# Slunéčko východní (*Harmonia axyridis*) – pomocník v biologické ochraně nebo ohrožení biodiverzity?

Certifikovaná metodika pro praxi

Oldřich Nedvěd
Přírodovědecká fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích
a
Entomologický ústav Biologického centra Akademie věd České republiky

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

České Budějovice 2014

Publikace vznikla jako výsledek projektu QH82047 nazvaného „Slunéčko východní (*Harmonia axyridis*) – pomocník v biologickém boji nebo ohrožení biodiverzity?“ a financovaného Národní agenturou pro zemědělský výzkum při Ministerstvu zemědělství České republiky.

Druhé, doplněné vydání. Verze 2.1. z 19.ledna 2015, náklad 400 výtisků.
První vydání bylo publikováno on-line na adrese
http://zoo.prf.jcu.cz/index.php/stahovani/category/5-miscellaneous.html?download=150%3Ainvazni-sluneko-vychodni-harmonia-axyridis
a od 6. 10. 2013 do 29. 9. 2014 byl soubor stažen 603krát.
Verze 2.0. byla vytištěna v nákladu 50 kusů tiskárnou Tisk Pětka s.r.o.

Osvědčení o uznání uplatněné certifikované metodiky vydal Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský pod číslem 094019/2014 v Brně 3. prosince 2014

Oponenti

doc. RNDr. Alois Honěk, CSc.
Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i., Praha

Ing. Mgr. Miloslava Navrátilová, Ph.D.
Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

© Oldřich Nedvěd
© foto Oldřich Nedvěd, Radek Bílý
ISBN 978-80-7394-490-2

# Obsah

I. Cíl metodiky ..... 5
II. Vlastní popis metodiky ..... 5
1 Charakteristika slunéčka východního ..... 5
1.1 Původ ..... 5
1.2 Introdukce pro biologickou ochranu ..... 6
1.3 Invaze ..... 6
1.3.1 Šíření slunéčka východního v České republice ..... 6
1.3.2 Šíření slunéčka východního ve východní Evropě ..... 7
1.4 Zbarvení ..... 8
1.4.1 Dědičnost zbarvení ..... 9
1.4.2 Termální melanismus ..... 13
1.5 Obrana ..... 17
1.6 Abiotické faktory ..... 18
1.6.1 Teplota ..... 18
1.6.2 Vlhkost ..... 19
2 Určení slunéčka východního ..... 20
2.1 Určování larev ..... 20
2.2 Určování kukel ..... 21
2.3 Určování dospělců ..... 22
3 Užitečnost slunéčka východního ..... 23
3.1 Potlačení škůdců ..... 23
3.1.1 Potlačení škůdců v sadech ..... 23
3.1.2 Potlačení škůdců ve sklenících ..... 25
3.1.3 Potlačení škůdců v polních a zahradních kulturách ..... 26
3.1.4 Potlačení škůdců v lesních porostech ..... 26
3.1.5 Potlačení škůdců na okrasných rostlinách ..... 27
3.2 Farmaceutické využití ..... 28
3.2.1 Harmonin jako antibiotikum ..... 28
3.2.2 Antimikrobiální peptidy ..... 28
4 Škodlivost slunéčka východního ..... 29
4.1 Konzumace sladkých plodů ..... 29
4.1.1 Napadení vinné révy ..... 29
4.1.2 Ovlivnění chuti vína ..... 29
4.1.3 Ochrana vinné révy ..... 30
4.2 Slunéčko v domácnostech ..... 32
4.2.1 Načasování podzimní migrace ..... 33
4.2.2 Alergické reakce ..... 33
4.3 Ovlivnění druhové rozmanitosti ..... 34
4.3.1 Konkurence ..... 34
4.3.2 Vnitrocechové kořistnictví ..... 35
4.3.3 Mizení původních druhů ..... 35

4.3.4 Hodnocení ohrožení původních druhů ..... 37
5 Sběr a chov slunéčka východního ..... 38
5.1 Sběr ..... 38
5.1.1 Sběr ve vegetační sezóně ..... 38
5.1.2 Sběr při migraci ..... 38
5.1.3 Podíl jednotlivých barevných forem ..... 39
5.1.4 Sběr na zimovištích ..... 40
5.1.5 Lapače ..... 40
5.1.6 Uchovávání slunéček ..... 41
5.2 Chov slunéček ..... 41
5.2.1 Nádoby ..... 41
5.2.2 Vývojová stádia ..... 42
5.2.3 Potrava ..... 44
5.2.4 Chov mšic ..... 45
6 Regulace slunéčka východního ..... 47
6.1 Pasti ..... 47
6.1.1 Lepové pásy ..... 48
6.1.2 Štěrbinový lapač nalétávajícího hmyzu ..... 48
6.2 Insekticidy ..... 49
6.3 Repelenty ..... 51
6.4 Návnady ..... 51
6.5 Přirození nepřátelé ..... 52
6.5.1 Mikroorganismy ..... 53
6.5.2 Hlístice ..... 53
6.5.3 Parazitoidi a parazité ..... 54
7 Seznam literatury ..... 57
III. Srovnání novosti postupů ..... 56
IV. Popis uplatnění certifikované metodiky ..... 56
V. Ekonomické aspekty ..... 56

## I. Cíl metodiky

Cílem metodiky je shrnout vlastní a z literatury získané poznatky o biologii a ekologii nového invazního druhu, slunéčka východního, vysvětlit způsoby jeho rozpoznání, popsat různé již realizované a potenciální aspekty užitečnosti a škodlivosti tohoto druhu v zemědělství, lékařství a každodenním životě, podat návod na jeho sběr, chov a uchovávání, popsat a doporučit způsoby jeho regulace.

## II. Vlastní popis metodiky

# 1 Charakteristika slunéčka východního

Slunéčko východní (*Harmonia axyridis* (Pallas, 1773)) (Coleoptera: Coccinellidae) je dravý brouk pocházející z východní Asie. Bylo záměrně vysazováno na několika kontinentech včetně Evropy. Zatímco se osvědčilo v biologické ochraně rostlin proti hmyzím škůdcům, jeho rychlé šíření a populační exploze z něj zároveň udělaly obtížný hmyz, neboť zimuje v domácnostech, vypouští páchnoucí obranné látky, barví zařízení bytu obrannou tekutinou, občas kouše lidi a okusuje ovoce a hrozny. Kromě toho jeho žravost vede k potlačování neškodných či užitečných původních druhů hmyzu včetně sluněček.

## *1.1 Původ*

Původní areál rozšíření slunéčka východního je mírné až subtropické pásmo východní Asie, to znamená Japonsko, Čína, Korea, Dálný východ Ruska, Mongolsko, jižní Sibiř až po východní Kazachstán[1]. Geneticky jde o dvě dosti odlišné geografické populace, kdy v západní části areálu převládají melanické formy bez kýlu na krovkách, ve východníčásti forma *succinea* a u všech forem jedinci s kýlem na zádi krovek. Na východ USA byly zřejmě dovezeny populace z obou klastrů, které po zkřížení vytvořily invazní populaci.[2] Přesná místa původu introdukovaných populací nebyla dohledána.

Podle klimatických podmínek v celém původním areálu byl spočítán model možného rozšíření tohoto invazního druhu po světě.[3] Později byl model upřesněn podle skutečných klimatických limitů Evropské invazní populace.[4] Biologické vlastnosti původních populací ve východní Asii ukazují na hojný, populačně stabilní druh s hustotně závislou regulací skrze kanibalismus.

Heterogenní prostředí napomáhá koexistenci slunéčka východního s jinými druhy.[5]

## 1.2 Introdukce pro biologickou ochranu

První populace slunéčka východního pro biologickou ochranu rostlin byla vypuštěna v USA v roce 1916.[6] Dalších alespoň 14 introdukcí následovalo.[7] Slunéčka se držela míst vypuštění. Teprve v roce 1988 se v Louisianě zformovala „divoká" populace[8] a začala se šířit po USA. V Evropě bylo slunéčko východní vysazeno již v roce 1964 na Ukrajině, v roce 1968 v Bělorusku, ve Francii v roce 1982, v Portugalsku v roce 1984, v Řecku v roce 1994, ve Španělsku v roce 1995, ve Švýcarsku a Holandsku v roce 1996, v Belgii a v Německu v roce 1997, v Itálii v 90. letech a v Dánsku začátkem 21. století. Žádná z těchto četných introdukcí nevedla k trvalému uchycení populace. Až teprve pozdější introdukce v Nizozemí a v Belgii po zkřížení s invazní populací náhodně zavlečenou ze Severní Ameriky dala počátek celoevropské invazi. V České republice bylo slunéčko východní vysazeno v roce 2003 na severozápadě do chmelnic bez trvalého uchycení populace.[9]

## 1.3 Invaze

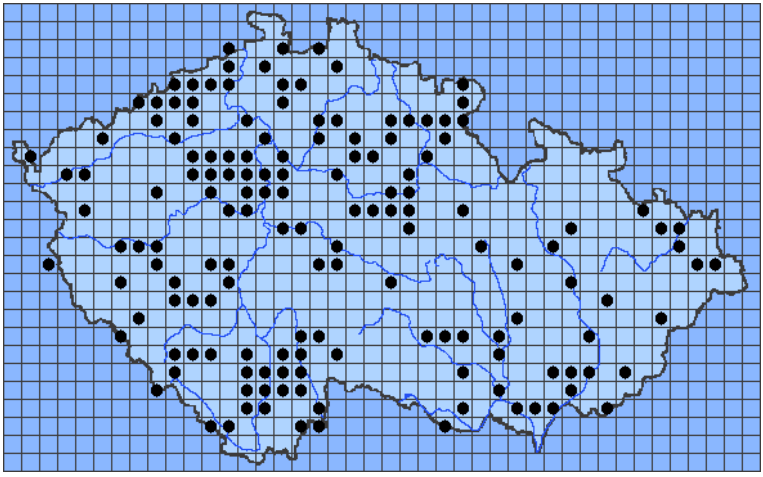
Ačkoli po desetiletích a po mnoha úspěšných pokusech s vysazením slunéčka východního jak v Severní Americe, tak v Evropě nedocházelo k jeho samovolnému šíření a přemnožení, nakonec se z něj stalo nejsilněji invazivní slunéčko na světě. Genetické analýzy ukazují, že k vývoji invaznosti přispěla genetická mutace v populaci introdukované do Severní Ameriky.[10] Proto je důležité porovnávat biologické vlastnosti zjištěné u populací z původního a z invazního areálu.[11] Evropská invazní populace má oproti laboratorním kmenům prodávaným v Evropě jen o málo vyšší genetickou diverzitu, ale o hodně vyšší přežívání v klidovém stavu, má vyšší odolnost vůči patogenům jako je entomopatogenní houba *Beauveria bassiana*, ale také nižší průměrnou plodnost.[12] Kromě mutace se na mimořádných vlastnostech evropské invazní populace podílelo také zkřížení dvou vzdálených populací.[13],[14]

### 1.3.1 Šíření slunéčka východního v České republice

První nález slunéčka východního v České republice náš výzkumný tým učinil na jaře roku 2007 ve starém třešňovém sadu na úpatí vrchu Oblík v Českém středohoří. Dodatečně bylo vystopováno několik nálezů z roku 2006 v Praze,

Lánech a Kamenici ve středních Čechách a v Brně. Od roku 2007 probíhalo šíření v České republice jednak jako plošná vlna od severozápadu, jednak kruhově z velkých měst do okolí (Obrázek 1).[15],[16] Genetická analýza ukázala, že invazní populace do ČR přišla z centra šíření v Belgii a Nizozemí přes Německo.

V letech 2008–2009 jsme ještě v mnoha faunistických čtvercích „za frontou“ šíření slunéčko východní nenalezli přes velké úsilí, od roku 2010 jsme jej nalezli prakticky v každém navštíveném faunistickém čtverci, s výjimkou vysokých hor (např. Praděd) a odlehlých, člověkem málo využívaných míst, jako je vojenský újezd Hradiště v Doupovských horách (viz Obrázek 2). Vyšší početnost je stále ve větších městech, nejmasovější podzimní migrace jsou opakovaně hlášeny z Ostravy. Z průběhu šíření vyplývá podíl dopravy na šíření slunéčka a jeho vazba na člověkem pozměněná stanoviště.

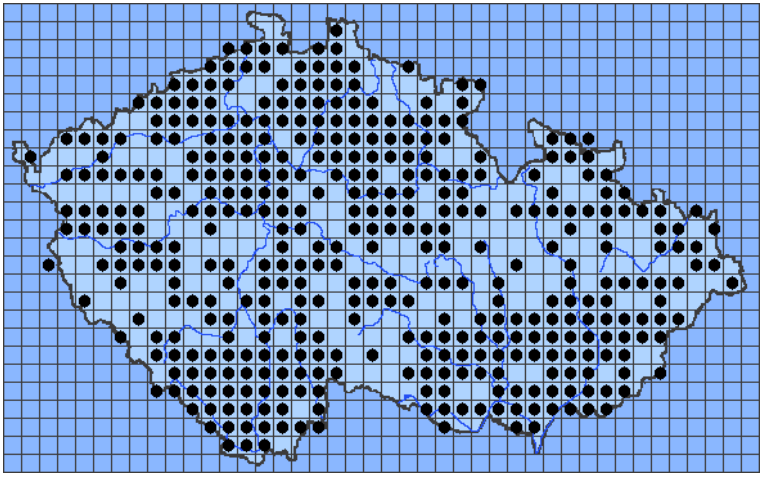


**Obrázek 1: Průběh síťového mapování rozšíření slunéčka v České republice implementovaného v rámci projektu Biolib.cz ve spolupráci s Ondřejem Zichou. Stav poznání v říjnu 2008.[17]**

### 1.3.2 Šíření slunéčka východního ve východní Evropě

Protože invaze slunéčka východního v Evropě postupuje z centra v Beneluxu na východ rychlostí asi 200 km za rok, s přeskoky do velkých měst, bylo v roce 2011 evidováno 26 evropských zemí s nálezem slunéčka východního, [18] nepočítaje v to náš nález v San Marinu. Ještě v témže roce jsme zjistili, že slunéčko východní je běžně přítomno na většině území Moldavska, ačkoli

nikde nepřevládalo nad původními druhy. Na druhé straně jsme sluněčko východní do podzimu 2012 nenalezli ani v Litvě, ani v Estonsku, ačkoli mezi těmito zeměmi, v Lotyšsku, již bylo pozorováno v roce 2009.[19] Na jeho slabém šíření na sever bude mít zřejmě vliv i chladnější klima i zachovalejší ráz přírody v těchto zemích. Ve středomoří limituje přežívání sluněčka východního vysoká teplota v letních měsících.[20] Potvrdilo se námi předpokládané další šíření sluněčka východního přes Ukrajinu do jižního Ruska.[21]



**Obrázek 2: Výsledek síťového mapování rozšíření sluněčka v České republice implementovaného v rámci projektu Biolib.cz ve spolupráci s Ondřejem Zichou. Stav poznání v prosinci 2012.[22]**

## *1.4 Zbarvení*

Sluněčko východní je vysoce mnohotvárná (polymorfní) ve zbarvení krovek, mírně proměnlivá ve zbarvení štítu (předohrudi). Barevná forma *axyridis* (Obrázek 3) tvoří až 90 % jedinců populací v západní části původního areálu, např. kolem jezera Bajkal. V této oblasti většina jedinců (95 %) také nemá na zadní části krovek příčnou lištu.[23] V invazních populacích v Severní Americe a v Evropě převládá stejně jako v Číně, odkud invazní populace pocházejí, světlá forma *succinea* (Obrázek 4) s různým rozsahem tečkování podle podmínek prostředí (viz níže: Termální melanismus). V České republice tvoří asi 88 % jedinců. Tmavá (melanická) forma *spectabilis* (Obrázek 5) včetně křížencú (heterozygotů) tvoří asi 9 % jedinců, nejtmavší forma *conspicua* (Obrázek 6) včetně křížencú asi 3 % jedinců. Za pět let sledování šíření invaze sluněčka

východního v České republice jsme zaznamenali 6 jedinců formy *axyridis* z asi 50 000 jedinců, u kterých máme určenou barevnou formu. Z celého toho velkého souboru pouze jediný samec patřil formě *equicolor* (Obrázek 7). Tato forma je vzácná v celém areálu druhu. Také v Severní Americe a v zemích Evropy, kde už je populace slunéčka stabilně přítomná, jsou jedinci posledních dvou jmenovaných forem velmi vzácní.

