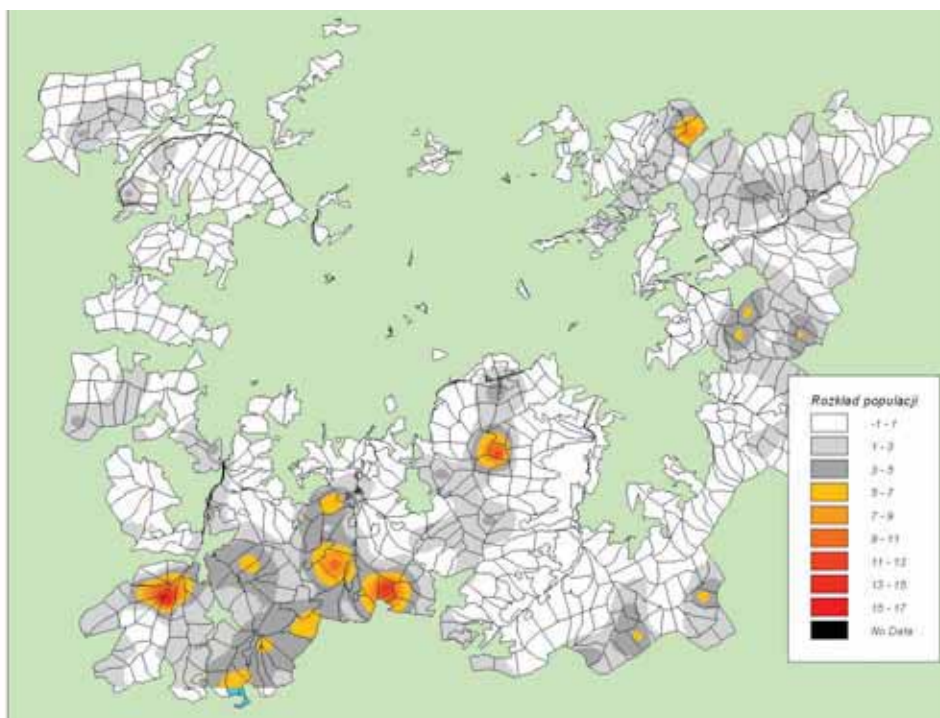
Obr. 2: Výskyt kůrovcového dříví v porostech Česka, Slovenska a Polska v roce 2003 na mapě zachycující hranice lesa (Corine Land Cover) a konfiguraci terénu (GRODZKI, JACHYM 2004)



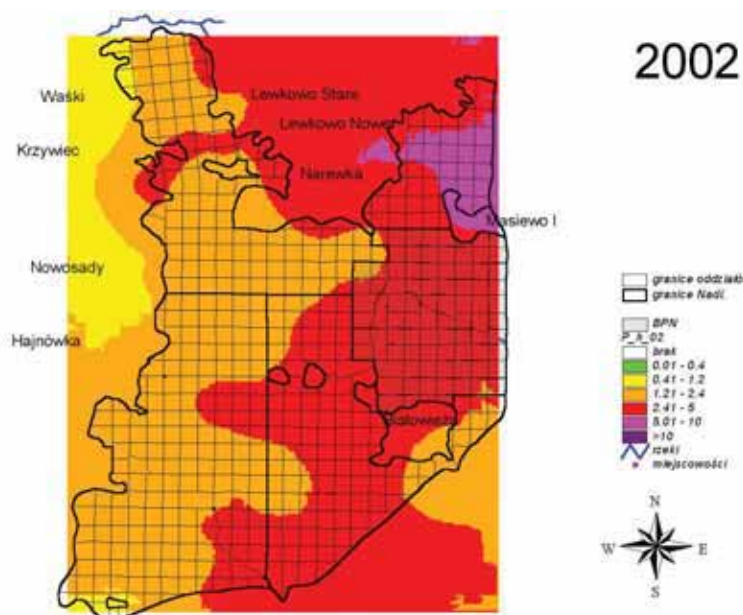
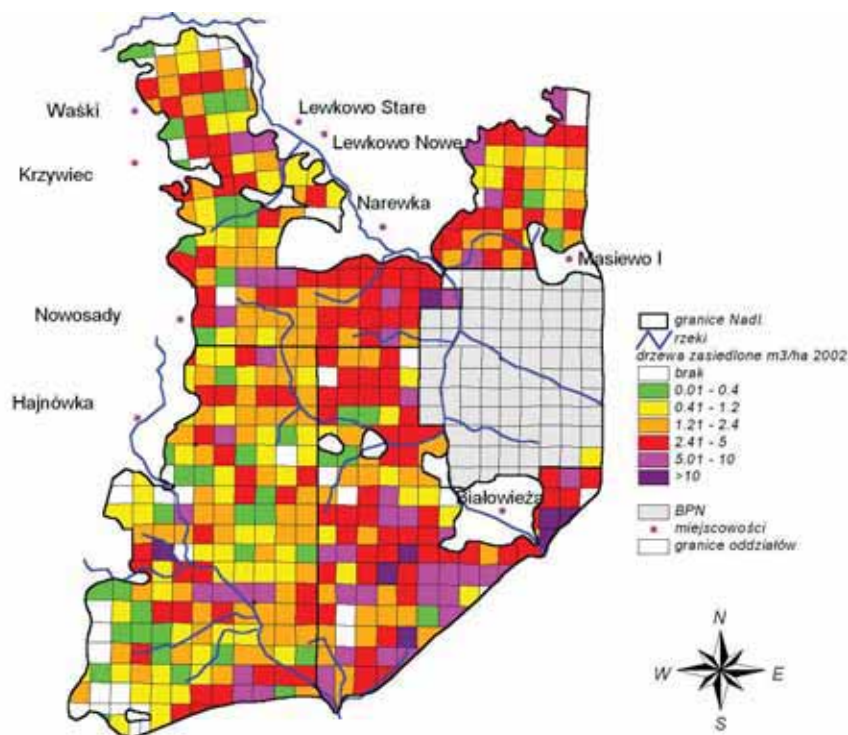
Obr. 3: Biomasa napadených stromů v lesích Tater (TPN v Polsku a TANAP na Slovensku) v roce kulminace (1996) a gradace lýkožrouta smrkového, s konfigurací terénu



