

Účinné látky přípravků proti štěnici domácí (*Cimex lectularius*)

- aktuální přehled jejich účinnosti a rezistence

Ing. Terezie Bubová, Ph.D.

Státní zdravotní ústav, Praha, NRL DD

Abstrakt: Štěnice domácí (*Cimex lectularius*) je celosvětově rozšířený škůdce, jehož početnost za poslední dvě desetiletí dramaticky vzrůstá. Její hubení není lehkým úkolem, a proto je také nejhůře zvladatelný škůdce domácností. Za to je z velké části odpovědná rezistence a její mechanismy. Ty se velmi rychle vyvíjejí a mají za následek snížení účinnosti insekticidních látek, které byly v dřívější době účinné. Rozvoj aktuálních mechanismů a účinnost přípravků je zapotřebí aktivně sledovat. V dnešním příspěvku přináším stručný přehled těch nejnovějších informací o rezistenci a funkčnosti účinných látek proti štěnicím.

Abstract: The bed bugs (*Cimex lectularius*) are global expanded pest, whose quantity has increased dramatically for over two decades. The pest control is not easy, and therefore is the most difficult urban pest to pest control. This is probably due to resistance and resistance mechanism. These mechanisms have rapidly developed and decreased effect of biocides, that have been effective in the past. The development mechanisms resistance must be actively monitored. In today's paper, I give a brief overview of the latest information on the resistance and functionality of active ingredients against bed bugs.

Úvod

Problematika hubení štěnic je v současné době jedním z neaktuálnějších témat. Ve větších městech v České republice řeší dezinfekci štěnic DDD společnosti až téměř ve 40 % zásahů. Všichni víme, že její hubení není jednorázovou akcí a v případě nedodržení postupů a nevhodně zvoleného insekticidu je téměř jistá reklamace ze strany zákazníka, stěžujícího si na opětovný

výskyt. Důkazy o rezistenci štěnic k některým insekticidům jsou již všeobecně známy. Také to, že jejich rezistence se vyvíjí a štěnice dokáží poměrně rychle reagovat novou tělní adaptací, již bylo mnohokrát zmíněno. Ve světle těchto faktů se odvíjí každodenní práce DDD technika, který musí přemýšlet nad tím, čím vlastně má štěnice hubit, aby zásah byl maximálně účinný a proběhl bez reklamací a také, aby svou činnos-

tí nepřispíval k vytváření a zvyšování rezistentních populací štěnice domácí.

Tyto nejasné otázky a úvahy ještě podtrhává důležitý fakt, a to, že jednotlivé populace štěnic se na různých místech výskytu liší. Jinak reagují na určité insekticidy a jejich účinné látky, nehledě na to, že adaptace se vyvíjí a v průběhu let, či dokonce měsíců může být insekticid, který na danou populaci zabíral najednou neúčinný.

Které účinné látky tedy na štěnice aktuálně zabírají? Odpověď na tuto otázku chtějí znát nejenom DDD technici, ale i vědci na celém světě. Odborných publikací zabývajících se problematikou rezistence u štěnic v posledním desetiletí vzrůstá úměrnou křivkou tak, jako jejich výskyt v postelích zákazníků. Jakékoliv nové poznatky ohledně účinnosti přípravků na štěnice jsou odbornými časopisy velmi dobře přijímány a my se tak můžeme zpravidla v rychlém horizontu dozvědět nové informace z terénních i laboratorních studií. A jelikož vlastní testování je poměrně náročný proces, jak popíšu níže, prvotně jsem se rozhodla načerpat aktuální informace o účinnosti účinných látek proti štěnicím z těchto ověřených zdrojů.

Předložený příspěvek tedy přináší informace o účinnosti přípravků s účinnými látkami, které je možné na štěnice používat v České republice, na základě výsledků vědeckých publikací vydaných v posledních pěti letech.

Pro začátek trochu teorie

V následujících řádcích jen pro pořádek uvedu základní definice, které jsou

z hlediska sledování účinnosti a rezistence nezbytné.

Co je to rezistence?

Je to dědičná změna citlivosti populace škůdce, která se odráží v opakovaném selhávání přípravku používaného při hubení škůdce. Jinými slovy jedná se o zděděnou vlastnost určitého kmene štěnic přežít letální koncentraci insekticidního přípravku, který by zahubil většinu jedinců v normální populaci štěnic. Rezistence vzniká prostřednictvím alel, které poskytují odporové faktory a v závislosti na insekticidním tlaku.

Mechanismy rezistence

Je možné jednoduše rozdělit na dva základní typy, a to rezistence ve způsobu chování a fyziologická rezistence. U rezistentních změn v chování dokáže hmyz vyvinout schopnost, která jim umožní vyhnout se smrtelné expozici insekticidů nebo tuto expozici snížit. Naproti tomu u rezistence fyziologické dochází k fyziologickým modifikacím těla, jako je například snížení kožní penetrace, zvýšení metabolické detoxikace anebo snížení citlivosti na cílovém místě. U štěnic byly prozatím prokázány pouze fyziologické mechanismy rezistence.

Snížení kožní penetrace – neboli zvýšení odolnosti kutikuly proti pronikání insekticidů. Kutikula je hlavní linie obrany, jelikož je to první místo, které musí překonat kontaktní insekticid, než do těla pronikne. Schopnost zesílit tloušťku pokožky a tím se bránit proti insekticidům, byla u štěnic prokázána již v mnoha studiích (Zhu et al., 2013, Lilly et al., 2016^a). Tento typ rezistence chrání štěnice proti pronikání širokého spektra insekticidů.

Metabolická rezistence – je to biochemická transformace toxinu, kde je toxická sloučenina přeměněna na méně toxickou formu. Jsou zde zahrnuty tři hlavní skupiny metabolických enzymů a to P450s, esterázy a GTS (Glutathion S-transferáza), a dále transportéry ABC (Mamidala et al., 2011). Složitostí těchto mechanismů se do detailů zabývat nebudeme, jen bych uvedla, že každá jmenovaná skupina je odpovědná za rezistenci k různým insekticidům.