**Obrázek 3: Slunéčko východní (*Harmonia axyridis*), forma *axyridis*.**

### 1.4.1 Dědičnost zbarvení

Vysoký počet barevných forem slunéčka východního je řízen celou řadou forem (alel) jediného genu (lokusu). Mezi těmito alelami existuje vztah tzv. mozaikové dědičnosti [24], což znamená, že slunéčko je černě zbarvené (melanizovaná) ve všech místech (zejména na krovkách), kde jí to přikazuje alespoň jedna ze dvou přítomných alel, po jedné od každého rodiče. Díky tomu lze rozpoznat kříženec, určit otcovství jedinců ve snůšce po páření samičky s více samci, selektovat čisté (homozygotní) linie, případně vytvářet v přírodě vzácné barevné formy.

**Obrázek 4: Slunéčko východní (*Harmonia axyridis*), forma *succinea*.**

**Obrázek 5: Slunéčko východní (*Harmonia axyridis*), forma *spectabilis.***

**Obrázek 6: Sluněčko východní (*Harmonia axyridis*), forma *conspicua*.**

**Obrázek 7: Sluněčko východní (*Harmonia axyridis*), forma *equicolor*.**

**Obrázek 8: Sluněčko východní (*Harmonia axyridis*), přirozený kříženec forem *succinea* a *conspicua*.**

**Obrázek 9: Sluněčko východní (*Harmonia axyridis*), laboratorní kříženec forem *axyridis* a *conspicua*.**

Příkladem přirozeným je třeba kříženec forem *succinea* a *conspicua* (Obrázek 8), který nese černou tečku determinovanou alelou *succinea* v červeném okénku definovaném alelou *conspicua*. Při laboratorní selekci čisté linie *conspicua* se pak do další generace vybírají pouze jedinci s prázdným okénkem. Druhým příkladem je barevná forma uměle vytvořená zkřížením jedinců čistých linií *conspicua* a *axyridis* (Obrázek 9), která má pár drobných červených teček na každé černé krovce. V přírodě v ČR by bylo možno jednoho takového jedince najít asi mezi 300 000 jedinci.

Vyskytne-li se potřeba poznat vypouštěné jedince slunéčka východního mezi „přirozeně" se vyskytujícími (invazními) jedinci, například pro určení rychlosti a vzdálenosti disperze v zemědělských kulturách či v městském prostředí, nebo pro identifikaci, která slunéčka jsou ta „naše" při sporech se sousedy o šíření organismů, které mohou vykazovat negativní aktivitu, je vhodné vypouštět jedince dvou vzácných forem, *axyridis* a *equicolor*, a jejich křížence. Na Přírodovědecké fakultě Jihočeské univerzity jejich chovy stále udržujeme.

Stopovat pak lze nejenom přímo vypuštěné jedince, ale i jejich potomky. V případě křížení formy *equicolor* s divokými jedinci formy *succinea* jsou všichni jedinci první dceřiné generace rozpoznatelní podle černé zadní poloviny krovek, přičemž přední polovina krovek je v různé míře tečkovaná. Potomci těchto kříženců a divokých jedinců nejčastější formy *succinea* pak dávají polovinu potomstva s černou zadní polovinou krovek, což je stále dobře stopovatelný podíl. Podobně lze po několik generací, než dojde ke zředění, stopovat potomky formy *axyridis*.

### 1.4.2 Termální melanismus

Jedinci nesoucí alelu *succinea* vytvářejí velkou šíři různě zbarvených forem podle teploty prostředí v době vývoje dospělce v kukle.[25] Při teplotě vývoje okolo 30 °C a vyšší jsou krovky následně téměř čistě červenooranžové, bez teček (Obrázek 10), v teplotách mezi 25–30 °C vzniká na krovkách malý počet drobných černých teček, při 20–25 °C je na každé krovce vyvinuto deset černých teček (Obrázek 4), při teplotách nižších se tečky zvětšují, až splývají v černý vzor se zbytkovými červenými políčky (Obrázek 11).

Tohoto jevu tmavnutí podle teploty (termálního melanismu) lze využít pro odhad, v jaké teplotě se ten který jedinec vylíhl. Tak jsme zjistili, že populace naletující na podzim na zimoviště je směsí různě starých jedinců, kteří se líhli

**Obrázek 10: Slunéčko východní (*Harmonia axyridis*), forma *succinea*, jedinec se vyvíjel během stadia kukly ve vysoké teplotě.**

**Obrázek 11: Slunéčko východní (*Harmonia axyridis*), forma *succinea*, jedinec se vyvíjel během stadia kukly v nízké teplotě.**

od nejteplejšího léta do poloviny podzimu. Jevu lze také využít pro určení jedinců, kteří se vylíhli ve skleníku.

Termální melanismus se musí brát v potaz při šlechtění čisté linie barevné formy. Kříženci tmavých forem s formou *succinea* jsou v přírodě nejčastější, protože forma *succinea* sama je nejčastější. Také se téměř náhodně mísí s jinými formami. Kříženec poznáme podle černých teček na specifických místech, třeba v červeném okénku formy *conspicua* (Obrázek 8), ovšem jen tehdy, když se zbarvení mohlo projevit vývojem kukly v nižší teplotě. Při laboratorním šlechtění tedy chováme larvy při běžných teplotách (viz Chov sluněček), ale kukly dáváme líhnout do teplot pod 20 °C. Při šlechtění formy *axyridis* ani to nepomůže, protože ta má černé zbarvení téměř přesně na stejných místech jako forma *succinea* a tečky tedy nelze rozlišit.

Termální melanismus se projevuje také u kukel, kde má větší význam. Kukla se nemůže hnout z místa a musí být tedy správně připravená na podmínky prostředí, i když po dobu jen několika dnů. Pokud se poslední larvální instar vyvíjí v teplotách nad 30 °C, jsou kukly následně čistě oranžové, bez černých skvrn a tedy nejméně se zahřívající dopadajícím slunečním světlem. V teplotách od 30 do 20 °C postupně přibývají a zvětšují se černé skvrny na hřbetě a na bocích kukly. Při teplotách vývoje larev pod 20 °C má kukla více než polovinu plochy černou, přeměňující sluneční záření na tělesné teplo. Tuto pigmentaci můžeme pozorovat i na prázdné svlečce visící na vegetaci ještě měsíce poté, co se vylíhl dospělý brouk. Podle tmavosti odhadneme, za jakého počasí a případně v jaké roční době se slunéčko východní na dané rostlině vyvíjelo.

**Obrázek 12: Kukla slunéčka východního (*Harmonia axyridis*); jedinec se vyvíjel během pozdního stadia larvy v teplotě 33 °C.**

**Obrázek 13: Kukla slunéčka východního (*Harmonia axyridis*); jedinec se vyvíjel během pozdního stadia larvy v teplotě 20 °C.**

**Obrázek 14: Larva slunéčka východního (*Harmonia axyridis*) s kapkami obranné tekutiny prýštícími z otvorů v intersegmentální membráně na zadečku.**

## *1.5 Obrana*

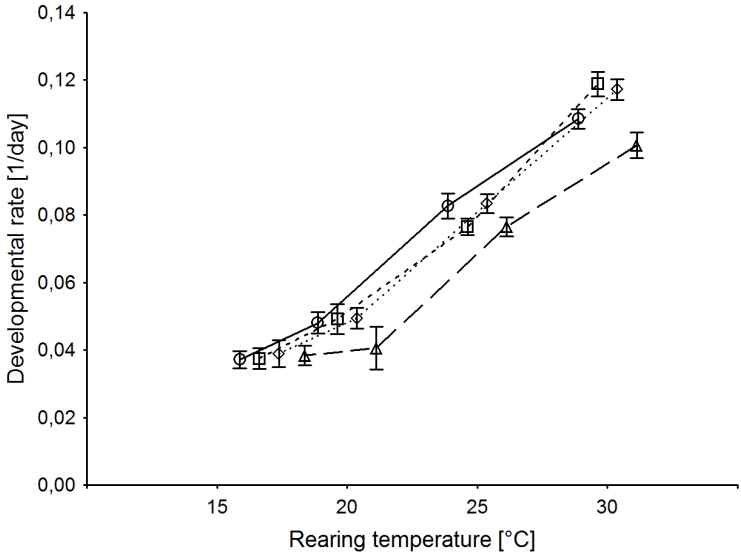
Slunéčka se brání proti predátorům chemicky, jednak jedovatým, na ochutnání hořkým alkaloidem, jednak páchnoucím metoxypyrazínem. Obě látky jsou obsažené v krvomíze (hemolymfě). Kapky hemolymfy jsou při napadení nebo vyrušení brouka vyloučeny u dospělců z kolenních kloubů, u larev z otvorů na hřbetní straně zadečkových článků (Obrázek 14). Této obraně se říká reflexní krvácení. Druhy alkaloidu se liší mezi jednotlivými rody slunéček, u slunéčka východního jde o harmonin. Ten je zároveň účinný proti mikroorganismům (viz Harmonin jako antibiotikum).

Barevné formy se liší v účinku hemolymfy proti bakterii *Escherichia coli*. Bezteční jedinci formy *succinea* měli nejnižší obsah 2-isopropyl-3-methoxypyrazínu. Jeho obsah byl také výrazně ovlivněn druhem potravy.[26]

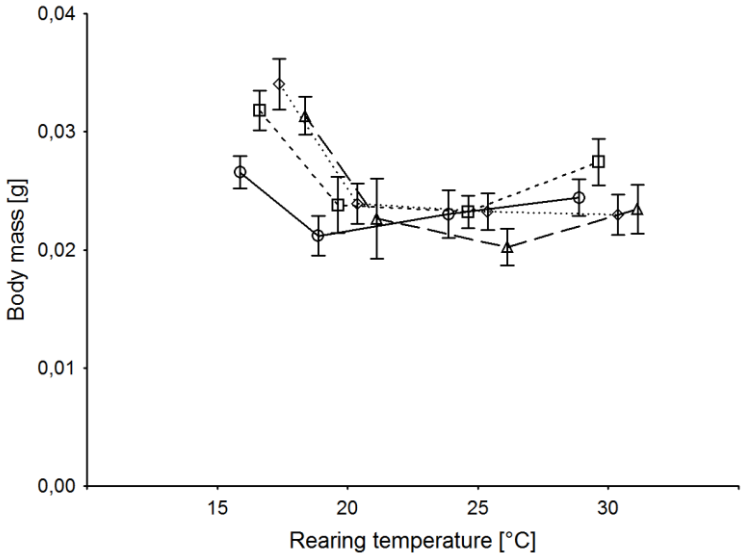
## *1.6 Abiotické faktory*

### 1.6.1 Teplota

Oproti nejběžnějšímu původnímu evropskému slunéčku sedmitečnému jsou teplotní optimum i limity pro vývoj a další životní projevy u slunéčka východního posunuty k nižším hodnotám. Pro vajíčka a kukly jsme zjistili horní práh vývoje 36 °C, zatímco slunéčko sedmitečné se při této teplotě ještě vyvíjí dobře. Posunutý je také barevný vzor kukel, který je závislý na teplotě prostředí v pozdním čtvrtém larválním instaru (viz Termální melanismus): srovnatelný rozsah černého vzoru se vytvoří u slunéčka východního při teplotě o 3 °C nižší než u slunéčka sedmitečného. Vliv dvou teplotních režimů lišících se o 3 °C na konzumaci kořisti a akumulaci zásob u mladých dospělých brouků byl sledován také u německých populací obou druhů: jedinci slunéčka sedmitečného dosáhli vyšší hmotnosti při vyšší teplotě, slunéčko východní při nižší teplotě.[27] V Řecku se slunéčko východní opakovaně vysazovalo do citrusových sadů, ale nikdy dlouho nepřežilo, pravděpodobně kvůli vysokým letním teplotám.[28]




**Obrázek 15: Rychlost celého preimaginálního vývoje stoupající s teplotou u čtyř rodin slunéčka východního. Převzato z Nedvěd et al., 2013.[29]**




**Obrázek 16: Hmotnost vylíhlých dopspělců závislá na teplotě u čtyř rodin sluněčka východního. Převzato z Nedvěd et al., 2013.[30]**

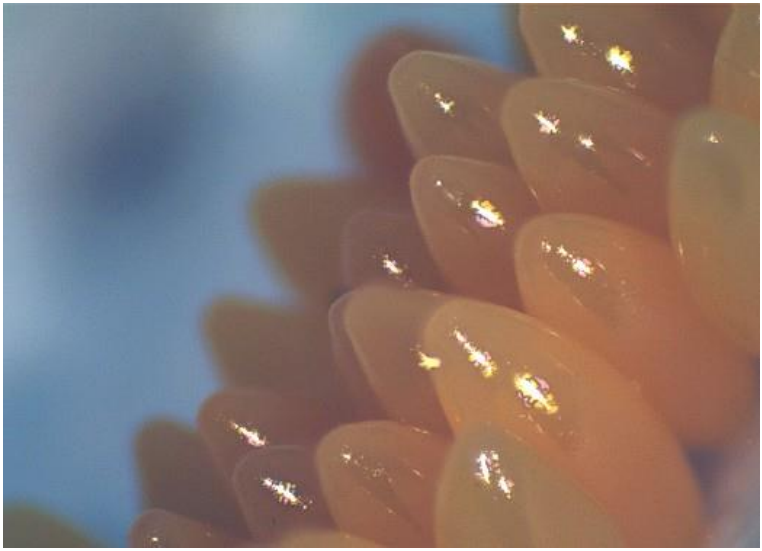
Spodní práh vývoje (LDT) pro vajíčka jsme naměřili 10,5 °C, suma efektivních teplot (SET) byla 39 stupňodnů (DD). Pro 1. až 3. larvální instar jsme naměřili hodnoty LDT=11,4 °C, SET=92 DD, pro čtvrtý instar LDT=10,1 °C, SET=81 DD, pro celé larvální stádium LDT=10,8 °C, SET=175 DD, pro kuklu LDT=10,6 °C, SET=65 DD. Pro celý vývoj je pak LDT=10,8 °C, SET=286 DD (Obrázek 15). Hmotnost vylíhlých dospělců je vysoká při 17 a 30 °C (Obrázek 16). Potomstvo jednotlivých rodin se vyvíjelo poněkud rozdílně.[31]

### 1.6.2 Vlhkost

Nízká vzdušná vlhkost (30 % RH) během larválního vývoje zvyšovala podíl samců (62–71 %) oproti střední vlhkosti (60 % RH; 48–52 % samců), ve vysoké vlhkosti (90 % RH) zase převažovaly samice (61–82 %). Procento přežívání larev do dospělce bylo vyšší ve vyšší vlhkosti při krmení mšicemi (neboť ty v nízké vlhkosti rychle hynuly) a v nižší vlhkosti při krmení mraženými vajíčky zavíječe moučného (ta ve vysoké vlhkosti rychle zplesniví).[32]

# 2 Určení slunéčka východního

Vajíčka jsou žlutooranžová, eliptická, kladená v těsných snůškách po 20–70, přilepená vzpřímeně jedním koncem k podkladu (Obrázek 17). Spolehlivé určení vajíček slunéček do druhu podle morfologických znaků není možné. Podle velikosti vajíček pouze rozpoznáme, zda jde o snůšku podobně velkého druhu.



