

Feromony v integrované ochraně rostlin

I. Repetitorium

Ivan Hrdý

Autor věnuje honorář Nadaci Živa

Pražské Ministerstvo zemědělství výnosem z r. 1939 stanovilo, že kontrola výskytu bekyně mnišky (*Lymantria monacha*) se provádí nejdokonaleji tzv. metodou Dykovou–Ambrosovou. Čerstvě vylíhlé a neoplozené samičky se v klínce umístí doprostřed lepových pásů na kmenech stromů a podle počtu přilákaných samců se usuzuje na průběh gradace (přemnožení). Samečky lákala k volajícím samičkám voňavá látka — feromon. Termín feromon však definovali P. Karlson a M. Lüscher v r. 1959, tedy až o 20 let později. Dnes známe mnoho látek s účinky hmyzích feromonů a tisíce jejich kombinací. Mnohé z těchto chemických dorozumivacích látek nacházejí uplatnění v ochraně rostlin. Jejich velkou předností je specifické působení na určitý druh hmyzu — pomocí feromonových lapáků lze spolehlivě sledovat populační dynamiku a ordinovat cílené zásahy proti vybraným škůdcům. Cílená ochrana je prvním krokem k ekologicky orientované integrované ochraně rostlin — ke strategii IPM (Integrated Pest Management) a k trvale udržitelnému hospodaření v krajině. Přál bych si, aby série článků o feromonech přispěla k lepšímu pochopení a zobecnění principů IPM a aby akronym IPM v užité biologii a v ochraně rostlin u nás zevšedněl.

Semiochemikálie a feromony

Feromony jsou jen jednou, i když z našeho hlediska nejvýznamnější kategorií chemických dorozumivacích látek — semiochemikálií. Jsou to látky, většinou sekrety žláz, působící už ve velmi nízkých koncentracích a vyvolávající odezvu v chování příslušníků téhož druhu. Naproti tomu látky zprostředkující přenos informací mezi různými druhy se označují jako allomony, kairomony, či synonymy. O těch se v našem seriálu nebudeme zmiňovat (až na výjimku), a tak alespoň na vysvětlenou: Allomony jsou látky zvýhodňující producenta, jako např. odpudivé sekrety, jimiž se živočich brání napadení. Kairomony naopak zvýhodňují příjemce chemického signálu a termínem synonymy se označují látky,

kteří zprostředkují informaci výhodnou pro producenta i příjemce — např. vůně květu je výhodná pro včelu, která se živí nektarem, a současně i pro rostlinu, pro níž je včela opylovačem.

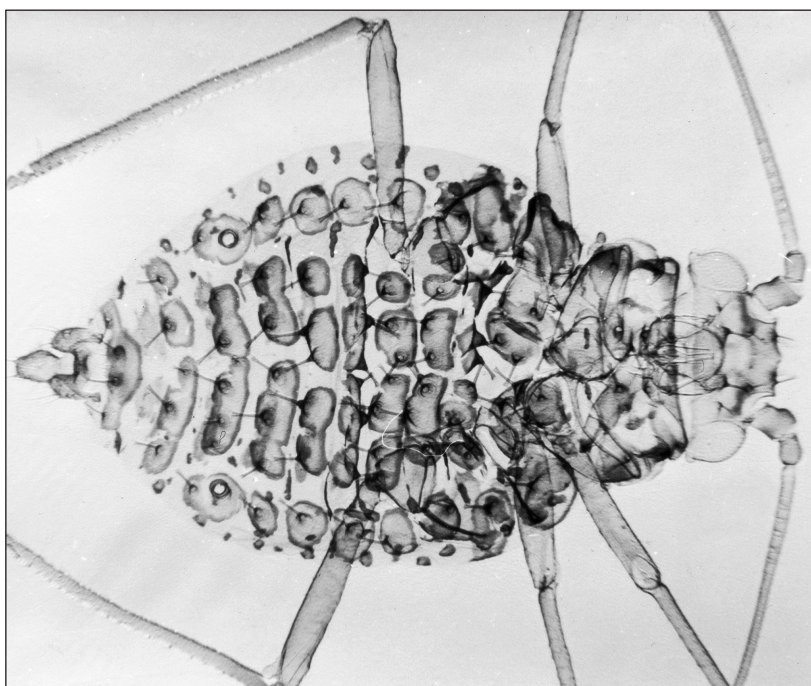
K pochopení a utřídění základních pojmů v chemické ekologii hmyzu přispěl zásadní měrou E. O. Wilson, jeden ze zakladatelů sociobiologie. Spolu s W. H. Bossertem rozlišili feromony působky (primer pheromones) a feromony spouštěče (releaser pheromones). Feromony působky ovlivňují fyziologii příjemce zprávy a teprve zprostředkovaně jeho chování. Příkladem, který nemohu pominout, ačkoli se nevztahuje přímo k využití feromonů v ochraně rostlin, je včelí mateří tlumicí látka. Tento feromon produkovaný včelí královnou má rozhodující úlohu v regulaci