Snížení citlivosti na cílovém místě – insekticidy obecně ovlivňují specifická cílová místa, které jsou zpravidla v nervovém systému hmyzu (acetylcholinesteráza, chloridové kanály, atp.), čímž inhibují jejich enzymatickou aktivitu.

Rezistentní štěnice vyvinuly na těchto cílových místech modifikace, které umožňují normální neurologickou funkci navzdory přítomnosti insekticidu. Existují čtyři hlavní typy mechanismů pro snížení citlivosti cílového místa, které způsobují rezistenci vůči různým druhům insekticidů: Kdr (DDT, pyretroidy), změněné AChEs (organofosfáty, karbamáty), necitlivé receptory GABA (Cyklodieny, fenylpyrazoly) a změněné nAChR (neonikotinoidy) (Dang et al., 2017).

Metody laboratorního testování rezistence

Vhodně nastavená metodika laboratorního testování rezistence je základem pro získání kvalitních výsledků s vysokou vypovídající hodnotou. Tyto testy slouží jako základní náhled k účinnosti insekticidů a poskytují včasné varování pro potřeby provést změny ve způsobu jejich používání. Jak jsem již zmínila v úvodu, publikací o testování účinných látek a rezistence u štěnic se v celosvětovém měřítku vyskytlo mnoho. Existují metody standardizované světovými organizacemi, metody s přesným určením, ale také další metody, které jsou autory publikací upraveny a uzpůsobeny pro vhodnější testy týkající se současné potřeby či místního charakteru.

Obecně je možné metody testování rezistence na štěnice rozdělit do tří hlavních skupin: biologické testy, biochemické testy a molekulární analýzy (Dang et al., 2017).

Biologické testy – tuto kategorii si dovoluji rozebrat podrobněji, jelikož těmito testy se v naší laboratoři předně zabýváme. Co se týče výhod, jsou tyto testy nejméně náročné z hlediska materiálního zajištění (stroje, atd.), dále je jejich provedení jednoduché a časově nenáročné. Avšak pro testování vyžadují velké množství štěnic a nemusí mít dostatečnou vypovídající hodnotu z hlediska citlivosti. Nemusí také odhalit počáteční stadia rezistentních projevů. Můžeme je ještě rozdělit do dvou kategorií. Při té první je testována reakce štěnic na danou koncentraci účinné látky a při té druhé zase reakce na diagnostikovanou koncentraci (definované testy WHO). Příprava na biologické testy zahrnuje sběr štěnic terénních populací a také chov štěnic laboratorních (citlivých). Mortalita štěnic se posuzuje podle rozsahu

koncentrace účinné látky, které byly štěnice vystaveny. Výsledky se stanovují pomocí probitové analýzy v hodnotách LD_{50} , LC_{50} nebo LT_{50} . Výsledky terénních populací štěnic jsou následně porovnávány s výsledky populací citlivých na insekticidy a zjištěný rezistentní poměr je použit k odhadu citlivosti terénních

populací. Co se týče testů „tradičních“ založených na diagnostikované koncentraci insekticidů jsou štěnice v ošetřené komoře nebo na petriho misce po dobu přesně stanovenou. Většina testů rezistence jsou prováděny pomocí těchto testů, kdy jejich provedení je standardizováno. Po provedení testů biologických by měly být charakterizovány mechanismy rezistence. Ke stanovení některých metabolických rezistencí mohou být testováním používány synergisté (např. PBO), ale ve většině případů se ke stanovení mechanismů rezistence používají biochemické a molekulární testy.

Biochemické testy – používají modelové substráty k vyhledání zvýšené aktivity enzymů, které se podílejí na vzniku rezistence u štěnic. Výhodou těchto testů je, že je zapotřebí pouze malý testovací vzorek, ale k provedení analýz je vyžadováno sofistikovaných a nákladných vybavení a technologií.

Molekulární testy – jsou to nejpřesnější testy, které poskytují odpověď o konkrétních specifických mechanismech rezistence. Existuje mnoho metod pro provedení molekulárních testů, jmenovitě jen ty nejnámější, jako je PCR Real-time, Ar-PCR, přímá DNA analýza. Opět molekulární testování vyžadují nákladné přístroje k jejich provedení. U biochemických a molekulárních testů je možné vzorek pro testování uchovat (zmražení).

Účinné látky přípravků proti štěnicím v ČR

Metodika zpracování

Aktuální informace o účinnosti jednotlivých účinných látkách jsem vyhledávala ve vědeckých databázích Web of Science, Google Scholar a na Research Gate. K vyhledávání jsem použila klíčová slova: resistance bed bugs a názvy jednotlivých účinných látek. V databázích jsem procházela i starší příspěvky, ale předně jsem se zaměřila na ty, které byly vydány po roce 2013, tedy na ty, které nejsou starší, než pět let. Z těchto příspěvků jsem čerpala informace pro podání aktuálního přehledu o mechanismech rezistence, pro zpracování tabulky č. 1, a v neposlední řadě také pro soupis novinek z hlediska účinných látek.

Charakteristika skupin insekticidů a účinných látek

Syntetické pyretroidy – jedná se o uměle vytvořené insekticidy, vzniklé modifikací přírodních pyretrinu extrahovaných z květů *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Jsou to vysoce účinné neurotoxické insekticidy, mající rychlý knock-down efekt. Do skupiny syntetických pyretroidů patří např. tyto účinné látky: cypermetrin, deltametrin, permetrin, tetrametrin a další. Mnohdy jsou přípravky směsí jednotlivých účinných látek syntetických pyretroidů. Aktuální situace: štěnice jsou na syntetické pyretroidy rezistentní. První záznamy o počínající rezistenci se objevují již na počátku devadesátých let. V průběhu téměř třiceti let bylo vydáno mnoho publikací popisujících vývoj mechanismů rezistence na pyretroidy. Téměř všechny výše uvedené mechanismy rezistence se vyvinuly proti pyretroidům. V posledních letech byly například publikovány informace o zvýšených účincích pyretroidů na kutikulu štěnic, kdy bylo zjištěno, že z důvodu užívání pyretroidů došlo dokonce k nárůstům kutikuly u štěnic, který přispívá ke snížené penetraci insekticidů (Koganemaru et al., 2013). Rezistence na pyretroidy je prokázána i u dalších škůdců, např. u komárů (Stoddard 2018) či much (Scott, 2017).