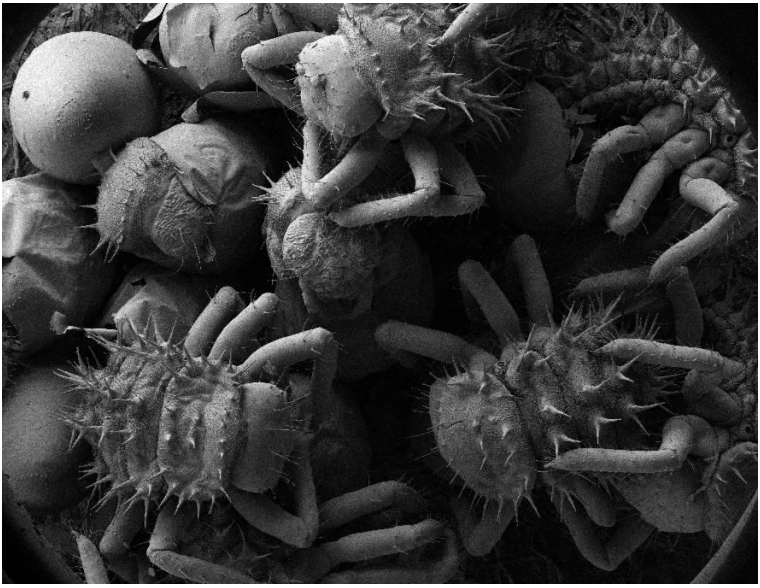
**Obrázek 17: Vajíčka slunéčka východního, pohled na snůšku z boku.**

## *2.1 Určování larev*

Larvy prvního a druhého instaru slunéčka východního jsou šedočerné, bez barevné kresby, podobně jako u mnoha dalších druhů slunéček. Dobrým poznávacím znakem už v této fázi vývoje jsou dvou- až tříhroté trnovité výběžky na hrudi a zadečku (Obrázek 14, 15). Jde o výběžky zvané scoli, jednotlivé hroty se jmenují chalazy a ty nesou na konci krátkou sétu.

Larvy druhého instaru mají pár žlutavých teček na prvním zadečkovém článku. Larvy třetího instaru mají oranžově zbarvené řady výběžků na 1.–5. zadečkovém článku. Larvy čtvrtého, posledního, instaru mají oranžově zbarvenou i kutikulu v okolí těchto výběžků a také žlutooranžové prostřední výběžky na 1., 4. a 5. článku. Podobné výběžky má pouze larva slunéčka čtyřtečného (*Harmonia quadripunctata*). Ta má oranžové postranní výběžky

pouze na 1.–4. článku a žlutý prostřední na 4. článku zadečku. Oranžové výběžky jsou tříhroté, u slunéčka východního dvouhroté.



**Obrázek 18: Líhnoucí se larvy slunéčka východního. Obraz ze skenovacího elektronového mikroskopu. Patrné jsou typické vidlicovité výběžky na hřbetě.**

## 2.2 Určování kukel

Kukla všech slunéček je typu mumiová kukla (pupa obtecta), tj. s částečně k tělu přitmelenými končetinami a křídelními pochvami. Koncem zadečku je přitmelená k podkladu. U druhů podčeledi Coccinellinae je volná, se zbytky svlečené larvální kutikuly u konce zadečku (Obrázek 12). Je pohyblivá mezi několika zadečkovými články, při ohrožení se prudce vztyčuje a pokládá.

Kuklu slunéčka východního poznáme od jiných druhů nejlépe podle výrůstků na zbytcích larvální svlečky. Jedná se o senti s vysokou bází a se dvěma nebo třemi vysokými chalazami s krátkou sétou na vrcholu (viz Určování larev). Velikostí i zbarvením je podobná kukle slunéčka sedmitečného: je 5–7 mm dlouhá, základní zbarvení jasně oranžové, s černými skvrnami proměnlivého rozsahu podle teploty před zakuklením (viz Termální melanismus). Ostatní velké druhy slunéček mají kuklu jinak zbarvenou, včetně

slunéčka čtyřtečného (*Harmonia quadripunctata*), které se slunéčkem východním sdílí tříhroté výběžky na kukelní svlečce. Slunéčko čtyřtečné má kuklu světle šedou, s mnoha drobnými černými skvrnami.

**Obrázek 19: Larvy čtvrtého instaru slunéčka východního.**

Kukla slunéčka sedmitečného má při středně silné melanizaci černé tečky podobné velikosti na hrudi, křídelních pochvách a na 2. až 6. zadečkovém článku. Kukla slunéčka východního má výrazně větší slévající se skvrny na středo- a zadohrudi a na 2. až 3. zadečkovém článku než na ostatních částech těla (Obrázek 13).

## 2.3 Určování dospělců

Jedinci invazní populace sdílejí s východoasijskými jedinci důležitý rozpoznávací znak – příčnou lištu na zadní části krovek (Obrázek 3, 4, 6). Podobnou lištu mají další dva druhy slunéček vyskytujících se v České republice: hojné slunéčko desetitečné (*Adalia decempunctata*) a vzácné slunéčko *Vibidia duodecimguttata*. Oba tyto druhy jsou daleko menší, do 4,5 mm, zatímco slunéčko východní je nejméně 5 mm velké. Štítek u slunéčka východního je 12–15x užší než tělo, u slunéčka desetitečného 15–18x. Výběžek

předoprsí u slunéčka východního je se dvěma žebírky rozbíhajícími se vpředu, u slunéčka desetitečného bez žebírek.

Ačkoli barevně je slunéčko východní nesmírně proměnlivé (Obrázek 3–11), žádná jeho barevná forma není úplně shodná s jiným u nás žijícím druhem. Při hlášeních dobrovolných pozorovatelů o výskytu slunéček docházelo občas k záměně čtyřskvrnné formy spectabilis se čtyřskvrnnou formou slunéčka dvoutečného (*Adalia bipunctata*) nebo se slunéčkem čtyřskvrnným (*Exochomus quadripustulatus*). U slunéčka dvoutečného zasahují přední červené skvrny až na kraj krovek, nohy a spodní strana těla jsou černé. U slunéčka čtyřskvrnného je přední červená skvrna vždy výrazně ve tvaru písmene L, nohy a celý štít jsou černé.

Pohlaví slunéček lze stanovit podle tvaru posledního viditelného břišního článku (sternitu) nebo podle zbarvení na hlavě a hrudi. Samičky slunéčka východního mají poslední sternit trojúhelníkovitý, s předním okrajem rovným, s povrchem lehce vyklenutým. Samečkové mají poslední sternit s předním okrajem obloukovitým, s povrchem lehce vydutým. Horní pysk a přední okraj hlavy (klypeus) je u samečků bílý, u samiček s různě velkou černou skvrnou, podle celkové pigmentace těla. Spodní část prvního hrudního článku před a mezi kyčlemi předních nohou je u samiček černá, u samečků bílá.

# 3 Užitečnost slunéčka východního

## *3.1 Potlačení škůdců*

Zejména v Severní Americe bylo slunéčko vysazováno do polních kultur proti drobným hmyzím škůdcům, zejména mšicím, a prokázalo jejich efektivní potlačení. Přirozenější prostředí pro slunéčko východní jsou ale dřeviny.

### 3.1.1 Potlačení škůdců v sadech

Od začátku šíření je slunéčko východní nalézáno v ovocných sadech. První nález, který zaznamenal náš výzkumný tým, byl v třešňovém sadu, kde koncem dubna likviduje mšici třešňovou (*Myzus cerasi*). Protože třešeň reaguje na sání kolonií mšic zkroucením listů, je napadení mšicí nápadné, ale přítomnost predátorů skrytá, takže by se mohl neopodstatněně zvolit chemický zásah (ačkoli proti mšici třešňové to většinou není nutné). Se znalostí všech vývojových stadií slunéček je třeba prohlížet zkroucené listy.

**Obrázek 20: Larva slunéčka východního žeroucí mšice třešňové na rubu listu.**

Velmi brzo byla slunéčka východní nacházena v hrušňových sadech, kde likviduje meru hrušňovou (*Cacopsylla pyri*). Zde se nejvíce projevila odlišná aktivita během roku (fenologie) a počet generací (voltinismus) slunéčka východního oproti většině původních druhů slunéček. Mera se narozdíl od většiny mšic žijících na dřevinách, které se tam množí na jaře a přes léto migrují na druhou hostitelskou rostlinu, množí na hrušni kontinuálně od časného jara do pozdního podzimu. Totéž dělá slunéčko východní. Jeho přítomnost v hrušňovém sadu zjistíme snadněji než na třešních a můžeme se vyvarovat chemického zásahu. Přítomnost slunéčka v sadech podpoříme stavbou konstrukce se štěrbinami na přezimování.

V jabloňových sadech slunéčko východní likviduje mšici jabloňovou (*Aphis pomi*), která nemigruje na sekundárního hostitele, ale celý rok přelétá jen mezi jádrovinami, takže se zde opět uplatní celoroční aktivita slunéčka východního. Vážným škůdcem jádrovin bývá vlnatka krvavá (*Eriosoma lanigerum*), také nestřídající hostitele. Tyto mšice pokryté voskovou vatou mnoho predátorů nechce konzumovat. Žravé slunéčko východní se ale nenechá odradit a vlnatku likviduje.

Podobný problém je se mšicí švestkovou (*Hyalopterus pruni*), pokrytou popraškem vosku. Na slivoních žije zjara v ohromných počtech, v létě žije na

rákosu. Slunéčko východní ji likviduje na obou živných rostlinách. Je třeba počítat se zpožděním množení slunéček a vyčkat s případným chemickým zásahem na pozdější dobu.

Broskvoň láká slunéčka nejen při napadení mšicí broskvoňovou (*Myzus persicae*), ale také svými řapíkovými nektárii.[33] Někdy se doporučuje do sadů přisévat nektarodárné rostliny, ale musí se zvážit fenologie jejich kvetení, aby neodlákávaly slunéčka v době, kdy je jich zapotřebí na stromech.

V Ománu bylo slunéčko východní vypuštěno v roce 2002 proti mšicím na jabloních, hrušních a granátovnících;[34] patrně se neuchytilo. Na citrusech na Floridě škodí nosatec *Diaprepes abbreviatus* – jeho larvy žerou na kořenech, ale z vajíček se líhnou na listech, kde se stávají kořistí slunéček včetně *Harmonia axyridis*.[35]

Odpařující se (volatilní) terpenoidní látky a alkoholy produkované rostlinami přispívají predátorům k nalezení rostlin napadených škůdci. Zejména ovocné stromy je produkují ve zvýšené míře při silnějším či déletrvajícím napadení[36,37]. Silně napadené jednotlivé stromy nebo větve tedy není vhodné ze sadu odstraňovat, pouze potlačit škůdce nebo zamezit šíření škůdců z nich. Predátoři a parazitoidi se s jistým zpožděním dostaví.

Atraktivita napadených rostlin pro predátory nebo škůdců samotných se ověřuje Y-olfaktometrem, což je skleněná trubice, skrze niž je pumpován vzduch přes dva vzorky; predátor je vložen do společné trubice a má se v místě spojení dvou trubic rozhodnout, kterým ramenem dále poleze. Jednou z látek působících atraktivně na slunéčko východní v již velmi nízké koncentraci je α-pinen, vylučovaný například stromem *Diospyros* (kaki) (Xue a kol., nepublikováno). Synomony produkované našimi středoevropskými ovocnými stromy nejsou dostatečně známy. Atraktanty, které přilákají slunéčka do sadu nebo je zdrží na konkrétních stromech, jsou popsány níže (viz Návnady).

### 3.1.2 Potlačení škůdců ve sklenících

Dřevin ve sklenících se pěstuje málo, jednou z nich jsou růže k řezu. Slunéčko východní na nich likviduje kyjatku zahradní (*Macrosiphum euphorbiae*).[38] Na brukvovité zelenině ve sklenících v Japonsku se s výhodou používá nelétavá mutace slunéčka východního.[39] Nelétavou mutaci vytvořili ve francouzských laboratořích pomocí chemických mutagenů. Takto postižená slunéčka ale trpěla vysokou mortalitou a byla málo plodná.[40] Japonský vyšlechtěný nelétavý kmen měl oproti létavé divoké populaci menší plodnost, menší procento přežívání a

delší larvální vývoj.[41] V Japonsku se používá k ochraně lilku, ve Francii proti mšici bavlníkové (*Aphis gossypii*) na okurkách.[42] Účinné bylo rozmístění pěti vaječných snůšek slunéčka na jednu rostlinu, kdy již po pěti dnech byl počet mšic redukován pod 1 % oproti kontrole. Při vysazení dospělých slunéček nelétavého kmene (5 jedinců na rostlinu) byla regulace mšic rovnoměrnější, bez následných fluktuací v čase.[43] Pro dostatečně silnou ochranu papriky proti mšici broskvoňové v USA stačil poměr počtu predátorů ku kořisti 1:320.[44]

### 3.1.3 Potlačení škůdců v polních a zahradních kulturách

V USA bylo slunéčko východní vysazováno hlavně pro ochranu polních plodin jako je sója[45] a bavlna, a tuto funkci tam dodnes invazní populace plní. V Evropě bylo slunéčko vysazováno spíše do skleníků a sadů a také invazní populace se zdržuje převážně na dřevinách. Na zelenině v zahradách bude proti mšicím účinné vysazování vajíček a larev, dospělá slunéčka brzo uletí.