životních dějů ve včelstvu. Oplozená královna tímto feromonem informuje o své reprodukční schopnosti a blokuje narážení matečnicků (zvláštních buněk) a tím vychování nových, konkurenčních královen. Mateří tlumicí látka má v různých životních situacích včelstva různé účinky: pomáhá udržovat soudržnost včelstva a zejména také soudržnost roje. Při zásunbním letu neoplozené královny je atraktantem (tedy sexuálním feromonem) přitahujícím trubce. Izolace a identifikace chemického složení hlavní složky mateří tlumicí látky, (*E*)-9-oxo-2-decenové kyseliny, byla nejdůležitějším objevem ve výzkumu hmyzích feromonů působků. Rozhodující poznatky získaly přibližně na začátku 60. let 20. stol. současně dva týmy, britský C. G. Butlerův a francouzský Janine Painové. Ví se však hlavně o tom Butlerově, a i proto platí: publikuj včas a hlavně anglicky.

Až dosud je daleko produktivnější (zejména co do počtu uveřejněných prací) výzkum feromonů spouštěčů. Jsou to látky, které navodí bezprostřední změnu chování. Pro producenta jsou vesměs energeticky málo náročné, ale v odezvě na ně spotřebuje příjemce zprávy zpravidla mnohem víc energie. Příklad: volající neoplozená samička vylučuje ze své feromonové žlázy nanogramy či pikogramy voňavé látky a přiměje tím samečky, aby investovali do změny svého chování mnoho energie a přilétli i z velké vzdálenosti. Uvádí se, že samečci bekyně velkohlavé (*Lymantria dispar*) jsou schopni nalézt až 3,8 km vzdálenou samičku.

Mezníkem ve výzkumu byl r. 1959, kdy A. Butenandt se svými spolupracovníky uveřejnil identifikaci prvního hmyzího feromonu — bombykolu, sexuálního feromonu bource morušového (*Bombyx mori*).

Vlevo mšice skákalka vojtěšková (*Therioaphis maculata*), s jejíž kalamitou je spojena koncepce integrovaného boje se škůdci *The Integrated Control Concept* — podle dnešní terminologie IPM ♦ Vpravo volající samička martináče habrového (*Saturnia pavonia*). Zadeček samičky s vychlípenou feromonovou žlázou. O pokusech s martináčem habrovým psal již zakladatel hmyzí etologie J. H. Fabre na začátku 19. stol. Foto J. Křeček



Ohromná účinnost feromonů, zejména sexuálních feromonů motýlů, vybízí k jejich využití jako prostředků pro přímou kontrolu, tedy pro regulaci populační hustoty škůdců, a to dvojím způsobem: buď metodou zmatení samců (male confusion) či přerušáním páření (mating disruption). Malé množství syntetického feromonu vytvoří nad chráněným porostem (např. ovocným sadem) voňavý oblak, ve kterém samečkové nejsou schopni po čichu nalézt volající samičky a oplodnit je. Další metodou může být vychytání a hubení samců (attract and kill, male annihilation).

Pro uplatnění těchto metod jsou vhodné porosty na značných rozlohách, kde je menší riziko migrace oplozených samiček z okolí. Velké jednotně obhospodařované