A mohla bych jmenovat dále, ale proto, že ostatní škůdci nejsou předmětem dnešního příspěvku, odkazuji případně zájemce na literaturu, kde jsem se snažila vybrat ty nejnovější publikace. V současnosti je rezistence u štěnic na pyretroidy již vnímána jako známý fakt a některé druhy pyretroidů jsou používány i jako pozitivní kontroly při testování, jelikož je velmi dobře znám jejich účinek. V budoucnu není doporučováno používat pyretroidy proti štěnicím, jelikož jejich užíváním se podporuje rozvoj dalších rezistentních mechanismů, čímž může dojít ke snížení účinnosti i jiných insekticidů a zvýšeného rozvoje rezistence (Balvín et Booth, 2018).

Pyroly – jsou třídou proinsekticidů, které jsou aktivovány až po vstupu do organismu. Jsou to mitochondriální inhibitory transportu elektronů, které narušují konverzi adenosindifosfátu (ADP) na adenosintrifosfát (ATP) v mitochondriích buněk. Tento proces vede ke ztrátě energie, což vede k dysfunkci buněk a k následné smrti. Do této skupiny spadá účinná látka chlorfenapyr. Vzhledem k novému způsobu účinku je v současnosti jako PT18 schválený v 19 zemích na světě.

Aktuální situace: co se týče Evropské unie je prozatím povolený pouze jako PT 8 (ochrana dřeva), nikoliv jako PT 18. Poslední zprávy o procesu schvalování jsou ze dne 15. 10. 2018. Zatím vypadá vše poměrně pozitivně a úplné dokončení schvalování je snad už na spadnutí. Co se týče zpráv o jeho účinku, první publikace se začaly objevovat od roku 2006. Ve většině z nich je porovnávána účinnost s ostatními látkami. A musím říci, že výsledky zkoušek se občas liší. Účinnosti chlorfenapyru a dalších účinných látek proti štěnicím testovali Wang et al. (2016) na různých typech povrchu a průměrná účinnost chlorfenapyru byla 95 %. Testovali také účinnost z hlediska času expozice, kdy zjistili vyšší mortalitu štěnic za 24 hodin, než po prvních pěti minutách po nanesení. Podobnou účinnost chlorfenapyru, a to 95 % zaznamenali i Hinson et al., 2016, kteří testovali mortalitu vajíček a následně vylíhlých nymf.

Studium bylo provedeno na kmeni laboratorním a na kmeni divokém. Mezi kmeny zaznamenali určité rozdíly, z čehož plyne, že je vždy zapotřebí volit typ použitého insekticidu v závislosti na konkrétní situaci.

Existují však studie, které hovoří o špatném insekticidním účinku přípravku s účinnou látkou chlorfenapyr. Jedná se o výsledky testování australských vědců Doggett et al. (2011), kteří zjistili pouze 60% úmrtnost štěnic a to i u citlivých kmenů. Hlavně dodávají, že opožděný účinek je velmi limitujícím faktorem z hlediska hubení.

Zajímavá je také studie Choe a Campbell z roku 2014, kde byla zkoumána účinnost chlorfenapyru u štěnic nasátých či nenasátých. Mortalita štěnic nasátých byla 48 %, zatímco mortalita těch nenasátých byla 98 %. Z čehož vyplývá, že jednorázová aplikace chlorfenapyrem může být negativní. S touto účinnou látkou je potřebné aplikaci opakovat. K podobným závěrům došli také Singh et al., 2016, kteří poukázali na to, že u štěnic, které se po ošetření chlorfenapyrem nasály, byla mortalita pozdější. Tudíž nasátí zvyšuje možnost přežití u štěnic, proto také doporučují, aby zákazník po ošetření touto účinnou látkou minimálně po dobu tří dnů v ošetřené posteli, nespál. Což je poměrně nová zpráva. Ve většině případů je zákazníkům dokonce doporučováno, aby v posteli okamžitě spali kvůli vybuzení štěnic z úkrytu. Ale vzhledem k těmto novým objevům bych byla pro vytvoření jistého kompromisu. Jestliže vyhladovění štěnic je pozitivní faktor a povzbudí jejich mortalitu, navrhovala bych zákazníkům, aby před zásahem či po zásahu – jeli to možné, byt opustili minimálně na zmíněné tři dny.

Karbamáty – tyto insekticidy působí na nervový systém hmyzu, kde brání činnosti acetylcholiesterázy (enzym působící na nervové vzruchy). Ze skupiny karbamátů je v EU povolena pouze jediná účinná látka a to bendiocarb.

Aktuální situace: pro EU je účinná látka schválená, ale v Americe teprve před nedávnem zakázali jeho prodej a povolení nebylo prodlouženo. Přípravek s bendiocarbem, který se používá k hubení štěnic v ČR je klasifikován jako toxický. Tudíž je nutné dle zákona 258/2000 Sb., při jeho užívání splnit podmínky § 58, odst. 3 a § 61, odst. 3. Co se týče odborných publikací zabývající se jeho účinností, docela překvapivě jsem zjistila, že při testech nedosahuje dobrých výsledků a štěnice si již pomalu na bendiocarb vytvářejí rezistenci. Poslední publikace o nízkém účinku byla publikována v roce 2015 (Lilly et al., 2015). Na australských kmenech štěnic byla hodnocena účinnost, respektive byla hodnocena úroveň rezistence na 5 účinných látek (bendiocarb, imidacloprid, deltametrin, permethrin a pirimifos-methyl – organofosfát, u nás není povolený). Potvrdili, že štěnice v Austrálii jsou rezistentní vůči bendiocarbu, deltametrinu a permethrinu. Podobně při testování rezistence thajských štěnic (Tawatsin et al., 2011) dosahovaly hodnoty LD₅₀ u bendiocarbu podobných hodnot jako u pyretroidů. Co se týče této účinné látky, je nutné mít na paměti vždy dodržení zákonných požadavků a zároveň v současné době již nespolehat na její maximální účinnost.