Přechodně, krátce po začátku invaze v letech 2004–2005 bylo slunéčko východní hojné v Belgii na bramborách napadených třemi druhy mšic (mšice broskvoňová, kyjatka zahradní, mšice řešetláková *Aphis nasturtii*). První výskyt i populační vrchol slunéčka východního byl pozdější o týden než výskyt dvou původních druhů slunéček a o dva týdny než populační vrchol mšic.[46] Slunéčka jsou mimo jiné lákána látkami uvolňujícími se z čínského zelí napadeného m. broskvoňovou, zatímco vůně samotného zelí nebo samotných mšic, ani látky uvolňující se ze zelí po napadení housenkami zápředníčka polního (*Plutella xylostella*) neúčinkovaly.[47]

Podle laboratorních pokusů je slunéčko východní schopno vyvíjet se na larvách můry blýskavky kukuřičné (*Spodoptera frugiperda*), přičemž nebyl rozdíl mezi housenkami živenými na klasické nebo transgenní kukuřici vybavené proteinem Cry3Aa proti motýlím škůdcům.[48] V polních podmínkách nebyla konzumace housenek slunéčky pozorována. Slunéčka mnoha druhů včetně s. východního likvidují na kukuřici mšici kukuřičnou (*Rhopalosiphum maidis*). Slunéčka, která se živila mšicemi na transgenní kukuřici s proteinem Cry3Bb proti bázlivci kukuřičnému, žila až o 40 % kratší dobu než slunéčka živící se mšicemi na klasické kukuřici.[49]

### 3.1.4 Potlačení škůdců v lesních porostech

Vzhledem ke své preferenci ke dřevinám je slunéčko východní patrně významným predátorem savého hmyzu (mšice, mery) v lesích v Evropě, ale

jeho činnost je těžké kvantifikovat. Dá se pravidelně najít na lesních okrajích, ale jeho rozšíření v korunách stromů v zapojených lesích je nejasné. V polopřirozených lesích obvykle netvoří dominantní část afidofágního cechu*, původní druhy slunéček převládají.[50] Proti speciálnějším škůdcům jako jsou korovnice (Adelgidae) na jehličnanech je slunéčko východní málo účinné.[51]

### 3.1.5 Potlačení škůdců na okrasných rostlinách

Vzhledem k současné vazbě slunéčka východního na dřeviny a na lidská sídla jsou jedním z nejčastějších biotopů, kde se s nimi lidé setkávají, okrasné a parkové keře a stromy. Na mšicemi napadených keřích tavolníku a pustorylu se slunéčka množí od poloviny května do poloviny června. Vzhledem ke zpoždění rozmnožování slunéček oproti mšicím není práce slunéček uspokojivá – okrasné keře jsou po několik týdnů nevzhledné. Na svídě se slunéčka množí až do pozdního podzimu (Obrázek 21), přičemž sice potlačují mšice a udržují okrasný charakter keřů, svídy jsou tak ale zdrojem slunéček nalétávajících na podzim do bytů blízkých domů.

**Obrázek 21: Kukly slunéčka východního na listech svídy napadených mšicemi v říjnu 2008.**

* Cech, guilda – skupina druhů využívajících podobné zdroje podobným způsobem. Afidofágní cech – skupina druhů živících se mšicemi.

## *3.2 Farmaceutické využití*

Sluněčko východní vykazuje silnou odolnost vůči celé řadě patogenů, což mu usnadňuje invazní šíření. Některé mechanismy této imunitní ochrany by bylo možné využít v humánním nebo veterinárním lékařství. Byly zkoumány dvě složky imunitního systému slunéčka východního – konstituční ochrana alkaloidem harmoninem a indukovaná ochrana pomocí antimikrobiálních peptidů.

### 3.2.1 Harmonin jako antibiotikum

Alkaloid harmonin ((17R, 9Z)-1,17-diaminooctadec-9-en), který je přítomen v hemolymfě slunéčka východního, prokázal širokospektrální antimikrobiální aktivitu. Ta zahrnuje i kmeny bakterie způsobující tuberkulózu, *Mycobacterium tuberculosis*, rezistentní vůči standardním antibiotikům, původce malárie *Plasmodium falciparum*, včetně rezistentních vůči chlorochinu. Jeho použití v lékařství se zvažuje, ale je nejisté vzhledem k tomu, že je poněkud toxický i pro lidské buňky v kultuře.[52]

Harmonin není třeba pro medicínské účely extrahovat ze sluněček, jeho laboratorní syntéza je zvládnutá, prekurzorem je obyčejná kyselina stearová.[53]

### 3.2.2 Antimikrobiální peptidy

Po nákaze různými mikroorganismy (bakteriemi a houbami) sluněčko snižuje produkci harmoninu a zvyšuje produkci řady antimikrobiálních peptidů (AMP) – bylo jich identifikováno asi 50 druhů ze sedmi genových rodin. AMP s nejvyšším nárůstem koncentrace vykazovaly širokou a silnou aktivitu proti gramnegativním bakteriím a entomopatogenním houbám[54]. Porovnáním profilů mRNA kontrolní skupiny s infikovanými sluněčky bylo vytipováno 47 up-regulovaných genů, které se mohou podílet na imunitní obraně a mezi nimi byl pomocí homologie se známými organismy identifikován defensin, peptid o délce 50 aminokyselin, který byl nazván harmoniasin. Byla prokázána antimikrobiální aktivita jak proti gramnegativním, tak i grampozitivním bakteriím při současné absenci hemolytické aktivity. [55] Potenciální farmaceutické využití těchto látek buď jejich izolací ze sluněček, nebo výrobou pomocí jiného, transgenního, organismu není zatím příliš prozkoumané.

# 4 Škodlivost slunéčka východního

## *4.1 Konzumace sladkých plodů*

Dravá slunéčka obecně přijímají ráda v létě a na podzim sladkou náhradní potravu, která jim neumožňuje rozmnožování, ale je přeměněna na tukové zásoby pro přezimování. Slunéčka svými kusadly nedokážou prokousnout slupku ovoce a vyhledávají tedy plody již jinak napadené – nakousané vosami a včelami, lehce napadené houbovou chorobou nebo pukající vysokou zralostí. Díky tomu nejsou přítomna ve sklizeném kvalitním ovoci, s výjimkou hroznů vinné révy. V Severní Americe tak byla prohlášena škůdci v produkci vína.[56] Kromě sladkých plodů slunéčka okusují také mladé rostlinky, například kukuřici.[57]

### 4.1.1 Napadení vinné révy

Slunéčka naletují na hrozny vinné révy, vyhledávají poškozené bobule a sají z nich šťávu bohatou na cukry. V noci a při chladném počasí zalézají do štěrbin mezi bobulemi a mohou se tak v hroznech nahromadit v nezanedbatelném počtu. Při lisování moštu z hroznů pak jsou vylisována i slunéčka. Jejich obranné chemické látky, zejména methoxypyrazíny, zůstávají v moštu a ovlivňují chuť a vůni vína.[58]V Severní Americe souvisí napadení vinic se zráním a sklizní ohromných ploch polních plodin, kde se slunéčka vyvinula, ale kde později v létě nemají dostupnou potravu, a tak přeletují na sousední kultury.

V České republice nebyl výskyt slunéčka východního ve vinicích v době sklizně hlášen. Naše vlastní pozorování na jihomoravských vinicích od Znojma po Mikulov také nezaznamenala ani jediný výskyt slunéčka východního na hroznech, ačkoli na stromech v těsném sousedství vinice se vyskytovalo. V malém počtu byla na hroznech poškozených žírem včelou medonosnou pozorována naše původní slunéčka sedmitečná (Obrázek 22).

### 4.1.2 Ovlivnění chuti vína

Metoxypyrazíny z obranné tekutiny slunéček jsou značně stabilní, takže víno vzniklé z moštu obsahujícího vylisovaná slunéčka je senzoricky (chuťově, respektive pachově) ovlivněné. Vůně a chuť jsou ohroženy, pokažené víno je charakterizováno netypickými smyslovými přívlastky. Charakteristické vůně patřící té které odrůdě jsou redukovány či maskovány.[59] Práh smyslového

rozpoznání obsažených látek, zejména isopropyl-3-methoxypyrazínu, je velmi nízký. Somelièři byli schopni rozpoznat víno, kde při lisování moštu byl obsah jednoho slunéčka na jeden kilogram hroznů.[60] Ortonazální (čichání nosem) a retronazální (vůně z nosohltanu při polykání vzorku) detekce 2,5-dimethyl-3-methoxypyrazínu (DMMP) v červeném víně odhalily senzorický limit 31 ng/l, resp. 70 ng/l. U vína s přidanými 120 ng/l byla uváděna slabší vůně třešní a bobulovin a silnější vůně zemitá a zelených rostlin.[61]

**Obrázek 22: Slunéčko sedmitečné (*Coccinella septempunctata*) okusující bobuli vinné révy poškozenou žírem včely medonosné. Vinice Na Mezích, JZ od Havraníků, září 2012.**

Mnoho producentů se proto vyhýbá výrobě vína z kontaminovaných hroznů.[62] Některé enologické studie však neoznačují kontaminované víno za špatné, pouze za pozměněné, a nevylučují záměrné přidávání slunéček v definovaném množství do zpracovávané suroviny a výrobu speciálního slunéčkového vína. Pro zmírnění nebo zamaskování pachu slunéček se doporučují dubové piliny.[63]

### 4.1.3 Ochrana vinné révy

Likvidaci nebo odpuzování slunéček z hroznů, aby se nedostala do moštu a neovlivnila kvalitu vína, je třeba provádět průběžně a zejména krátce před

sklizní, protože početnost slunéček na hroznech může významně kolísat ze dne na den[64]. V Kanadě (Ontario) jsou k tomuto účelu povoleny insekticidy Malathion 85 E (malathion) a Ripcord 400 EC (cypermethrin), ale s tří- respektive sedmidenní ochrannou lhůtou.[65] V USA jsou k ošetření vinné révy povoleny carbaryl a imidacloprid se sedmidenní ochrannou lhůtou.[66] Postřik se nemá provádět preventivně a plošně, ale selektivně při silném napadení hroznů. Jako šetrnější a přitom účinnější se zdá použití repelentu disiřičitanu draselného, protože jej lze aplikovat i pouhý den před sklizní.[67]

Jako perspektivní se zdají kombinované „push-pull“ metody, kdy je z plodiny určené ke sklizni škůdce odpuzován obvykle netoxickým repelentem, a na jiné blízké místo je lákán vhodnými atraktanty.[68] V případě slunéček ve vinicích lze jako repelent použít kromě výše uvedeného disiřičitanu i další látky, viz kap. Repelenty 6.3). Jako atraktant pro přilákání slunéček navrhujeme v případě nutnosti použít uměle mechanicky poškozené hrozny na některých hlavách v prvním řádku vinice zkraje anebo na prvních hlavách některých řádků, podle jejich orientace k sousedním porostům. Označené hrozny pak lze při sklizni vynechat nebo pečlivě prohlédnout (i vevnitř), zda jsou v nich slunéčka. Doporučuje se hrozny ponořit do vody – topící se slunéčka vyplavou na hladinu.[69]

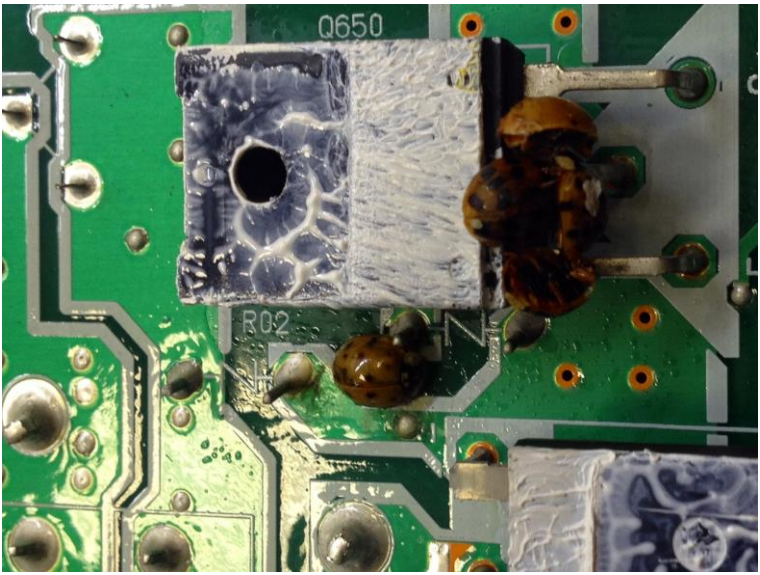
**Obrázek 23: Zimní agregace slunéček východních ve vrcholu tee-pee postaveného na zahradě domu poblíž Brna. Foto Radek Bílý.**

## 4.2 Sluněčko v domácnostech

V sídlech, zejména ve městech, se sluněčko východní stalo obtížným hmyzem („nuisance pest“) kvůli svému zvyku vnikat masivně na podzim do budov kvůli přezimování. [70] Při odstraňování se brání vylučováním kapek jedovaté páchnoucí žlutě zbarvené hemolymfy (viz Obrana). Ta mimo jiné trvale zbarvuje omítku a předměty v napadených interiérech. [71] Sluněčka mohou kousat a způsobovat alergické reakce.

V místnostech se sluněčka schovají do štěrbin a tmavých koutů – taková místa je třeba krátce po skončení migrace prohlédnout a sluněčka odstranit. Včasné odstranění diapauzujících sluněček zamezí umístění povlaku většího množství agregačního feromonu (viz Návnady), který na krátkou vzdálenost láká další jedince, aby se ke skupině přidali. Naopak vystavením tkaniny načichlé feromonem ze sluněček na vhodné místo v bytě lze nově příchozí jedince nalákat na toto místo a pak snadněji odchytit a zlikvidovat.

Je třeba zabránit vnikání sluněček do vzduchotechniky jemnou sítí. Také je třeba zabránit jejich vniku do elektrických a elektronických zařízení, kde mohou způsobit zkrat (Obrázek 24).




**Obrázek 24: Zkrat způsobený těly sluněček východních v elektrickém ovládání domácího kotle. Foto anonymus**

V USA se někdy radí ošetřit fasádu budov každoročně invadovaných sluněčky insekticidy preventivně, před začátkem podzimní migrace. Doporučované jsou syntetické pyrethroidy (bifenthrin, cyfluthrin, cypermethrin, deltamethrin). Ošetřit se má především okolí otvorů (oken, ventilace), aplikace uvnitř budov se nedoporučuje.[72],[73]

### 4.2.1 Načasování podzimní migrace

Podzimní migrace sluněčka východního na zimoviště se v Evropě objevuje především v říjnu. Zdá se, že sluněčka nejprve musejí vnímat krátký den v době okolo podzimní rovnodennosti, kdy světlá délka dne včetně občanského soumraku klesne pod 13 hodin, pak musejí zažít krátké období nízkých teplot, kdy ranní teplota poklesne pod +5 °C a teprve při následném oteplení se z živných rostlin rozletí hledat zimoviště. Aktuální minimální teplota vzduchu pro migrační let je asi 16 °C, ale masové migrace se objevují hlavně za velmi teplých slunečných odpolední babího léta, při teplotách okolo 25 °C. Část populace potřebuje zmíněné stimuly silnější nebo po delší dobu, takže migruje až v druhé nebo pozdější teplé periodě v říjnu až v listopadu. Poměr starších a mladých jedinců (sytě červeně nebo světle oranžově vybarvených, viz Obrázek 23) se přitom příliš nemění, jen klesá hmotnost sluněček v pozdějších vlnách.[74]

### 4.2.2 Alergické reakce

První specifická alergie na sluněčka byla hlášena v roce 1998. Postihuje lidi obou pohlaví a různého věku (1–78 let).[75] U desetiny zkoumaných vzorků krve pacientů v USA s alergiemi byla zjištěna citlivost na antigeny sluněčka východního, ovšem zdánlivě specifická IgE reakce vykazovala zkříženou citlivost také na alergeny ze švábů, takže nelze rozhodnout, že právě expozice alergenům sluněček byla příčinou přecitlivělosti.[76] Firma Aviva Systems Biology sídlící v San Diegu, USA, nabízí protilátky specifické proti sluněčku východnímu pro diagnostické a monitorovací účely.