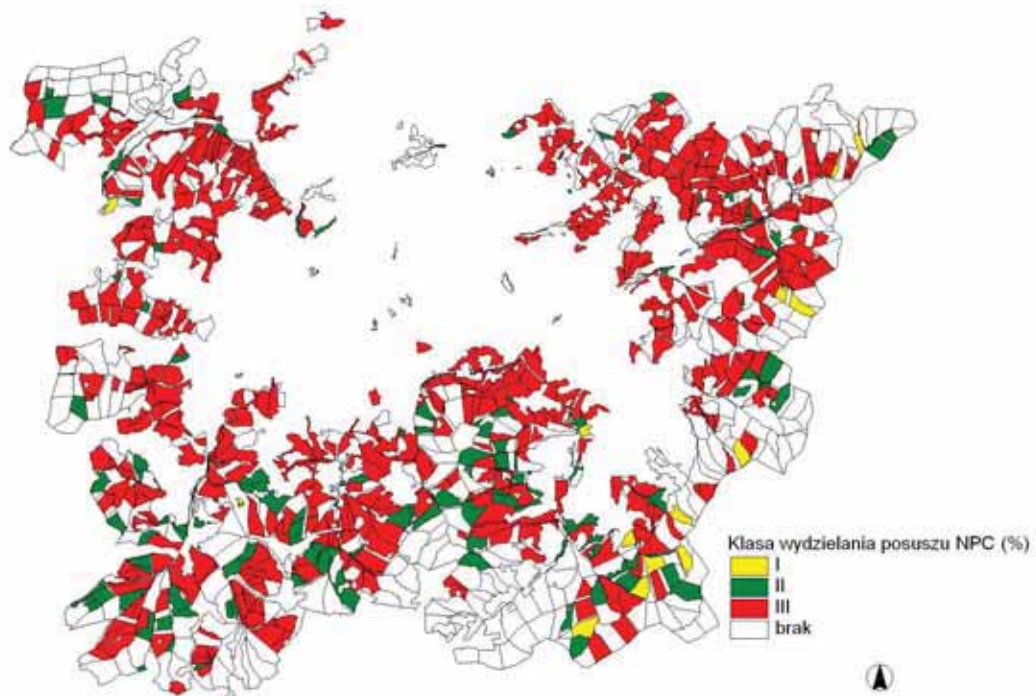
Obr. 4: Prostorové rozmístění výskytu plaskohřbetek (*Cephalcia* spp.) interpolované metodou Kriging v Nadl. Ujsoły v roce 2000 (GRODZKI, JACHYM 2004)



Obr. 5: Rozmístění kůrovcového dříví v *Puszczy Białowieskiej* v roce 2002; nahoře: údaje podle oddělení (MICHALSKI et al. 2004), dole: jejich prostorová interpolace pomocí metody Kriging (GRODZKI 2005)



Obr. 6: Využití *SILP*. Ukazatel intenzity nahodilých těžeb (*NPC* [%]) ve smrkových porostech *Nadl. Ujsoły* v období od 1. 10. 2001 do 30. 9. 2002 (JACHYM, GRODZKI 2004)



MODERNÍ METODY V OCHRANĚ LESA

Modern methods in forest protection

OBSAH/CONTENT

Vědecké základy ochrany lesa – předpoklad úspěšného zvládnání lesních škodlivých činitelů

Scientific principles of forest protection – condition of effective regulation of forest pests

VLASTISLAV JANČAŘÍK 3

Integrovaná kontrola – teorie a praxe

Integrated pest management – theory and work experience

EMANUEL KULA 6

Úloha pesticidů v ochraně lesa

Position of pesticides in forest protection

PETR ZAHRADNÍK 11

Biologické postupy boje s lesními škůdci

Biological control of forest pests

JAROSLAV HOLUŠA, JAROSLAV WEISER 18

Metody diagnostiky houbových patogenů

Methods for diagnosis of fungal pathogens

LIBOR JANKOVSKÝ, JAKUB ŠMERDA, DAGMAR PALOVČÍKOVÁ 24

Houby v ochraně lesa

Fungi in forest protection

FRANTIŠEK SOUKUP, VÍTĚZSLAVA PEŠKOVÁ 28

Pozemní aplikace přípravků na ochranu lesa – metody a technologie, trendy, praktické zkušenosti

Ground application of preparations for forest protection – methods and technologies, trends, practical experience

VÍKTOR JANAUER 31

Vývoj a využití letecké techniky v ochraně lesa ČR

Development and use of air technology in forest protection in the Czech Republic

MILAN ŠVESTKA 35

Testování pesticidních přípravků

Testing procedure of pesticides

PETR BAŇAŘ 43

Využití GIS ve výzkumu i praxi ochrany lesa

Use of GIS in investigation and practical forest protection

WOJCIECH GRODZKI, MARCIN JACHYM 45

Zpravodaj ochrany lesa

svazek 11
2005

Vydává: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady
v rámci činnosti Lesní ochranné služby (útvár ochrany lesa)

Neprodejné. Pořizování a rozšiřování kopií jen se souhlasem vydavatele.

ISSN 1211-9342
ISBN 80-86464-46-7