Neonikotinoidy – působí podobně jako karbamáty na činnost acetylcholin esterázy, přičemž brání přenosu vzruchů v centrální nervové soustavě. Jsou chemicky odvozeny od nikotinů (Jeschke et al., 2010). Nejznámějším neonikotinoidem na našem trhu je účinná látka imidacloprid.

Aktuální situace: imidacloprid je insekticid, který je účinný na celé spektrum škůdců, velice často se používá v přípravcích proti mravencům, švábům, mouchám či samozřejmě štěnicím. Avšak v současné době není na českém trhu přípravek, obsahující účinnou látkou imidacloprid, který by sloužil primárně k hubení štěnic, v Americe je přípravek obsahující imidacloprid

jeden z nejpoužívanějších proti štěnicím. Studie testující jeho účinnost při porovnání s ostatními účinnými látkami, se většinou shodují, že se jedná o rychle a dostatečně účinný insekticid. Souhrn výsledků testování od roku 2013 je uvedený v tabulce č. 1. Objevují se již také studie poukazující na rozvoj rezistence vůči této účinné látce. Romero et al. (2016) uvádějí, že rezistence je nejpravděpodobněji způsobena zvýšenou enzymatickou aktivitou. Podobně jako Lilly et al. (2018) tuto rezistenci zaznamenali prozatím pouze u nízkého procenta volně žijících populací štěnic v Austrálii. Co se týče používání přípravků s imidaclopridem proti štěnicím v Česku, určitě bych byla pro uvedení s upozorněním, že při boji se štěnicemi musí být použito všech dostupných metod s důrazem k boji proti rezistenci.

Další účinné látky

Fenyl pyroly – jedná se o insekticidy, které ovlivňují činnost chloridových kanálů v centrálním a periferním nervovém systému, přičemž dochází k nadměrnému vybuzení nervů a k smrti. Patří sem velice známá účinná látka fipronil.

Aktuální situace: u nás je znám hlavně jako účinná látka požerových nástrah proti švábům a mravencům. Avšak v přípravcích pro hubení štěnic není nováček. V dřívějších pokusech prokázal fipronil na štěnice dobrý účinek a nejnovější testování Sierras et Schal, (2017) shledávají fipronil jako účinnou látku, kterou určitě doporučují pro zařazení do přípravků proti štěnicím.

Organické sloučeniny – jedná se o látky, které sami nemají insekticidní účinek, ale zvyšují účinnost insekticidů. Jsou to tzv. synergisté a nejznámější je z této skupiny piperonyl butoxid. Používá se především v kombinaci s pyretroidy. Lilly et al., (2016 b) v nedávné studii testovali na stejném kmeni štěnic samostatný deltametrin a deltametrin s PBO. Prokázali nárůst účinnosti s PBO, avšak vlivem působení na rezistenční mechanismy dodávají, že kombinace pyretroidů a PBO má bohužel zvýšený vliv na rezistenci štěnic. Tento efekt je zapotřebí dále sledovat pro budoucí vývoj insekticidů.

Regulátory růstu – obsahují juvenilní hormony, které hrají významnou roli v reprodukci. Přípravky s těmito

účinnými látkami působí na vývoj škůdce. Výhodou je nízká toxicita pro savce. Do této skupiny patří například methopren. Ten je přidáván často do přípravků společně s pyretroidy či pyretriny a PBO. Vliv juvenilních hormonů je na reprodukci prokázán (Gujar et Palli., 2016), avšak přímá účinnost na štěnice je již spornější. Goodman et al. (2013) při testování zaznamenali mortalitu štěnic až ve vysokých koncentracích a doporučují nespolehat se na jejich přímou účinnost.

Silikonové směsi – přípravky proti štěnicím s přidavkem silikonových sloučenin jsou na našem trhu „relativně“ novinkou. Po přímém postříku ulpívají na kutikule štěnic, čímž jim znesnadňují pohyb, dýchání a vůbec celkovou existenci. Výrobci jednoznačně doporučují jejich použití proti štěnicím v kombinaci s insekticidy, které používáme především pro to, aby ulpěly na povrchu a zasáhly tak štěnice, které neprijdou okamžitě do styku s insekticidem. Používání těchto přípravků proti štěnicím určitým způsobem nahrazuje rychlý knock-down efekt pyretroidů, jelikož přímá aplikace na tělo má podobně rychlý účinek a výhodou je zde samozřejmě to, že štěnice na silikonové přípravky nejsou nijak rezistentní. Doporučila bych používat tyto přípravky při zvýšeném zamoření, kdy se o okamžitém efektu na štěnice jistě přesvědčíte sami a jeho 92% účinnost při topikální aplikaci potvrzují i Zha et al. (2018).

Esenciální oleje – v současné době je dbáno na snižování toxické zátěže a hledání alternativ k syntetickým účinným látkám. Tento trend je patrný ve všech odvětvích při práci z hmyzem, nejznatelnější je to pak bezesporu v případě užívání repelentů. O této problematice bych se mohla dlouze rozepsat, ale myslím, že postačí náhled do studie Zha et al. (2018), kde jednoznačně potvrzují vyšší účinnost pouze parafinového a silikonového oleje proti štěnicím, než jakéhokoliv oleje esenciálního. Co se týče hubení štěnic, určitě bych se v terénu vyhnula jakémukoliv experimentování s esenciálními oleji na štěnicích u zákazníka.