Sezónně, při podzimních migracích a jarní disperzi, vyvolává setkání se sluněčky alergické reakce formou „senné“ rýmy, astmatických potíží a kožní vyrážky. Alergeny jsou z těla sluněčka uvolňovány hlavně při obranné reakci – reflexním krvácení, tedy v kapkách hemolymfy z kolenních kloubů.[77] Dva z proteinů obsažených v extraktu ze sluněček byly vyčištěny a charakterizovány: Har a 1 o hmotnosti 10 kd a Har a 2 o hmotnosti 55 kd. Reagovaly s 65, respektive 75 % vzorků krevního séra.[78] Hlavní zdravotní

doporučení jsou vyhýbat se přímému kontaktu se sluněčky a nenechávat zimující sluněčka přebývat byť ve skrytých koutech bytů a kanceláří.

Některé hlášené zdravotní problémy způsobené kousnutím sluněčkem východním nevykazují charakteristiky specifické alergie mediované IgE protilátkami, ale spíše přímé mechanické nebo toxikologické reakce. V místě kousnutí může vzniknout dočasný otok a zarudnutí. Sluněčka kousají z hladu a žízně, když se během zimy probudí z diapauzy v teplém prostředí domů. Proto je třeba je odstranit již během podzimu.

## *4.3 Ovlivnění druhové rozmanitosti*

### 4.3.1 Konkurence

Ve východní Asii žije sluněčko východní spolu s dalšími druhy sluněček bez konkurenčního vyloučení. S velice podobným, blízce příbuzným druhem *Harmonia yedoensis* si nekonkurují, protože druhý druh se specializoval na mšice medovnice (*Cinara*) na borovicích,[79] podobně jako naše sluněčko čtyřtečné (*Harmonia quadripunctata*). Zatímco u jiných dvojic druhů sluněček téhož rodu byl prokázán častější společný výskyt pravděpodobně vedoucí ke kompetici o potravu,[80] sluněčko východní si konkuruje spíše s druhy z jiných rodů. Ačkoli u sedmi původních evropských druhů sluněček byl prokázán pokles početnosti po příchodu invazního sluněčka východního, podíl konkurence a vnitrocechového kořistnictví (viz Vnitrocechové kořistnictví) na tomto poklesu nebyl stanoven.[81]

Teorie předvídá, že nepůvodní druhy predátorů budou využívat zdroje (zde mšice) méně ohleduplně, případně až drasticky snižovat jejich početnost. To je výhodné v biologické ochraně, kdy škůdce je významně regulován, ale ve volné přírodě vede ke konkurenční nevýhodě původních druhů adaptovaných na určitou početnost kořisti.[82] Vzhledem ke žravosti sluněčka východního[83] je mechanismus konkurence o potravu při snižování početnosti původních druhů predátorů pravděpodobný. Přežívání larev sluněčka východního za přítomnosti larev sluněčka sedmitečného a sluněčka *Coleomegilla maculata* se neměnilo s množstvím potravy, zatímco u sluněčka sedmitečného procento přežití při větším množství kořisti stouplo.[84] Pozdější fenologie oproti původním druhům by měla konkurenci zmírňovat, ale ta je nahrazena vnitrocechovým kořistnictvím.

### 4.3.2 Vnitrocechové kořistnictví

Mezi druhy s podobnou potravní strategií, tvořící tzv. gildu neboli cech, může docházet ke vzájemnému požírání (kořistnictví, predaci). U afidofágních (mšicožravých) druhů hmyzu je tento jev velmi častý. Slunéčko východní se ukázalo jako pravidelný vítěz v soubojích s jinými druhy sluněček kromě velkého druhu *Anatis ocellata*.[85] V italské laboratorní studii se slunéčko sedmitečné (*Coccinella septempunctata*) jevilo jako mírně podléhající slunéčku východnímu, další čtyři druhy podléhaly predaci většinou ostatních druhů i kanibalismu dosti snadno.[86]

V polopřirozených podmínkách – na mladých lípách – byla setkání dvou larev sluněček daleko méně častá a uskutečněná setkání zřídka vedla k zabití jedné larvy druhou. Nicméně polarita uskutečněných predací byla stejná jako u laboratorních pokusů: slunéčko východní vítězilo nad slunéčkem sedmitečným a obě tato slunéčka vítězila nad slunéčkem dvoutečným (*Adalia bipunctata*).[87]

Slunéčko východní v Severní Americe bylo také dost odolné vůči predaci dvěma běžnými místními dravými plošticemi – lovčicí *Nabis alternatus* a hlavěnkou *Geocoris bullatus* – a samo je příležitostně požíralo. Protože původní druhy sluněček jsou těmito plošticemi občas požírány, může to zprostředkovaně vést k jejich početnímu úbytku[88].

Zatímco mezi predátory mohou být antagonistické vnitrocechové vztahy oboustranné, parazitoidi mšic jsou jednosměrně požíraní. Slunéčka nerozlišují mezi mšicemi zdravými a nedávno napadenými mšicovníkem *Aphelinus certus*. Tím se může snižovat celková efektivita potlačení populací mšic. Teprve v pokročilém stadiu vývoje, kdy dochází k mumifikaci mšice, se slunéčka této kořisti vyhýbají.[89]

**Mezi mšicožravými druhy hmyzu má výsadní postavení zlatoočka obecná (*Chrysoperla carnea*), která dokáže zvítězit v mezidruhových soubojích larev nad slunéčkem východním i přes nepříznivý hmotnostní poměr (**

Obrázek 25). Pomáhají ji v tom dlouhá bodavě savá kusadla a patrně nějaký neznámý sekret ve slinách, paralyzující napadenou kořist.[90]

### 4.3.3 Mizení původních druhů

Pravděpodobně následkem konkurence o potravu a přímé predace se snížila početnost některých dříve velmi hojných původních evropských druhů sluněček. Ve Velké Británii (VB) a v Belgii (BG) se po invazi slunéčka východního významně snížil počet faunistických čtverců, kde byla zaznamenána původní slunéčka pro sedm (VB), respektive pro čtyři (BG)

druhy z osmi hodnocených. Početnost na intenzivně sledovaných plochách ve Velké Británii, v Belgii a ve Švýcarsku se snížila u dvou až tří druhů z pěti až osmi hodnocených, celkově nejhůře dopadlo slunéčko dvoutečné. Mykofágní druh *Halyzia sedecimguttata* naopak zaznamenal nárůst početnosti, nejvyšší v Belgii.[91]

V České republice se slunéčko východní stalo během krátké doby jedním z nejpočetnějších druhů slunéček a vůbec nejpočetnějším v městském prostředí. Početnost ostatních druhů poklesla, avšak celková abundance slunéček a druhová diverzita se i po invazi udržují na stálé úrovni posledních let, přičemž početnost některých druhů klesla dávno před invazí slunéčka východního.[92]

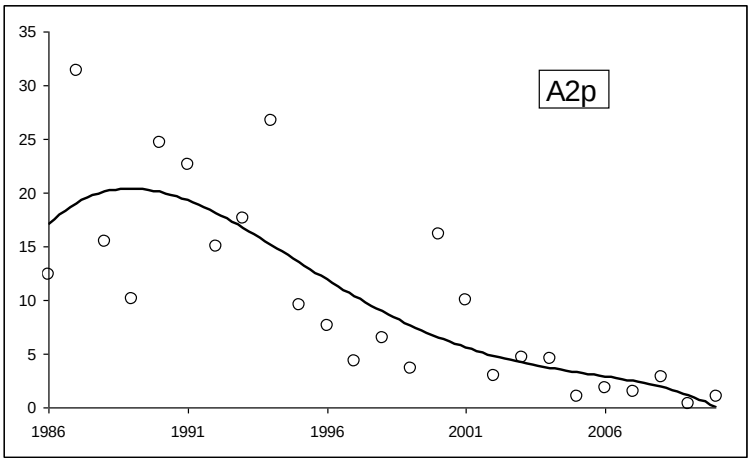
**Obrázek 25: Larva zlatoočky obecné (*Chrysoperla carnea*) – dole – vysávající zespodu paralyzovanou larvu slunéčka východního.**

V našich dlouhodobých studiích v lesních komplexech Děčínského Sněžníku se ukázalo, že početnost slunéčka dvoutečného se snižovala už mnoho let před příchodem slunéčka východního (Obrázek 26). Na druhé straně v městském prostředí a jiných antropogenně pozměněných stanovištích slunéčko východní viditelně snížilo početnost původních druhů a výrazně vytlačilo zejména slunéčko dvoutečné, které je nyní několikanásobně méně početné na jaře na okrasných keřích a na podzim při nalétávání na budovy než

před pěti lety. U ostatních druhů byl pokles méně výrazný. Na polopřirozených stanovištích podhůří Šumavy a Novohradských hor stále převládají původní druhy slunéček.

### 4.3.4 Hodnocení ohrožení původních druhů

Pro zvážení pravděpodobnosti, že se určitý původní druh slunéčka stane obětí vnitrocechového kořistnictví invazního slunéčka východního, byla vypracována




**Obrázek 26: Pokles početnosti slunéčka dvoutečného (*Adalia bipunctata*) na lesních stanovištích na Děčínském Sněžníku v průběhu 24 let. Slunéčko východní se na lokalitě objevilo v roce 2007.[93]**

metoda zvažující pravděpodobnost setkání obou druhů v přírodě a následky takového kontaktu. Pravděpodobnost setkání na škále 1–3 vychází z terénního pozorování ve Švýcarsku a v Belgii v ranných stadiích invaze, kdy původní druhy ještě nebyly významně ovlivněny. Nejčastěji spolu se slunéčkem východním byly nalézány druhy *Adalia bipunctata*, *Adalia decempunctata*, *Calvia quatuordecimguttata*, *Calvia decemguttata* a *Oenopia conglobata*. Následky setkání hodnotí jednak překryv v potravním spektru (1–3), který je vysoký pro 19 z 30 běžných druhů slunéček, a pravděpodobnost prohry v přímém vnitrocechovém střetu (1–3), zjištěnou buď laboratorními pokusy anebo ohodnocením schopností se bránit (tělesná velikost, mechanické struktury, chemické látky). Celkový index je pak součinem pravděpodobnosti

střetnutí se součtem obou výsledků střetnutí (1–18). Je nejvyšší pro druhy *Adalia bipunctata*, *Adalia decempunctata*, *Calvia decemguttata* a *Oenopia conglobata*.[94]

Obecnější polokvantitativní metoda hodnocení ohrožení prostředí invazním druhem je popsána pro Norsko, použitelná však prakticky kdekoli. Násobí se invazní potenciál a ekologické následky invaze.[95]

# 5 Sběr a chov slunéčka východního

## *5.1 Sběr*

### 5.1.1 Sběr ve vegetační sezóně

Slunéčka východní sbíráme na vegetaci od jara až do podzimu některou běžnou entomologickou metodou, zejména smýkáním a sklepáváním. Uchováváme je ve sběracích lahvích s trochou zmačkaného papíru nebo suchého rostlinstva. Do lahví nedáváme čerstvé listy – vlhkost z nich se odpaří, vysráží na stěnách lahve a kapilárními silami lepí nemohoucí slunéčka. K manipulaci se slunéčky s výhodou použijeme miskovou měkkou entomologickou pinzetu, kterou nabízejí někteří výrobci a dodavatelé entomologických pomůcek. Nepoužíváme exhaustor, protože vyrušená slunéčka vypouštějí páchnoucí obrannou tekutinu. Musíme počítat s tím, že slunéčka sbíraná během vegetační sezóny se mohou pářit už ve sběrací lahvi.

Sběr pomocí Malaiseho pasti, na světlo nebo do zemních pastí je všeobecně u slunéček málo účinný. Smýkáním a sklepáváním na vegetaci můžeme sbírat i larvy, ale kvůli vysoké míře kanibalismu je musíme uchovávat tak, aby se vzájemně nepožraly. Vaječné snůšky lze sbírat individuálně i s kousky rostlin, nemůžeme však s jistotou určit druh, kterému vajíčka patří. Kukly lze poznat, sbíráme je opět s kusem rostliny. Kukly ovšem bývají často napadány parazitoidy, dvoukřídlými z rodu *Phalacrotophora* (viz Přirození nepřátelé). S předstihem jednoho či dvou dnů před sběrem dospělců na vegetaci můžeme vybraná místa postříkat roztokem sacharózy anebo některého z atraktantů (viz Návnady). Volně se potulující slunéčka se na takové ploše zdrží a zkoncentrují.

### 5.1.2 Sběr při migraci

Během podzimní migrace na zimoviště nalétávají slunéčka na nápadné objekty, zejména budovy, a lze je individuálně ale v dosti velkém počtu sbírat přímo na

zdech domů. Sami jsme touto metodou sbírali až 150 jedinců za hodinu na osobu. Slunéčka nejsnadněji ze zdi dostaneme, pokud těsně pod lezoucí slunéčko podložíme otevřenou sběrací lahvičku a dotýkajíce se ústím zdi přibližujeme ji ke slunéčku, až se toto reflexivně pustí a padá do lahvičky, kterou okamžitě uzavřeme. Musíme použít větší počet malých nádobek (my jsme používali 10ml polystyrénové) a do každé sebereme jen několik jedinců, přičemž ještě před každým dalším sběrem sklepneme jedince lezoucí k ústí. Případně použijeme větší, vysoké sběrné lahve naplněné materiálem, po kterém již chycení jedinci lezou namísto snahy vylézt ven.

Nachytaná slunéčka i se sběracími lahvemi ukládáme do stínu (migrace probíhají za teplých slunečných dní), anebo do krabice s ledovou tříští. Delší pobyt na slunci by slunéčka zahubil kvůli vysoké teplotě, ale i ve stínu si aktivní slunéčka v malém uzavřeném prostoru rychle vydýchají kyslík a přiotráví se oxidem uhličitým. Je tedy třeba i zchlazené jedince po několika málo hodinách přenést do nádob s prodyšným víkem, například do sklenic uzavřených silonovou tkaninou připevněnou kancelářskou gumičkou. Nehybní, zdánlivě uhynulí jedinci, kteří jsou ve stavu anesteze oxidem uhličitým, se v takovém prostředí za hodinu dvě proberou. Alternativně ke sběru slunéček při podzimní migraci použijeme Štěrbinový lapač nalétávajícího hmyzu.

Tak jako v populacích během léta na rostlinách, tak i mezi jedinci migrujícími na zimoviště mírně početně převládají samice (50–65 %) nad samci pravděpodobně kvůli nákaze bakteriemi zabíjejícími výhradně samce. Poměr pohlaví se během podzimu nemění.[96] Brouci jsou v době migrace ve stavu diapauzy, takže se ve sběrných nádobách ani při vyšší teplotě nepáří. Diapauza je však u slunéčka východního velmi slabá, může odeznět za několik týdnů v laboratorních podmínkách. Pokud chceme předejít páření a kladení vajíček, které vede k vyčerpání a stárnutí samic, musíme slunéčka roztřídit nebo držet v chladu (<10 °C).