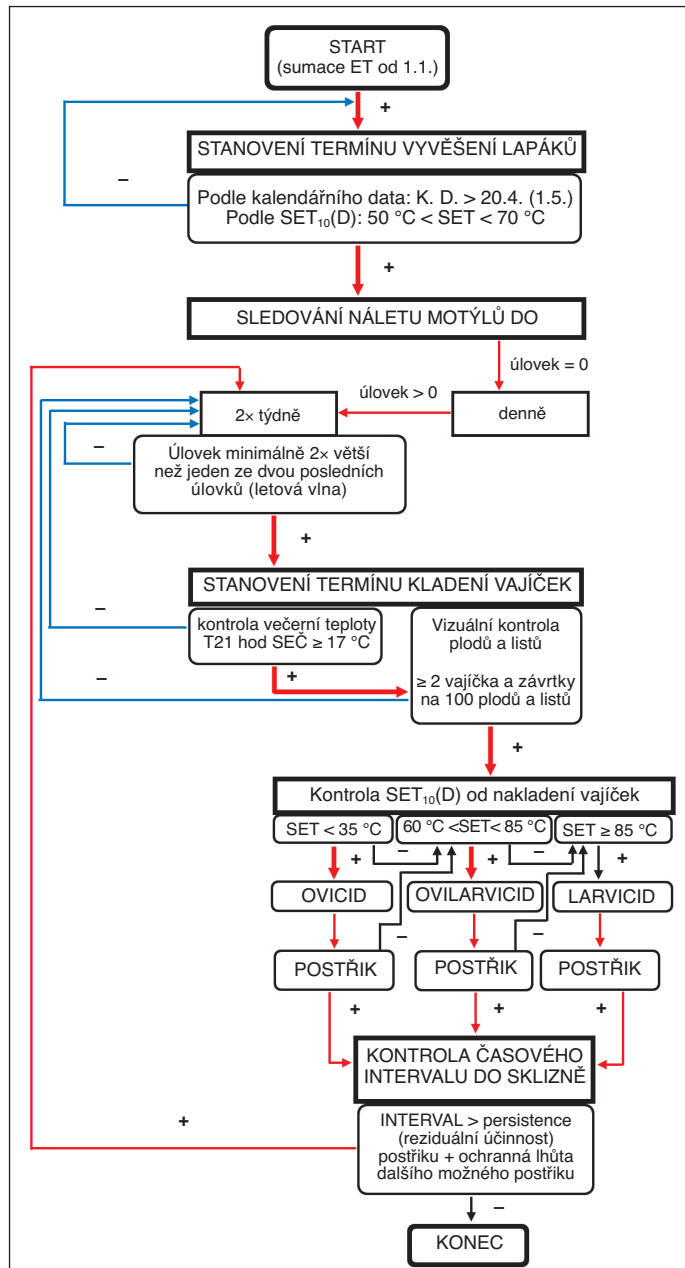
*Příklad schematického blokdigramu usměrněné ochrany. Diagram monitorovacího systému obaleče jablečného (*Cydia pomonella*). Sledují se úlovky samců do feromonových lapáků, načítá se suma efektivních teplot a sledují se teploty v 21 hod. SEČ, kontroluje se kladení vajíček a závrtky larev. Podle těchto ukazatelů se rozhoduje o ošetření. Převzato a upraveno z časopisu Agro, kde jsou uvedeny podrobnosti (I. Hrdý, O. Pulnar, Agro 1999, 4: 10–18)*

plochy jsou také organizačně snáze zvládnutelné a z komerčního hlediska zajímavé pro firmy zabývající se výrobou feromonů. Chemické atraktanty (sexuální feromony, jimiž samičky lákají na dálku samečky) se rovněž používají k nalákání hmyzu na určité plochy, kde se zasahuje insekticidy nebo se kombinuje feromon s insekticidem. Vedle toho je nejrůznovější technologií kombinace feromonu s patogenem, např. s viry. V ČR proběhly první pokusy, jak nahradit drahou plošnou aplikaci virového preparátu metodou kontaminace samců obaleče jablečného (*Cydia pomonella*) preparátem viru granulózy (viz Živa 2001, 4: 148–150) ve feromonových pastech.

Úsilí vložené do výzkumu feromonů lze dobře dokumentovat na amerických projektech o bekyni velkohlavé, shrnutých v monografii *The gypsy moth, Research Toward Integrated Pest Management* (vydavatelé C. C. Doane a M. L. McManus 1981). Bekyně velkohlavá je spolu se zavíječem kukuřičným (*Ostrinia nubilalis*) tím nejvýznamnějším hospodářským škůdcem, kterým starý kontinent počastoval nový svět, podobně jako Amerika postráčila Evropu mandelinkou bramborovou. Snahy o získání účinného atraktantu be-

kyňe velkohlavé trvaly léta a pokračovaly v etapách: nejprve byl ohlášen feromon gyptol (1954), poté gyplure (1960) až byl konečně objeven dobře účinný disparture (1970). Pro izolaci a identifikaci disparturu byl použit extrakt ze 78 000 neoplozených samiček bekyně nasbíraných ve Španělsku. Posléze byl nalezen daleko účinnější atraktant bekyně velkohlavé — opticky aktivní (+)-enantiomer disparturu (7R, 8S)-cis-7,8-epoxy-2-methyl-oktadekan. Mezi feromony motýlů je to látka výjimečná svou strukturou a také svou stálostí. Ten, kdo pracoval s disparturem, načichne a na