Budoucnost – při vyhledávání publikací pro tento příspěvek jsem narazila na zajímavé novinky, co se týče boje proti štěnicím. Jednou takovou

Tabulka č. 1:

Účinné látky přípravků proti štěnicím a jejich aktuální účinnost a rezistence*				
	Přípravek je účinný	Snížená účinnost	Rezistence	Zdroje
Syntetické pyretroidy				
Deltamethrin	--	1 ^{1a}	6 ^{2,3,4,5,6}	^{1a} Lilly et al., 2018, ^{2a} Agnew et Romero, 2017, ^{3a} Lilly et al., 2016, ⁴ Vander et al., 2013, ⁵ Kogenemaru et Miller, 2013, ⁶ Zhu et al., 2013
Cypermethrin	--	--	1 ⁷	⁷ Politi et al., 2017
Permethrin	--	1 ⁸	3 ^{9,3,10}	⁸ Jones et al., 2015, ⁹ Hardstone et al., 2015, ³ Lilly et al., 2016 ¹⁰ Singh et Wann, 2013
Co se týče dalších druhů s. pyretroidů, existují pouze publikace staršího data, jelikož testování, již známého faktu rezistence není zapotřebí				
Pyroly				
Chlorfenapyr	3 ^{11,12,13}	1 ¹⁴	--	¹¹ Hinson et al., 2016 ^x , ¹² Wang et al., 2016 ^y , ¹³ Choe et Campell, 2014 ^y , ¹⁴ Ashbrook et al., 2017 ^x
Chlorfenapyrem se zabývaly i mnohé další studie před rokem 2013. Ve většině případů nikdy nedošlo k závěrům prokazující rezistenci . Nižší účinnost byla však zachycena v testech terénních.				
Karbamáty				
Bendiocarb	--	--	3 ^{15,16,17}	¹⁵ Lilly et al., 2015, ¹⁶ Dang et al., 2017, ¹⁷ Kogane-maru et Miller, 2013
Bendiocarb již nebyl schválený pro trh v USA, proto je publikací zabývají se jeho účinkem proti štěnicím mnohem méně.				
Neonicotinoidy				
Imidacloprid	7 ^{18,19,20,15,21,13,1}	3 ^{22,12,23}	--	¹⁸ Crawley et al., 2017, ¹⁹ Hinson et al., 2016, ²⁰ Wang et al., 2015, ¹⁵ Lilly et al., 2015, ²¹ Singh et al., 2014, ¹³ Choe et Campell, 2014, ¹ Lilly et al., 2018, ²² Rome-ro et Anderson, 2016, ¹² Wang et al., 2016, ²³ Gordon et al., 2015
Neonicotinoidy jsou obsaženy ve většině přípravků proti štěnicím v USA a mají dobré výsledky. V ČR není pro hubení štěnic momentálně na trhu přípravek s neonicotinoidy				
Ostatní účinné látky a přípravky				
Fipronil	1 ²⁴	--	--	²⁴ Sierras et Schal, 2017
PBO	--	1 ³	1 ³	^{3b} Lilly et al., 2016
Silika gel	1 ²	--	--	^{2b} Agnew et Romero, 2017
Regulátory růstu	--	2 ^{25,26}	--	²⁵ Gujar et al., 2016, ²⁶ Goodman et al., 2013

* Stupeň účinku je přiřazen dle výzkumných studií za posledních 5 let (2013-2018). Uvedena hodnota odpovídá počtu studií daného účinku, ^{1a} u tří ze čtyř australských kmenů prokázána nízká účinnost, ^{2a} testy insekticidních poprašků, bez reakce štěnic na deltametrin, ^{3a} sám deltametrin byl neúčinný, s PBO zvýšení účinnosti, avšak testy také ukázaly, že přímo PBO přispívá ke zvýšení rezistence, ⁷ nízká účinnost cypermethrinu, při porovnání s účinností s esenciálními oleji, ¹¹ více, než 95% účinnosti na vajíčka a následně vylíhnuté nymfy (chlorfenapyr), ^{12a} účinnost na různých površích průměrně 95% (chlorfenapyr), ^{12b} účinnost na různých površích průměrně 70% (imidacloprid+β-cyfluthrinem), ¹³ nenasáté štěnice 48 % úmrtnost, nasáté štěnice 98 % úmrtnost, ¹⁴ snížená účinnost, pod 80% u 3 z 11 kmenů, u zbývajících byla mortalita vysoká, ¹⁸ imidacloprid vyvolává změny v chování a pohybech štěnic (kombinace s β-cyfluthrinem), ¹⁹ účinnost 100% na vajíčka a následně vylíhnuté nymfy (imidacloprid+ β-cyfluthrinem), ²⁰ terénní test – 87 % účinnost, ²² dva kmeny ze čtyř rezistence, ²³ laboratorní testy působení imidacloprid+β-cyfluthrinem = vznik rezistence za 6 generací, ^{3b} testy účinné, ale podporuje rozvoj rezistence u štěnic, ^{2b} na povrchu ošetřeném silikonovým popraškem byly štěnice nejkratší dobu + byly zaznamenány problémy s pohybem, ^x – přípravek obsahoval ²¹, 45 % chlorfenapyru, ^y – přípravek obsahoval 0,5 % chlorfenapyru (aerosol), literatura vztahující se k tabulce je uvedena v celkovém souhrnu literatury k příspěvku.

je použití entomopatogenní houby. O nich jsem již psala v příspěvku IPM pro klíšťata, takže jen ve stručnosti, tyto entomopatogenní houby napadají celý organismus škůdce, kterého obalí a znemožní mu existenci. Při laboratorních testech prokázali Pietri et Liang (2018) vysokou účinnost těchto hub, avšak v terénních podmínkách již takový úspěch neměli. Velkou roli tam hrála rozdílná teplota, délka expozice a další parametry. Takže pouze uvádějí, že tento způsob hubení by mohl být potenciálně v budoucnu používán. A konečně například moxidectin a ivermectin jsou další účinné látky registrované na trhu ve světě. Při testování vykazovaly velmi pozitivní výsledky, tudíž jejich budoucnost v boji proti štěnicím je potenciálně možná (Sheele et Ridge, 2016; Zha et al., 2017) a možné začlenění na náš trh budu určitě sledovat.