### 5.1.3 Podíl jednotlivých barevných forem

Zbarvení se během podzimu nemění, selektivní sběr velmi brzo (konec září) anebo velmi pozdě (polovina listopadu) nepomůže k získání většího podílu některé barevné formy. Část samic migrujících na zimoviště se již pářila a jsou oplozené, přičemž podíl těchto samic kolísá od 20 do 70 %, ale neklesá s pokročilou sezónou – později na podzim nelze takto získat vzorek neoplozených samiček. Jedině hmotnost migrujících jedinců během podzimu významně klesá,[97] a protože pro další chov nebo jarní vypouštění mají větší

jedinci větší význam (větší plodnost), je vhodné sbírat slunéčka na začátku migrační sezóny (začátkem října). Později na podzim přibývá jedinců formy succinea s většími tečkami (viz 1.4.2), což nemá pro následný chov praktický význam.

### 5.1.4 Sběr na zimovištích

Snadné je sesbírat slunéčka v budovách, do kterých zalézají na zimování. Dotazem cíleným na majitele nemovitostí na jižním a západním okraji zástavby, na které je dobře vidět z dřevin, kde se slunéčka přes léto množí, zjistíme, kde hledat. V bytech, chatách nebo garážích bývají slunéčka zpočátku schována hlavně v tmavých koutech: v garnýžích držících záclony, na zadní straně skříní, za obrazy, na dřevěném obložení stěn. U staveb s dvojitými okny zůstávají v prostoru mezi nimi. V chladných prostorách vydrží slunéčka do jarních měsíců, ve vytápěných bytech je musíme sbírat do prosince. Sakrální stavby, jako kaple a výklenkové kapličky na návrších nebo kostely s vysokou věží jsou pro slunéčka lákavé, ale schovávají se v nich v nepřístupných štěrbinách. Také u jiných staveb patrně velká část jedinců skončí v půdních prostorách rozptýlena po malých skupinách v koutech trámoví.

Slunéčka na těchto místech můžeme sbírat individuálně pomocí miskové pinzety, ale často lze použít smetáček a lopatku, lžičku, rozevřené noviny apod. Vysavač sice vytáhne slunéčka ze skrýší účinněji, ale poškodí je a ona poškodí vysavač nánosem obranné tekutiny. Raději sbíráme za chladu a slunéčka v chladu uchováváme. Při individuálním i hromadném sběru si všímáme, zda jsou přimíšeni jedinci jiných druhů (často slunéčko dvoutečné, slunéčko *Oenopia conglobata* a slunéčko sedmitečné), případně je vytřídíme.

### 5.1.5 Lapače

Slunéčka mají převážně denní aktivitu, naletují v noci na světlo jen v omezeném počtu. Feromon, který by slunéčka lákal na velkou vzdálenost, není znám. Jedině námi vyvinutý štěrbinový lapač nalétávajícího hmyzu, který využívá specifického chování slunéček v době podzimní migrace, může být dostatečně účinný. Slunéčka jsou lákána vizuálně na velkou kontrastní plochu a v lapači chycena do pytle z prodyšné tkaniny. Přímo v pytli mohou být uchovávána pro další použití (viz Pasti; 48). Podobný efekt může mít dostatečně velká Malaiseho past. Obdobou Malaiseho pasti a štěrbinového

lapače se ukázalo být indiánské tee-pee postavené na zahradě před domem (Obrázek 23).

### 5.1.6 Uchovávání slunéček

Živá slunéčka nasbíraná kteroukoli výše uvedenou metodou lze uchovávat pro pozdější použití, například vypuštění v kulturách napadených škůdci. Slunéčka uchováváme v chladu, v prodyšném obalu při dostatečné vlhkosti vzduchu. Jedinci chycení během sezóny vydrží v nízké teplotě kolem 5 °C jen po dobu několika dní. Jedinci chycení při podzimní migraci nebo sebraní na zimovišti přežijí v teplotě 5 °C nebo nižší (až –10 °C) po dobu několika měsíců v podílu kolem ¾ jedinců, maximálně od října až do června asi 20 % jedinců. Důležitá je vysoká vlhkost vzduchu anebo periodická přítomnost vlhkého hadru nebo papíru. Ta není možná v podnulových teplotách. Také se osvědčilo asi jednou za měsíc chladovou expozici přerušovat. Nádoby se slunéčky jsme umisťovali na dobu několika hodin do laboratorní teploty, přičemž dostala k dispozici mokrý filtrační papír k napití.

## *5.2 Chov slunéček*

Častěji jsme konfrontováni s potřebou slunéčko východní likvidovat. V případě potřeby jej vysazovat do zemědělských kultur proti škůdcům je snadnější nasbírat stovky jedinců při podzimní migraci nebo na zimovištích, než je chovat v zajetí. Vyskytne-li se však potřeba identifikovat vypouštěné jedince slunéčka východního mezi „přirozeně“ se vyskytujícími (invazními) jedinci, můžeme si vychovat a vypouštět jedince vzácných forem a jejich kříženec. Na Přírodovědecké fakultě Jihočeské univerzity a v Entomologickém ústavu Akademie věd udržujeme chovy sedmi linií – barevných forem.

### 5.2.1 Nádoby

Slunéčka chováme obyčejně v půllitrových sklenicích s ústím zakrytým silonovou prodyšnou tkaninou připevněnou kancelářskými gumovými kroužky. Do sklenice dáváme pitítko s vodou (malá lahvička zazátkovaná buničinou) a dostatek pruhů filtračního papíru složených do harmoniky. Ve sklenici této velikosti chováme asi 5 párů slunéček. Pro úsporu místa můžeme slunéčka chovat i v různě velkých Petriho miskách, jak skleněných, tak z plastu.

Hmotnost mladých dospělců, kteří byli během larválního vývoje chováni v malých Petriho miskách, byla významně nižší než z velkých misek a ta byla nižší než u jedinců ze sklenic. Vývoj v malých miskách byl o dva dny delší než ve zbývajících dvou typech nádob.[98]

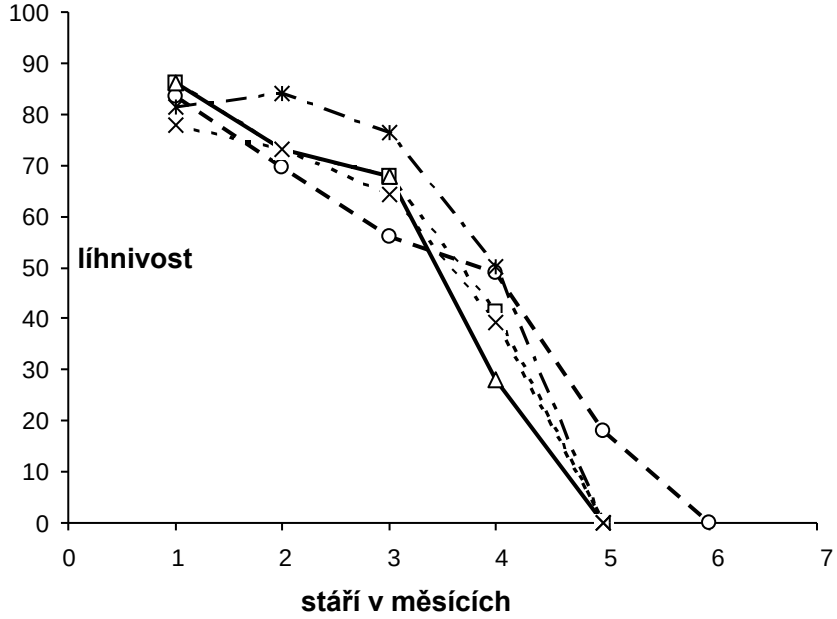
Typ nádoby také spoluurčuje vzdušnou vlhkost a z toho vyplývající kvalitu potravy. Pokud krmíme samotnými mšicemi sklepanými z rostlin, jako je kyjatka hrachová, *Acyrthosiphon pisum*, je výhodnější vyšší vlhkost v Petriho miskách. Pokud krmíme mšicemi na listech rostlin, je lepší větraná sklenice, jinak listy rychle zahnívají. Také mražená vajíčka zavíječe moučného ve vysoké vlhkosti brzo plesniví.[99]

**Obrázek 27: Larvy prvního instaru sluněčka východního kanibalizující konspecifická vajíčka.**

### 5.2.2 Vývojová stádia

Vajíčka jsou v laboratorních chovech obyčejně kladena na filtrační papír. Snůšky jsou kompaktní, obsahují 20–80 vajíček. Část kladených vajíček je zjevně neoplozená a slouží jako takzvaná trofická vajíčka, pro výživu nově vylíhlých larev z oplozených vajíček téže snůšky. Takto nakrmené larvy pak jsou dostatečně silné na to, aby vyhledaly i vzdálenou kolonii mšic a přitom

odolaly drobným predátorům. Samičky slunéčka východního kladou trofická vajíčka zejména v heterogenním, nepředpověditelném prostředí.[100] I dobře oplozené snůšky obsahují jen 70–90 % vyvíjejících se vajíček. Zbylá vajíčka možná obsahují samčí embrya napadená speciálními bakteriemi zabíjejícími samce, anebo nejsou oplozená – trofická vajíčka pro rannou výživu ostatních mladých larev. Malé a řídce roztroušené snůšky bývají celé neoplozené. Oplozená vajíčka asi 6 hodin před líhnutím (ve 25 °C) zešednou. Podíl neoplozených vajíček prudce narůstá po třetím měsíci aktivity samice (Obrázek 28). Plodnost však silně klesá z úvodních asi 20 vajíček za den už po druhém měsíci rozmnožování. Průměrná plodnost za celý život samičky odchycené v přírodě činí asi 1100 vajíček, maximální 2500 vajíček.[101] Samičky se vyhýbají kladení na rostliny, které už jsou kolonizované larvami a předcházejí tak kanibalizaci.[102]




**Obrázek 28: Průběh procenta líhnivosti vajíček během stárnutí rodičovského páru.**

Kladení denně kontrolujeme a vajíčka odebíráme kvůli častému kanibalismu. Vajíčka s kousky filtračního papíru můžeme vkládat do čistých připravených sklenic, ale pro úsporu místa při rozsáhlých chovech používáme plastové Petriho misky. V malé (průměr 7–9 cm) misce chováme larvy do

třetího instaru, větší larvy pak přenášíme do větších misek (průměr 15 cm) nebo do sklenic. Kvůli kanibalismu (Obrázek 29) je třeba larvy izolovat v menším počtu a ve větším prostoru. Pokud to jde, možné je i použít malé misky a larvy izolovat po jedné. Snůšky rozhodně izolujeme po jedné. Dvě snůšky nakladené v jeden den v rozmezí několika hodin znamenají nebezpečí, že starší čerstvě vylíhlé larvy sežerou ty zatím nevylíhlé (Obrázek 27).

Kukly odebíráme z chovných nádob, nebo naopak, protože jsou pevně přitmelené k podkladu, přenášíme dosud žeroucí larvy do jiných nádob, aby kukly, které se nemohou bránit, nebyly kanibalizovány. Čerstvá imaga potřebují několik hodin až den na utvrdnutí kutikuly, dříve s nimi nemanipulujeme. Pohlavní zralosti dosáhnou až po několika dnech.

**Obrázek 29: Larva čtvrtého instaru slunéčka východního kanibalizující druhou larvu.**

### 5.2.3 Potrava

Slunéčko východní je predátorem s poměrně širokým spektrem kořisti vhodné k vývoji larev a ke kladení vajíček. K vytváření tukových zásob a přežívání nepříznivého období využívá i jinak nevhodné druhy kořisti, ale také rostlinný materiál jako pyl, nektar a některé měkké tkáně. Hlavní kořistí jsou mšice nejrůznějších druhů[103] kromě několika málo toxických. Tak při krmení mšicí

bezovou (*Aphis sambuci*), která je toxická pro slunéčko sedmitečné,[104] ale vhodná pro slunéčko dvoutečné, se larvy slunéčka východního vyvíjejí velmi pomalu, strádají vysokou mortalitou a vylíhlí nečetní dospělci jsou drobní[105].

Netestovali jsme, zda samičky slunéčka východního jsou schopny klást vajíčka při krmení pouze mšicí bezovou. V přírodě se však takový případ nevyskytne – slunéčka střídají hostitelské rostliny. Nedoporučujeme však v chovech tuto mšici používat ani jako přechodnou náhradní potravu při nedostatku jiné kořisti. Slunéčka by klidně předloženou toxickou potravu konzumovala, což jsme ověřili laboratorními výběrovými a nevýběrovými pokusy. Ve výběrových testech, kde byli zároveň nabízeni jedinci dvou druhů mšic, si samice nevybíraly, larvy si vybíraly vhodnou potravu, ale samci konzumovali ve větší míře toxickou mšici bezovou.[106]

Umělá potrava dávala špatné výsledky (vysoká mortalita, dlouhý vývoj) oproti hlavní i náhradní živé potravě (mšice *Chaitophorus populeti* anebo vajíčka motýla *Sitotroga cerealella*). Krmení mšicemi znamenalo lepší přežívání, kratší pre-ovipoziční periodu a vyšší plodnost. Dospělci krmení mšicemi dávali dobré výsledky bez ohledu na typ kořisti ve stádiu larvy.[107]

Ve své studii porovnávající vhodnost devíti druhů mšic a vajíček slunéčka východního pro vývoj larev jsme porovnávali délku vývoje a hmotnost výsledných dospělců. Obě veličiny spolu souvisely – horší potrava prodlužovala vývoj a snižovala hmotnost imag, takže jsme zavedli parametr „úroveň vhodnosti“ SL, počítanou jako poměr hmotnosti v mg k délce vývoje larvy ve dnech. Pro dobré druhy kořisti parametr přesahuje hodnotu 2, pro špatné je kolem jedné. Vztah obou veličin však není přesně lineární; spíše nejdříve dochází ke snížení hmotnosti a až u velmi špatné potravy k značnému prodloužení vývoje.[108]

Alternativní potrava vhodná jak pro růst a vývoj larev, tak pro kladení vajíček dospělými brouky, jsou mražená vajíčka zavíječe moučného, *Ephestia kuehniella*. Produkuje a prodává je několik evropských společností zabývajících se biologickou ochranou proti škůdcům. K vajíčkům můžeme přimíchat asi 10 % pylu, například z kukuřice. Protože jde o potravu trochu méně šťavnatou, než jsou čerstvé mšice, poskytujeme slunéčkům ještě pitítko – vodu malé úzké lahvičce zazátkované kouskem buničiny.

### 5.2.4 Chov mšic

Standardní potrava, kterou ve své laboratoři používáme, je mšice kyjatka hrachová (*Acyrthosiphon pisum*). Kmen mšice, který je v chovech

Entomologického ústavu Biologického centra Akademie věd České republiky již po desetiletí, je zvyklý na bob obecný (zvaný též koňský) (*Faba vulgaris*). Semena bobu uchováváme v chladu po dobu i delší než rok. Před setím osivo vytřídíme, aby neobsahovalo semena zčernalá od houbové choroby nebo provrtaná zrnokazy. Taková semena obyčejně neklíčí, ale zahnívají, a mikrobiální nákaza z nich se přenese na zdravé rostliny.