*Zkouška pojezdného zařízení na aplikaci feromonu technologií dutých vláken. Přístroj pojezděděl porostem, na rostliny se nanášel lep a poté se na polepené rostliny vyfukovaly plastové jehličky s feromonem. Z prehistorie pokusů s feromony pro dezorientaci samců: pokusy s měrou *Spodoptera frugiperda* v porostu kukuřice, Gainesville, Florida, červenec 1976, vpravo nahoře*
*♦ Dole porost kukuřice poškozený žírem uvedené měry *S. frugiperda*, Gainesville, Florida, červenec 1976. Rozsáhlé lány kukuřice (a stejně tak bavlny) jsou vhodné pro zkoušky feromonů jako prostředků přímého boje se škůdci a tedy zajímavé pro výrobce feromonů*





Vlevo nahoře lapák Stuttgart. Tyto lapáky jsme si vyráběli sami — dva upravené polystyrenové kořenáče byly po dně natřeny lepem a spojeny závlačkami. Používali jsme americký lep Bird Tanglefoot a později slovenský chemflor. Feromonový odparník byl připíchnut k zátce zasunuté do lapáku ♦ Vlevo dole tři typy feromonových lapáků pro odchyt brouků, např. nosatců — květopasů (*Anthonomus*). Nosatec *Anthonomus grandis* je jedním z nejvýznamnějších škůdců bavlny. Snímek je z laboratoře M. Blightové, Rothamsted Experimental Station, září 1987

Nahoře Biolatrap — kartonový lapák s vyměnitelnou lepovou vložkou. Jeden z nejuhodnějších typů lapáků pro řadu druhů obalečů, zavíječů a klíněnek. Snadno se obsluhuje a vydrží jednu sezónu. Kartonové lapáky se poté spálí a tím se vyloučí záměna lapáků a odparníků. Plastové lapáky sice vydrží, ale poničené zbytky plastů v přírodě nezdobí a navíc mohou být zdrojem chyb. Voňavá látka se nasaje do plastu a pokud nepoužijeme stejný feromonový odparník, může lákat jiný druh hmyzu ♦ Stríškový či křídlový lapák Wing Trap americké firmy Zoecon. Jeden z nejběžnějších typů lapáků, který je vhodný pro řadu druhů obalečů, zavíječů i můr, dole

Lampionový lapák kanadské firmy Great Lakes IPM pro odchyt bekyně velkohlavé (*Lymantria dispar*), nahoře ♦ Dole lepem opatřené dno stríškového lapáku s úlovkem, uprostřed červený feromonový odparník. Snímky I. Hrdého, pokud není uvedeno jinak

dlouhou dobu se stane živou návnadou pro samečky bekyní. Ti přiletují z velké dálky a postiženého neúnavně obtěžují svou přízní.

I když nechci podcenit vyhlídky využití feromonů pro přímou kontrolu (ve smyslu hubení) škůdců, v našich podmínkách považují feromony především za nástroj pro zviditelnění výskytu škůdce a pro usměrnění ochrany, tedy jako nástroj pro signalizaci výskytu škůdců, pro mapování, sledování populační dynamiky a pro konstrukci modelů ochrany.

V ČR se feromony začaly používat ruku v ruce s uplatňováním IPM, tedy současně se zdůrazňováním ekologických ohledů v boji se škůdci. Nebo naopak? Principy IPM se u nás dařilo aplikovat nejdříve v sadech a ve vinnicích především díky monitorování škůdců pomocí feromonů. V sadech se poprvé objevily v r. 1973 vedle komerčních i amatérsky zhotovené lapáky Stuttgart, opatřené feromonovými odparníky s kotlemonem. V lese se v té době používaly vedle lepových desek i stríškové pasti (wing traps) s feromonem disparlurem, tehdy ještě racemickým (tj. směs optických izomerů) a tedy méně účinným.