Shrnutí publikačních výsledků

Syntetické pyretroidy – zvýšený rozvoj mechanismů rezistence. Zpochybnění dalšího používání pyretroidů při hubení štěnic, gen pro rezistenci se vysoce šíří. Proto je nutné při použití syntetických pyretroidů používat i další účinné látky. Samotné pyretroidy jsou nízké účinné.

Chlorfenapyr – dodržení opakovaných zásahů, při dalším zásahu dbát na opětovné použití této účinné látky (zaručené zvýšení mortality štěnic). **Novinka** - doporučení pro zákazníka minimálně tři dny nespát v posteli, kde se štěnice vyskytovaly, popřípadě tři dny před zásahem. **Důvod** – okamžitě nasátí způsobuje potlačení účinku chlorfenapyru. Po třech dnech je zaručeno, že přípravek pronikne do štěnic a nyní opět zákazníkovi doporučíme, aby se vrátil do postele a svou přítomností vybudil další jedince k pohybu. Popřípadě tři dny před zásahem štěnice vyhladovíme.

Bendiocarb – poslední publikace z Austrálie a Malajsie hovoří o vzniku rezistence. V USA neprodloužená registrace. Počet publikací zabývající se touto účinnou látkou je nízký a výskyt rezistence u štěnic v České republice nebyl testován. Tento příspěvek pojednává pouze o souhrnu literárního přehledu a poskytuje informace posledních vědeckých studií.

Silikonové směsi – vysoká účinnost při přímé aplikaci (knock-down), pou-

žívat v kombinaci s jinými účinnými látkami.

Nové účinné látky pro přípravky proti štěnicím – imidacloprid a fipronil.

Systém povolení – závěry výše uvedených publikací nabádají k pružnějšímu systému povolení nových účinných látek, kdy by mohli DDD pracovníci flexibilně reagovat na současnou situaci zvýšeného výskytu štěnic. Autoři některých publikací zdůrazňují, že je vhodné podpořit systém povolování přípravků s novými účinnými látkami. Důležité je, aby z nabízených přípravků měli DDD pracovníci dostatečný výběr s účinnými látkami, které opravdu fungují.

Závěr

Příspěvek podává souhrn aktuálních informací o účinnosti účinných látek proti štěnicím. Jeho prostřednictvím bych Vás chtěla jen poprosit, abyste se zkusili při dalším zásahu proti štěnicím malinko zamyslet nad rezistencí. Nad tím, že je to opravdu závažný problém a pokud bude situace pokračovat stejným tempem i nadále, nebudete mít v rukou žádnou účinnou zbraň pro vítězný boj. Z výsledků výše uvedených bych pro příště doporučila při zásahu nemixovat koktejly různých účinných látek. Takováto směs bude mít na počátku sice jistých pár obětí, ale z hlediska celkového účinku nebude její podstata rozhodující. Zkuste příště také účinné látky střídát, štěnice opravdu nejsou hloupé a na vámi léty osvědčený přípravek časem vyzrají. Já vím, účinných látek na výběr na našem trhu nemáme úplný ranec, ale jisté varianty se bezesporu najdou. A také se nebojte a komunikujte se zákazníky, vysvětlete jim podstatu účinku přípravku, který použijete. Zdůrazněte, že k vyhubení štěnic nedojde okamžitě a že může být zcela normální, když je uvidí po zásahu stále aktivní. A hlavně prosím, nespolehejte pouze na chemické způsoby hubení, buďte ekologičtí a moderní a zamyslete se nad možnostmi velké škály nechemických metod. Pro mnohé z vás jsou to sice vody neprobádané, ale spějeme k nové době, která chce udržet naši planetu „použitelnou“ i pro další generace a proto se snažíme

minimalizovat její zatížení i snížením nadměrného používání biocidů. A sami víme, že existuje možnost, že v budoucnu například již žádný účinný insekticid pro hubení mít nebudeme. Proto je si myslím nejvyšší čas začít nechemické metody studovat, zkoušet a podporovat. Tímto příspěvkem jsem chtěla hlavně říci, že tvůrci rezistence jste především vy, pracovníci DDD a je jen na vás, v jaké kondici budou české štěnice v budoucnosti.