Semena před setím po dobu několika hodin máčíme ve vlažné vodě. Sejeme je do sklenic nebo širokých kelímků o obsahu 800 ml. Do kelímku do poloviny výšky nasypeme piliny nebo hobliny. Lze použít odpadní materiál z pil a jiných provozů. Kvůli možné kontaminaci však v laboratorních podmínkách používáme čisté hobliny prodávané jako podestýlka pro zvířata v balících po 25 kg. Na hobliny dáme hrst naklíčených bobů, zasypeme dalšími hoblinami, zatřepeme, aby se hobliny dostaly mezi semena. Zalijeme 200 ml vody. Necháme klíčit v teplotě kolem 20 °C při slabém osvětlení. Mladé rostliny jsou připravené po 9–10 dnech, kdy jsou >5 cm vysoké, na nasazení (infestaci) mšic.

Z kelímků sklepeme přebytečné hobliny z povrchu. Na každý kelímek přisypeme asi 5 ml mšic čerstvě sklepaných ze starších rostlin. Rostliny se mšicemi dáme na světlo; používáme zářivky, 100 W/m$^2$. Během kultivace musejí být kultury se mšicemi v klidu. Ty totiž reagují na otřesy a jiné podněty pádem z rostliny, což narušuje jejich vývoj. Teplotu udržujeme stále kolem 20 °C. Při vyšší teplotě rostou mšice rychleji, ale brzy vyčerpají rostliny, při teplotě vyšší než 25 °C už hynou.

Po 9–10 dnech sklízíme mšice z rostlin právě sklepáváním na hladký tác. Za tuto dobu se mšice rozmnoží asi na pětinásobek nasazeného množství (inokula). Perioda 9–10 dní pro růst rostlin i mšic umožňuje v laboratoři zavést cyklus zahrnující sázení, infestaci a sklepávání v pondělí, ve středu a v pátek. Zbylé dny v týdnu krmíme slunéčka mšicemi uchovanými v chladničce při 5 °C v otevřené sklenici, jejíž ústí je natřeno fluonem (disperzí polytetrafluoretylenu), kterýžto nátěr velmi klouže.

K založení chovu není vhodné použít kyjatku hrachovou nasmýkanou na poli, např. na jeteli nebo na vojtěšce. Jednotlivé kmeny jsou jednak zvyklé na jiné živné rostliny, jednak je populace mšic zamořená parazitoidy, které bychom si do chovu zavlekli. K přímému krmení jí použít lze.

# 6 Regulace slunéčka východního

Zbavit se zcela slunéčka východního v zemích postižených invazí, jako je Česká republika, je vyloučeno. Musíme se naučit žít se slunéčkem východním tak, abychom maximalizovali užitek z jeho přítomnosti v lesních a polních společenstvech a minimalizovali škody jím působené. Pouze lokálně a dočasně můžeme populaci slunéčka omezit.

Vnikání slunéček do bytů během podzimní migrace můžeme zamezit pečlivým zavíráním oken během dne, i když je v té době hezké počasí, které láká obyvatele k otevření oken a větrání. Slunéčka prolezou štěrbinami asi od 2 mm, je tedy třeba mít okna dobře těsnící a zavírat je úplně. Další metody, jak zabránit slunéčkům ve vniknutí do místností, jsou popsány níže.

Slunéčka již vniklá do bytu co nejdříve posbíráme a odstraníme, jinak ve skrýších zanechají agregační feromon (viz Návnady), který bude lákat další jedince. Dlouho zimující slunéčka pak mají tendenci kousat a uhynulá slunéčka uvolňují alergenní prach. Odstraňujeme je mechanicky – smetáčkem, lžičkou nebo vysavačem – i když vysavač bude po rozsáhlejším lovu uvnitř potřísněn páchnoucí hemolymfou. Nasbíraná slunéčka můžeme v neprodyšné nádobě zchladit v chladničce a později odnést do přírody, můžeme je zničit zmrazením v mrazáku při teplotě nižší než –20 °C. Pokud ponecháme slunéčka nějakou dobu zavřená v nádobě spolu s kusem bavlněné tkaniny, můžeme pak samotnou tkaninu s obsahem agregačního feromonu použít na lákání dalších slunéček. Chceme-li naopak lákání už položenými feromony zabránit, musíme je odstranit omytím předmětů (například dřevěného obložení místností) horkou vodou se saponátem, případně je překrýt (na omítce běžnou barvou).

Mechanické metody ochrany před slunéčky zmiňované v přehledné práci britských a švýcarských kolegů[109] zahrnují zabránění vniknutí brouků do budov prostřednictvím zjištění všech možných cest vniknutí do budovy, utěsnění oken a štěrbin gumovým okenním těsněním, přehozením sítí proti hmyzu přes okna a větrací otvory. Pro odstranění brouků z interiéru doporučují smetáček a lopatku anebo vysavač, ten ovšem s punčochou v nástavci, aby slunéčka nevnikala až do hloubi přístroje a neznečišťovala jej.[110]

## *6.1 Pasti*

Pokud potřebujeme slunéčka odchytit a zlikvidovat, můžeme použít celou řadu pastí a lapačů, žádný však není příliš specifický a účinný. Slunéčka v omezeném počtu naletují v noci na světlo, převážně mají denní aktivitu.

Neexistuje žádný feromon, který by slunéčka lákal na velkou vzdálenost, jako je tomu u různých druhů motýlů, kůrovců apod. Jedině štěrbinový lapač nalétávajícího hmyzu využívá specifického chování slunéček v době podzimní migrace a za jistých okolností může být dostatečně účinný a chycený hmyz neusmrcuje. V určitých podmínkách může mít podobný efekt Malaiseho past, obyčejně však není dostatečně velká.

### 6.1.1 Lepové pásy

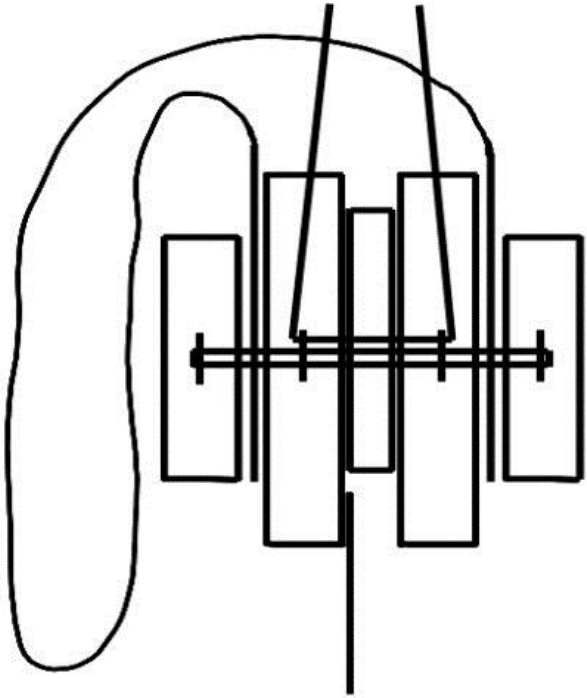
Lepové pásy nebo desky se používají k destruktivnímu odchytu hmyzu, který je lákán buď barvou desky (obvykle žlutou, např. proti vrtuli třešňové) nebo druhově specifickým feromonem, zejména u drobných druhů motýlů. Slunéčka na takové stimuly reagují slabě, lepové pásy nebo desky je budou lapat pouze pasivně, pokud je umístíme na místa, kudy slunéčka lezou. Chycená slunéčka vylučují kapky obranné tekutiny, čímž znehodnocují lepovou vrstvu v bezprostředním okolí. Pásy a desky s mrtvými slunéčky musíme odstranit, aby nedocházelo k uvolňování alergizujícího prachu (viz Alergické reakce). Na krátkou vzdálenost by pravděpodobně šlo slunéčka přilákat na lepovou past tricosanem (viz Návnady).

### 6.1.2 Štěrbinový lapač nalétávajícího hmyzu

Při podzimní migraci na zimoviště se slunéčko východní orientuje především zrakem a vyhledává výrazné vyvýšené objekty, jako budovy, a po přistání na nich vyhledává štěrbiny, ve kterých se usadí. Ačkoli se mělo za to, že slunéčko dává přednost světlým plochám, v experimentech v Americe se jako nejpřitažlivější ukázaly kontrastní plochy, například široké svislé černé a bílé pruhy.[111] Po příletu na vybraný objekt lezou slunéčka vzhůru a zalézají do štěrbin, obvykle do pootevřených oken. Těchto zvyků jsme využili a navrhli štěrbinový lapač nalétávajícího hmyzu (Obrázek 30), který je zaregistrován jako užitný vzor u Úřadu průmyslového vlastnictví.[112]

Štěrbinový lapač se skládá ze štěrbiny o tloušťce několika milimetrů uzavřené mezi prkny, z plachty, na kterou hmyz naletuje, a z pytle, do kterého hmyz zalézá. Prkna tvořící štěrbinu jsou zavěšena před budovu, která se má ochránit před podzimním náletem slunéčka, nebo na libovolné nápadné místo, kudy migrující slunéčka létají. Plachta visící pod prkny vizuálně láká hmyz, zejména je-li výrazně světlá (případně s reflexními nášivkami) anebo černobíle pruhovaná. Slunéčka po plachtě vystoupají až ke štěrbině, zalezou do ní a

vlezou do pytle, ve kterém se potom mohou zničit, odvézt na vhodné místo nebo skladovat přes zimu pro další použití. Štěrbinový lapač nepoužívá k lákání hmyzu žádné chemické látky.



**Obrázek 30: Příklad uspořádání součástí štěrbinového lapače nalétávajícího hmyzu, pohled z boku: dvě velké desky uzavírají štěrbinu, jsou od sebe drženy malými destičkami překližky; na zadní desce je připevněna plachta; kolem štěrbiny je navlečen pytel, zvenku je přitisknut latěmi, ty jsou k sobě tisknuty smyčkou z gumy; hlavní desky jsou zavěšeny na lanku. Modifikováno podle: Užitný vzor 25484.**

## *6.2 Insekticidy*

K likvidaci slunéčka východního nejsou doporučeny žádné zvláštní druhy insekticidů, na vegetaci i v domácnostech lze použít běžně používané povolené prostředky. V domácnostech můžeme ošetřit omítku kolem rámů oken zvenku i uvnitř místností postřikem běžnými neprofesionálními insekticidy proti lezoucímu hmyzu preventivně krátce před podzimní migrací, kdy se počítá

s vnikáním sluněček okny do bytu. Postřik slunéčka neodpudí, pouze se přiotráví přelézáním přes pruh ošetřené zdi, což nemusí znamenat dostatečně silnou dávku k zabití sluněček. Otrávená slunéčka zalezou normálně do skrýší jako zdravá a až po čase uhynou. Mrtvá tělíčka ve skrýši se pak rozpadají a mohou přispívat k alergennímu působení domácího prachu (viz Alergické reakce).

Také můžeme použít postřik na již usazená slunéčka ve skrýších, s rychlejším a silnějším účinkem, ale se stejnou potřebou mrtvolky dodatečně odstranit. Proto je v mnohých případech vůbec zbytečné chemické prostředky likvidace sluněček používat a je lepší rovnou přikročit k jejich mechanickému odstranění.

Methanthiosulfonát zkoušený v USA ireverzibilně inhibuje acetylcholinesterázu různého hmyzu včetně sluněček při koncentracích 1–10 μM.[113] Systemické neonikotinoidy jako clothianidin a thiamethoxam používané proti mšicím se do organismu sluněček mohou dostat při okusování rostlin,[114] ale jinak se ukázaly jako bezpečné, šetřící přirozené nepřátele mšic, narozdíl od insekticidů aplikovaných přímo na list, zejména lambda-cyhalothrinu.[115] Použití některých neonikotionoidů, včetně účinných látek clothianidin a thiamethoxam je ovšem od 1. 12. 2013 na 2 roky vyloučeno v ČR z ochrany vybraných druhů rostlin včetně ovocných dřevin a zelenin proti živočišným škůdcům. Většina testovaných insekticidů byla účinnější proti larvám než proti dospělým broukům.[116] Pro použití na omítku domů jsou doporučované syntetické pyrethroidy (bifenthrin, cyfluthrin (účinná látka je v EU zakázána pro použití v ochraně rostlin), cypermethrin, deltamethrin).[117],[118] Na vinnou révu se v Americe mohou aplikovat Malathion 85 E (malathion) a Ripcord 400 EC (cypermethrin), s tří- respektive sedmidenní ochrannou lhůtou.[119] nebo carbaryl (účinná látka je v EU zakázána pro použití v ochraně rostlin) a imidacloprid se sedmidenní ochrannou lhůtou.[120]

Etofenprox a acetamiprid byly silně toxické pro všechna vývojová stadia i dospělce slunéčka východního v dávkách doporučovaných pro regulaci mšic (200 mg AI[†]/L a 40 mg AI/L). Thiamethoxam působil knockdown efekt larev i dospělých, ale většina jedinců se z komatu probrala během 24 hodin. Imidacloprid, jehož doporučená dávka je 50 mg AI/L, vykazoval letální koncentraci 30 a 190 mg AI/L pro 3. a 4. instar. Abamectin byl velmi toxický

[†] AI = active ingredience = účinná látka. Jde o koncentrace v miligramech účinné látky na litr.

pro všechna stadia v dávkách 18 mg AI/L. Různé akaricidy byly bezpečné v doporučovaných dávkách pro všechna stádia kromě vajíček. Fungicid pyrazophos (účinná látka je v EU zakázána pro použití v ochraně rostlin) byl silně toxický pro vajíčka a larvy v koncentracích menších než doporučovaných k aplikaci, jiné fungicidy byly bezpečné i v koncentraci 1000 mg AI/L. První a druhý larvální instar byly citlivé k většině insecticidů a akaricidů.[121]

## 6.3 Repelenty

Terpenoidy získané z oleje šanty kočičí (*Nepeta cataria*) a ze semen grapefruitu (*Citrus paradisi*) působí na slunéčko po krátkou dobu odpudivě v laboratorních pokusech.[122] Kafr a mentol aplikovaný na budovy v době nalétávání slunéček na zimoviště odpuzoval slunéčka východní nejvýše po dobu 48 h.[123] Repelent DEET (N,N-diethyl3-methylbenzamid) používaný proti komárům odpuzoval slunéčka v laboratorních pokusech až po dobu několika týdnů.[124]

Jednoduchým repelentem, který byl navržen k odpuzování slunéček z vinné révy v Severní Americe, je oxid siřičitý, aplikovaný na porosty ve formě disiřičitanu draselného nebo sodného, z kterých se oxid samovolně uvolňuje. Disiřičitan je používán jako antioxidant a chemický sterilant, který se přidává do vína a moštu (E224). Zkoušená koncentrace 5 g/l postřiku na hrozny dva týdny až jeden den před sklizní snížila množství slunéček na hroznech a přitom se neprojevila ve výsledném moštu.[125] K aplikaci na vinnou révu není třeba registrace tohoto přípravku, protože pro ošetření vína je v EU povolen.[126] Navrhujeme aplikovat roztok disiřičitanu také na omítku kolem oken budov, které mají být ochráněny před podzimním vnikáním slunéček a jiných druhů hmyzu zimujících v budovách.