S využitím feromonů pro monitorování škůdců je však spojeno několik technologických problémů. Záleží nejen na složení a čistotě přesně definovaného chemického atraktantu, ale také na jeho formulaci v odparníku, který má zajistit rovnoměrné uvolňování účinné látky. Význam má též tvar a konstrukce lapáku, způsob zachycení přilákaného hmyzu např. lepem nebo insekticidem apod.

Integrovaná ochrana rostlin (IPM)

Boj se škůdci, IPM a další termíny — co znamenají a jak s nimi nakládat? Problémy s nadměrným používáním insekticidů a s rezistencí škůdců k těmto látkám přivedly ekologicky uvažující entomology k návrhu koncepce integrovaného boje se škůdci. I když se zprávy na toto téma objevovaly již dříve, velmi zřetelné principy strategie integrovaného boje formulovali V. M. Stern, R. F. Smith, R. van den Bosch a K. S. Hagen v r. 1959, a to v souvislosti s rozsáhlou kalamitou mšice skákalky vojtěškové (*Tberioaphis maculata*, viz obr.), která postihla rozsáhlé oblasti pěstování vojtěšky v Kalifornii. Integrovaný boj definovali jako kombinaci biologických a chemických metod tak, aby se co nejméně narušila biologická regulace (tedy působení predátorů a parazitoidů na populaci škůdce). Osou koncepcí je manipulace populační hustoty škůdce, nikoli jeho vyhlazení (eradikace). Označení „škůdce“ se chápe jako pomocný termín pro druh, který se za určitých okolností a při vysoké populační hustotě stává škodlivým. Při nižší populační hustotě je tentýž druh funkčním článkem ekosystému. Důležitým ukazatelem je ekonomické hledisko.

Integrovaný boj se škůdci, integrovaná ochrana rostlin a IPM jsou synonyma pro jednotící ekologickou koncepci, kterou Organizace OSN pro výživu a zemědělství (FAO) prosazuje jako svou hlavní doktrínu v ochraně rostlin s touto definicí: Integrovaný boj je systém regulace škůdců, který bere v úvahu dané prostředí a populační

dynamiku škodlivého druhu a v co nejučinnější kombinaci používá všechny vhodné techniky a metody, jimiž udržuje populace škůdců pod hladinou škodlivosti. Důležité pojmy definovali již „otcové zakladatelé“: Hladina škodlivosti je nejnižší populační hustota škůdce, při níž vzniká ekonomicky významné poškození, což znamená, že objem škody opravňuje k provedení určitého zásahu. Součástí rozhodování o zásahu proti škůdci je tedy úvaha, zda se zásah vyplatí vyšší či lepší sklizní. To byl rozhodující krok od necílené preventivní „kalendářní“ ochrany (postřík insekticidem v určité části roku podle fáze vývoje hospodářské plodiny a počasí) k usměrněné ochraně a k IPM. Neplatí tedy „proti obaleči jablečného stríškej insekticidem v první polovině května“, ale platí „říd se tím, co uvidíš ve svých feromonových lapácích a odhadem předpokládané škody“. Údaj na připojeném grafu (viz obr.) o vizuální kontrole plodů a listů je směrodatný pro odhad škody: více než 2 % jablek nemá být červivých, tedy zásah se ordinuje, pokud nalezneme dva a více vajíček či závrtek larev. Termín zásahu se určí podle průběhu úlovků do feromonových lapáků s ohledem na sumu efektivních teplot (viz zmiňovaný článek v Agro) v kombinaci s údaji o aktuálních večerních teplotách. Podrobně o obaleči jablečném a škůdcích jabloňových sadů pojednám v jednom z dalších dílů seriálu. Podobné systémy usměrněné ochrany s využitím feromonových lapáků lze navrhnout i pro další škůdce.

Rozmýšlel jsem se opakovat, co už bylo o IPM napsáno jinde. Nicméně zhroutil jsem se při zjištění, jak u nás zůstává princip IPM nepochopen, ať již v diskuzi o transgenních plodinách nebo když jsem vyslechl prohlášení: splnili jsme výzkumný úkol, integrovaná ochrana xxx byla vyřešena. Připomínám, že IPM je dynamický, otevřený systém, je to strategie, která přijímá a osvojuje si všechny vhodné prostředky a metody.