LITERATURA

- Balvin O, Booth W. Distribution and Frequency of Pyrethroid Resistance-Associated Mutations in Host Lineages of the Bed Bug (Hemiptera: Cimicidae) Across Europe. *J of Med ent.* 2018; 1-6.
- Dang K, Doggett SL, Singham VG, Lee ChY. Insecticide resistance and resistance mechanisms in bed bugs, *Cimex* spp. (Hemiptera: Cimicidae). *Parasites & Vectors.* 2017; 10:318.
- Doggett SL, Orton CJ, Lilly DG, Russell RC. Bed bugs - a growing problem worldwide, Australian and international trends update and causes for concern, session 2 A. Australian Environmental Pest Managers Association, NSW Conference 2011 Sydney, Australia. 2011.
- Goodman MH, Potter MF, Haynes KF. Effects of juvenile hormone analog formulations on development and reproduction in the bed bug *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *Pest Manag Science.* 2013; 69: 240-244.
- Gujar H, Palli SROV. Juvenile hormone regulation of female reproduction in the common bed bug, *Cimex lectularius*. *Scientific Reports* 2016; 6:35546.
- Hinson KR, Benson EP, Zungoli PA, Bridges WC, Ellis BR. Egg Hatch Rate and Nymphal Survival of the Bed Bug (Hemiptera: Cimicidae) After Exposure to Insecticide Sprays. *Journal of Economic Entomology*, 2016, Vol. 0, No. 0.
- Choe DH, Campell K. Effect of Feeding Status on Mortality Response of Adult Bed Bugs (Hemiptera: Cimicidae) to Some Insecticide Products. 2014; *J. Econ. Entomol.* 107: 3: 1206-1215.
- Jeschke P, Nauen R, Shindler M, Elbert A. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *J Agric Food Chem.* 2010;59:2897-908.
- Koganemaru R, Miller DM, Adelman ZN. Robust cuticular penetration resistance in the common bed bug (*Cimex lectularius* L.) correlates with increased steady-state transcript levels of CPR-type cuticle protein genes. *Pestic Biochem Physiol.* 2013;106:190-7.
- Lilly DG, Zalucki MP, Orton C, Russell RC, Webb CE, Doggett SL. Confirmation of insecticide resistance in *Cimex lectularius* Linnaeus (Hemiptera: Cimicidae) in Australia. *Austral Entomol.* 2015;54:96-9.
- Lilly DG, Latham SL, Webb CE, Doggett SL. Cuticle thickening in a pyrethroid-resistant strain of the common bed bug, *Cimex lectularius* L. (Hemiptera: Cimicidae). *PLoS One.* 2016a;11:e0153302.
- Lilly DG, Dang K, Webb CE, Doggett SL. Evidence for metabolic pyrethroid resistance in the common bed bug (Hemiptera: Cimicidae). *J Econ Entomol.* 2016 b;109:1364-68.
- Lilly DG, Dang K, Cameron EW, Doggett S. Are Australian field-collected strains of *Cimex lectularius* and *Cimex hemipterus* (Hemiptera: Cimicidae) resistant to deltamethrin and imidacloprid as revealed by topical assay? *Austral Entomology.* 2018; 57: 77-84.
- Mamidalá P, Jones SC, Mittapalli O. Metabolic

resistance in bed bugs. *Insects*. 2011;2:36–48.

Pietri JE, Liang D. Virulence of entomopathogenic bacteria in the bed bug, *Cimex lectularius*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2018; 151:1–6.

- Romero A, Anderson TD. High levels of resistance in the common bed bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae), to neonicotinoid insecticides. *J Med Entomol.* 2016;53:727-31.
- Scott JG. Evolution of resistance to pyrethroid insecticides in *Musca domestica*. *Pest Manag Sci* 2017; 73: 716–722.
- Sheele JM, Ridge GE. Toxicity and potential utility of ivermectin and moxidectin as xenotoxins against the common bed bug, *Cimex lectularius* L. *Parasitology Research.* 2016; 115, 8: 3071–3081.
- Sierras A, Schal C. Comparison of ingestion and topical application of insecticides against the common bed bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *Pest Manag Sci.* 2017; 73(3): 521–527.
- Singh N, Wang Ch, Cooper R. Posttreatment Feeding Affects Mortality of Bed Bugs (Hemiptera: Cimicidae) Exposed to Insecticides. *Journal of Economic Entomology.* 2016; 109: 273–283.
- Stoddard PK. Managing *Aedes aegypti* populations in the first Zika transmission zones in the continental United States. *Acta Tropica.* 2018; 187: 108–118.
- Tawatsin A, Thavara U, Chomposri J, Phusup Y, Jonjang N, Khumsawads C. Insecticide resistance in bedbugs in Thailand and laboratory evaluation of insecticides for the control of *Cimex hemipterus* and *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *J Med Entomol.* 2011;48:1023–30.
- Wang CH, Singh N, Zha CH, Cooper R. Efficacy of Selected Insecticide Sprays and Aerosols against the Common Bed Bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *Insects;* 2016; 7, 5.
- Zhu F, Gujar H, Gordon JR, Haynes KF, Potter MF, Palli SR. Bed bugs evolved unique adaptive strategy to resist pyrethroid insecticides. *Sci Rep.* 2013;3:1456.
- Zha Ch, Wang Ch, Sheele JM. Effect of Moxidectin on Bed Bug Feeding, Development, Fecundity, and Survivorship. *Insects* 2017, 8: 4: 106.
- Zha Ch, Wang Ch, Li A. Toxicities of Selected Essential Oils, Silicone Oils, and Paraffin Oil against the Common Bed Bug (Hemiptera: Cimicidae). *Journal of Economic Entomology.* 2018; 111: 1: 170–177.
- Zhu F, Gujar H, Gordon JR, Haynes KF, Potter MF, Palli SR. Bed bugs evolved unique adaptive strategy to resist pyrethroid insecticides. *Sci Rep.* 2013;3:1456.
- (Hemiptera: Cimicidae), in Berlin, Germany. In: Muller G, Pospischil R, Robinson WH, editors. *Proceedings of the 8th International Conference on Urban Pests, Zurich, Switzerland, 20 to 23 July 2014.* Pápai: OOK-Press; 2014. p. 89–95.
- 5Koganemaru R, Miller DM, Adelman ZN. Robust cuticular penetration resistance in the common bed bug (*Cimex lectularius* L.) correlates with increased steady-state transcript levels of CPR-type cuticle protein genes. *Pestic Biochem Physiol.* 2013;106:190–7.
- 6Zhu F, Gujar H, Gordon JR, Haynes KF, Potter MF, Palli SR. Bed bugs evolved unique adaptive strategy to resist pyrethroid insecticides. *Sci Rep.* 2013;3:1456.
- 7Politi FAS, Nascimento JD, Silva AA, Moro II, Garcia ML, Guido RVC, Pietro RCLR, Godinho AF, Furlan M. Insecticidal activity of an essential oil of *Tagetes patula* L. (Asteraceae) on common bed bug *Cimex lectularius* L. and molecular docking of major compounds at the catalytic site of CIACHE1. *Parasitol Res.* 2017; 116:415–424
- 8Jones SC, Bryant JL, Sivakoff FS. Sublethal Effects of ActiveGuard Exposure on Feeding Behavior and Fecundity of the Bed Bug (Hemiptera: Cimicidae). *J. Med. Entomol.* 2015; 52:3: 413–418.
- 9Hardstone MC, Strycharz JP, Kim J, Park I, Yoon KS, Ahn YJ, et al. Development of multifunctional metabolic synergists to suppress the evolution of resistance against pyrethroids in insects that blood feed on humans. *Pest Manag Sci.* 2015;76:842–9.
- 10Singh N, Wang Ch, Cooper R. Posttreatment Feeding Affects Mortality of Bed Bugs (Hemiptera: Cimicidae) Exposed to Insecticides. *Journal of Economic Entomology.* 2016; 109: 273–283.
- 11Hinson KR, Benson EP, Zungoli PA, Bridges WC, Ellis BR. Egg Hatch Rate and Nymphal Survival of the Bed Bug (Hemiptera: Cimicidae) After Exposure to Insecticide Sprays. *Journal of Economic Entomology,* 2016, Vol. 0, No. 0.
- 12Wang CH, Singh N, Zha CH, Cooper R. Efficacy of Selected Insecticide Sprays and Aerosols against the Common Bed Bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *Insect,* 2016; 7, 5.
- 13Choe DH, Campell K. Effect of Feeding Status on Mortality Response of Adult Bed Bugs (Hemiptera: Cimicidae) to Some Insecticide Products. 2014; *J. Econ. Entomol.* 107: 3: 1206–1215.
- 14Ashbrook AR, Scharf ME, Benett GW, Gondhalekar AD. Detection of Reduced Susceptibility to Chlorfenapyr- and Bifenthrin-Containing Products in Field Populations of the Bed Bug (Hemiptera: Cimicidae). *Journal of Economic Entomology,* 2017; 110:3: 1195–1202.
- 15Lilly DG, Zalucki MP, Orton C, Russell RC, Webb CE, Doggett SL. Confirmation of insecticide resistance in *Cimex lectularius* Linnaeus (Hemiptera: Cimicidae) in Australia. *Austral Entomol.* 2015;54:96–9.
- 16Dang K, Singham GV, Doggett SL, Lilly DG, Lee ChY. Effects of Different Surfaces and Insecticide Carriers on Residual Insecticide Bioassays Against Bed Bugs, *Cimex* spp. (Hemiptera: Cimicidae). *Journal of Economic Entomology;*2017: 110: 558–566.
- 17Koganemaru R, Miller DM, Adelman ZN. Robust cuticular penetration resistance in the common bed bug (*Cimex lectularius* L.) correlates with increased steady-state transcript levels of CPR-type cuticle protein genes. *Pestic Biochem Physiol.* 2013;106:190–7.
- 18Crawley SE, Kowles KA, Gordon JR, Pottera MF, Haynes K. Behavioral effects of sublethal exposure to a combination of α -cyfluthrin and imidacloprid in the bed bug, *Cimex lectularius* L. *Pest Manag Sci* 2017; 73: 598–603.
- 19Hinson KR, Benson EP, Zungoli PA, Bridges WC, Ellis BR. Egg Hatch Rate and Nymphal Survival of the Bed Bug (Hemiptera: Cimicidae) After Exposure to Insecticide Sprays. *Journal of Economic Entomology,* 2016, Vol. 0, No. 0.
- 20Wang Ch, Singh N, Cooper R. Field Study of the Comparative Efficacy of Three Pyrethroid/Neonicotinoid Mixture Products for the Control of the Common Bed Bug, *Cimex lectularius*. *Insects.* 2015; 6: 197–205.
- 21Singh N, Wang Ch, Cooper R. Potential of Essential Oil-Based Pesticides and Detergents for Bed Bug Control. *J. Econ. Entomol.* 2014; 107 (6): 2163–2170.
- 22Romero A, Anderson TD. High levels of resistance in the common bed bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae), to neonicotinoid insecticides. *J Med Entomol.* 2016;53:727-31.
- 23Gordon JR, Potter MF, Haynes KF. Insecticide resistance in the bed bug comes with a cost. *Scientific Report.* 2015; 5:10807.
- 24Sierras A, Schal C. Comparison of ingestion and topical application of insecticides against the common bed bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *Pest Manag Sci.* 2017; 73(3): 521–527.
- 25Gujar H, Palli SROV. Juvenile hormone regulation of female reproduction in the common bed bug, *Cimex lectularius*. *Scientific Reports* 2016; 6:35546.
- 26Goodman MH, Potter MF, Haynes KF. Effects of juvenile hormone analog formulations on development and reproduction in the bed bug *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae). *Pest Manag Science.* 2013; 69: 240–244.

LITERATURA k tabulce č. 1

- 1Lilly DG, Dang K, Cameron EW, Doggett S. Are Australian field-collected strains of *Cimex lectularius* and *Cimex hemipterus* (Hemiptera: Cimicidae) resistant to deltamethrin and imidacloprid as revealed by topical assay? *Austral Entomology.* 2018; 57: 77–84.
- 2Agnew JL, Romero A. Behavioral Responses of the Common Bed Bug, *Cimex lectularius*, to Insecticide Dusts. *Insects* 2017; 8:83.
- 3Lilly DG, Dang K, Webb CE, Doggett SL. Evidence for metabolic pyrethroid resistance in the common bed bug (Hemiptera: Cimicidae). *J Econ Entomol.* 2016;109:1364–68.
- 4Vander Pan A, Kuhn C, Schmolz E, Klasen J, Krucken J, Samon-Himmelstjerna GV. Studies on pyrethroid resistance in *Cimex lectularius*

Ing. Terezie Bubová, Ph.D.
Terezie.bubova@seznam.cz
terezie.bubova@szu.cz