## 6.4 Návnady

Na krátkou vzdálenost na napadená místa v polní kultuře jsou slunéčka mimo jiné lákána kairomony z medovice vylučované mšicemi. Nejúčinnějšími látkami z medovice mšice kyjatky vikvové (*Megoura viciae*) byly 3-hydroxy-2-butanon, 3-methyl-butanal, 3-methyl-1-butanol a limonen. Samotný limonen je účinnější než vlastní medovice a může být použit pro lokální řízení disperze slunéček, třeba pro jejich delší setrvání v zahradních kulturách vysoce ekonomicky významné plodiny, ale třeba i k jejich koncentrování na malé ploše kvůli následné mechanické nebo chemické likvidaci.[127] Předpokládáme,

že v období podzimní migrace není slunéčko východní na tuto látku citlivé a nepůjde ji využít k nalákání mimo napadané budovy.

Jedna z látek původně identifikovaná jako součást samičího agregačního feromonu, [-]-beta-caryophyllen,[128] později neprokázala účinnost ani v našich vlastních pokusech s lapači rozmístěnými na budovách, ani v olfaktometrických pokusech prováděných v Belgii. Látky obsažené v mšičím pohlavním feromonu a v poplašném feromonu (Z,E-nepetalakton, [E]-beta-farnesen, α-pinene a β-pinene) lákaly slunéčka v olfaktometru. Extrakt z kopřivy samotný a jeho složka (Z)-3-hexenol lákaly obě pohlaví, (E)-2-hexenal pouze samce slunéčka východního. Schopnost nepetalaktonu lákat slunéčka byla ověřena i v polním pokusu. [129] U těchto látek opět předpokládáme, že budou pro slunéčka atraktivní pouze během rozmnožovací sezóny a ne při podzimní migraci. Nejdostupnější látkou, která je atraktantem pro mnoho druhů slunéček i jiného hmyzu, je roztok cukru.[130]

Agregační feromony slunéčka východního jsou dlouhořetězcové uhlovodíky, saturované i nesaturované, které se za pokojové teploty nevypařují a nepůsobí tedy na dálku a které vydrží dlouhou dobu na místě agregace. Tam, kde agregace slunéček pobývala jednu sezónu týdny až měsíce, je dostatek stabilního feromonu, aby vydržel do další sezóny a lákal jedince příští rok na stejné místo. Toho lze využít, pokud větší počet jedinců (desítky) uzavřeme na nějaký čas (týdny) do nádoby s tkaninou, např. bavlněnou, na kterou se femomon zachytí. Komerčně není feromon dostupný. Slunéčka vylučují dvě mírně odlišné směsi feromonů, jednu stopovací (hlavní složky: 9-heptakosen, 9-pentakosen, tricosan), kterou jedinci zanechávají na podkladu při chůzi a která může přivést další jedince na často vybírané místo, druhou agregační (hlavní složky: trikosan, pentakosan), která drží slunéčka ve skupině při sobě.[131]

## 6.5 Přirození nepřátelé

Predace slunéček hmyzožravými ptáky je poměrně vzácná.[132],[133] Narozdíl od sýkory koňadry, která se slunéčkům vyhýbá, vrabec polní je bez problémů požírá. Jiná slunéčka jsou obvykle slabí predátoři proti slunéčku východnímu. [134] Mírnou redukci může působit dravá ploštice *Podisus maculiventris*.[135] Ani role pavouků[136] a mravenců[137] při snížení početnosti slunéček nebude nikdy významná.

### 6.5.1 Mikroorganismy

Hmyzomorky (Microsporidia) izolované z amerického slunéčka *Hippodamia convergens* a přenesené na další druhy slunéček snižovaly rychlost vývoje larev, avšak nezvyšovaly mortalitu ani u jednoho pohlaví. Neprojevily se ani rozdíly v plodnosti a délce života dospělých slunéček. Parazit se 100% přenášel vajíčky do další generace. Ve slunéčku dvoutečném byly zároveň nalezeny tři druhy hromadinek (Gregarinia).[138]

Kmen entomopatogenní houby *Beauveria bassiana* isolovaný ze slunéčka *Olla v-nigrum* nebyl účinný na slunéčko východní v Americe.[139] Podobně bylo slunéčko východní odolné vůči tomuto patogenu v Evropě, pouze plodnost samic se snížila.[140] Houba *Metarhizium anisopliae* také není proti slunéčku účinná. [141] Parazitická houba *Hesperomyces virescens* je u slunéčka východního běžná, přenáší se mechanicky při páření[142] a v těsných agregacích na zimovišti.[143] Zdá se, že nepůsobí slunéčkům žádné potíže.

Bakterie rodu *Spiroplasma* zabíjí selektivně samčí embrya, celkově však na populaci slunéček nemá významný negativní vliv. Mladé samičí larvy totiž krátce po vylíhnutí sežerou nevyvinutá vajíčka z téže snůšky a získají tím výhodu oproti drobným hladovým larvičkám z jiných snůšek.[144]

### 6.5.2 Hlístice

Mezi parazitickými živočichy napadajícími slunéčko východní převažuje hlístice *Parasitylenchus bifurcatus* (Tylenchida: Allantonematidae)[145]. Až 35 % jedinců volně žijící populace v Dánsku bylo napadeno touto hlísticí během celého roku. Protože parazitace má za následek vyčerpání tukových zásob a částečnou atrofii pohlavních orgánů, může rozšíření hlístice mírně snižovat početnost slunéčka. Zatím nedokážeme parazitickou hlístici uměle chovat a aplikovat na slunéčka v přírodě. Stačí však přidávat nakažená slunéčka k přezimujícím agregacím, kde by se nákaza měla samovolně šířit. Ve společné nádobě v laboratoři se totiž za 30 dní zvýšil podíl napadených až na 60 %. Pokud chováme nebo přechováváme slunéčko východní za účelem jeho použití v biologické ochraně rostlin, je z důvodu zabránění šíření nákazy (nejen hlísticí) vhodné rozdělit slunéčka do mnoha malých nádobek.

Použití entomopatogenních hlístovek *Heterorhabditis bacteriophora* a *Steinernema carpocapsae* proti larvám brouků a housenkám motýlů v polních podmínkách vedlo jen k malému napadení jak původních, tak invazních druhů slunéček. Exotické druhy slunéček (hlavně slunéčko východní, méně slunéčko

sedmitečné – studie probíhala v Americe) byly dokonce ještě méně citlivé k napadení než původní druhy.[146]

### 6.5.3 Parazitoidi a parazité

Na slunéčka je specializovaných i několik skupin parazitoidů. Kuklice *Strongygaster triangulifera* byla nalezena v Severní Karolíně asi u 3 % dospělých slunéček východních.[147] V Oregonu bylo parazitováno 10 % jedinců.[148] Kuklice *Medina* (=*Degeeria*) *separata* je častý parazitoid v Koreji, vyskytujíc se u 1–20 % jedinců slunéčka východního. Slunéčka napadená kuklicí nehynou, ale nerozmnožují se.[149] Hrbilky z rodu *Phalacrotophora* napadají larvy a kukly slunéček, v jednom jedinci se vyvine několik parazitoidů a hostitel hyne. Hrbilky jsou občasnými parazitoidy slunéčka východního v jeho původním areálu[150],[151] i v Evropě, ale opět nejsou druhově specifické.

V celé holartické biogeografické oblasti napadá různé druhy slunéček lumčík *Dinocampus coccinellae*. Do slunéčka východního klade vajíčka stejně jako do jiných druhů, ale asi jen v 7 % jedinců se vyvíjí larva.[152] Dospělý lumčík se vylíhne vzácně; častěji jen pokud bylo vajíčko nakladeno již do larvy slunéčka.[153] Lumčíci z původního areálu rozšíření slunéčka východního jsou v parazitaci dospělých slunéček úspěšnější.[154] Nikdo však nedoporučuje jejich vysazování v místech, kde se slunéčko východní stalo invazním, protože by mohli mít ještě vážnější vliv na původní druhy slunéček.

Parazitický roztoč *Coccipolipus hippodamiae* se přenáší mezi slunéčky při kopulaci a při těsném dotyku na zimovištích. Proto, ačkoli není druhově specifický, bude se přenášet téměř výhradně v rámci jednoho druhu. V Evropě bylo doposud nejvíce napadeno slunéčko dvoutečné, *Adalia bipunctata*[155]. Roztoči žijí zakousnutí na spodní straně krovek, proto napadená slunéčka nejsou na první pohled rozpoznatelná.[156] Parazit snižuje fertilitu samic[157] a délku života obou pohlaví.[158] Tento roztoč je dobrým kandidátem pro potlačení slunéčka východního, protože to se vyznačuje překrývajícími se generacemi, vysokou pohlavní promiskuitou[159] a vychýleným poměrem pohlaví.[160] Zatím není ověřeno, zda roztoč bude mít na slunéčko východní dostatečně negativní vliv. Pokud ano, lze uvažovat o vypouštění uměle nakažených slunéček do přírody.[161]

## III. Srovnání novosti postupů

Slunéčko východní (*Harmonia axyridis*) je nový druh pro Českou republiku a vůbec pro Evropu šířící se posledních několik málo let. Proto je většina poznatků a doporučení nová, alespoň v České republice. Popis jeho vzhledu k rozpoznání od jiných druhů je v této metodice poprvé mimo Asii uvedeno v plné šíři včetně širokého spektra barevných forem.

Vývojové parametry závislé na teplotě byly z literatury známy, ale v našem projektu jsme poprvé popsali dědičnou složku variability funkčních odpovědí slunéčka. Vliv vlhkosti a velikosti prostoru jsou novými originálními poznatky.

Popis případů užitečnosti a doporučení k jeho plnému využití je částečně potvrzením zahraničních zkušeností, částečně novými poznatky. Pozitivní i negativní lékařské aspekty jsou převzaty ze zahraniční literatury. Dopady na vinařství jsou převzaty ze zahraniční literatury, doporučená kombinovaná „push-pull" strategie regulace je naše originální.

Popis škodlivosti slunéčka v domácnostech je shrnutím zpráv, které jsme shromažďovali od veřejnosti a doporučení, které jsme v rámci poradenské činnosti prováděli. Vliv slunéčka na druhovou rozmanitost je popsán hlavně podle společného výzkumu se zahraničními kolegy. Sběr a chov slunéček popisujeme podle vlastních zkušeností, i když některé částečné metody byly už použity i v České republice.

Doporučení pro regulaci slunéčka kombinují roztříštěné poznatky ze zahraničí a vlastní výzkumy, které vedly k sestrojení originálního štěrbinového lapače hmyzu, který byl samostatně zaregistrován jako užitný vzor.

## IV. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika „Slunéčko východní (*Harmonia axyridis*) – pomocník v biologické ochraně nebo ohrožení biodiverzity?" je určena široké veřejnosti pro předcházení škod na majetku, zdraví a osobní pohodě; lékařům a desinsekčním firmám, které částečně toto předcházení škod obyvatel mohou zprostředkovat; dále zemědělské praxi a poradenským firmám v zemědělství, zejména ovocnářství a vinařství, jak pro využití slunéčka k biologické ochraně rostlin proti škůdcům, tak pro předcházení škodám, které by mohly vzniknout přemnožením slunéčka; nakonec pak orgánům ochrany přírody pro posouzení změn druhové rozmanitosti.

Výsledky řešení byly publikovány na mnoha konferencích, seminářích a formou článků v odborných a recenzovaných časopisech v tuzemsku i zahraničí.

## V. Ekonomické aspekty

Ochrana osobní pohody a zdraví obyvatel, které bude každoročně zejména v době podzimní migrace vystaveno útokům slunéček skoro na celém území republiky je těžko

ekonomicky vyčíslitelná, přitom značného rozsahu. Vzhledem k rozšíření a početnosti slunéček a s ohledem na hlášení od občanů, která jsme během řešení projektu přijali, bude se počet domácností, kanceláří a jiných pracovišť čelících náletu slunéček každoročně pohybovat okolo 10 000. Protože naše metodika je od roku 2013 zdarma ke stažení na internetu (na serveru zoo.prf.jcu.cz; v omezeném nákladu také tištěná, bezplatně poskytovaná zájemcům), ušetří se asi milion korun za informační kampaň, kdyby byla vedena formou prodávané knihy. Pokud se v každé domácnosti ušetří na chemických prostředcích pro likvidaci hmyzu stokoruna a další stokoruna na škodách, které by vznikly potřísněním zařízení bytu jedovatou alergenní hemolymfou, může metodika občanům ušetřit dva miliony korun. Alternativně jednu stokorunu vydělá poučená dezinsekční firma, takže úspora bude jeden a zisk ekonomiky druhý milion.

Asi desetina občanů vystavených většímu počtu slunéček může získat alergickou citlivost. Pokud by se hodnota léků a snížené pracovní schopnosti pohybovala kolem tisíce korun za rok, může případná úspora činit další milion korun.

Aktivita slunéček v ovocnářské praxi má další vysokou hodnotu, podle objemu výroby ovoce (130 tisíc tun) a škod způsobených savým hmyzem (5 %) kolem 60 milionů korun, ale tato aktivita z velké části přichází jaksi sama, jen asi z desetiny je třeba ji regulovat, což by znamenalo přínos kolem šesti milionů korun.

Při objemu výroby vína v ČR půl milionu hektolitrů ročně by poškození pouhého procenta produkce obrannými chemickými látkami slunéček a snížení ceny této části o 10 % znamenalo škodu vinařského průmyslu, které lze aplikováním předložené metodiky předejít, dalších pět milionů korun.

Za ideálních podmínek tedy aplikace předložené metodiky může mít ekonomický efekt kolem 15 milionů korun, nehledě na neměřitelné hodnoty v oblasti ochrany přírody a v oblasti lidského vědění.

# 7 Seznam literatury

Tučně jsou vyznačeni autoři, kteří se podíleli na řešení projektu QH82047, jde tedy o publikace, které předcházely metodice.


[1] Brown PMJ, Adriaens T, Bathon H, Cuppen J, Goldarazena A, Hagg T, Kenis M, Klausnitzer BEM, Kovar I, Loomans AJM, Majerus MEN, **Nedved O**, Pedersen J, Rabitsch W, Roy HE, Ternois V, Zakharov IA, Roy DB, 2008: Harmonia axyridis in Europe: spread and distribution of a non-native coccinellid. Biocontrol 53: 5–21.

[2] Lombaert E, Guillemaud T, Thomas CE, Handley LJL, Li J, Wang S, Pang H, Goryacheva I, Zakharov IA, Jousselin E, Poland RL, Migeon A, van Lenteren J, De Clercq P, Berkvens N, Jones W, Estoup A, 2011: Inferring the origin of populations introduced from a genetically structured native range by approximate Bayesian computation: case study of the invasive ladybird Harmonia axyridis. MOLECULAR ECOLOGY 20: 4654-4670.

[3] Poutsma J, Loomans AJM, Aukema B, Heijerman T, 2008: Predicting the potential geographical distribution of the harlequin ladybird, Harmonia axyridis, using the CLIMEX model. BIOCONTROL 53: 103-125.

[4] Bidinger K, Lotters S, Rodder D, Veith M, 2012: Species distribution models for the alien invasive Asian Harlequin ladybird (Harmonia axyridis). JOURNAL OF APPLIED ENTOMOLOGY 136: 109-123.

[5] Osawa N, 2011: Ecology of Harmonia axyridis in natural habitats within its native range. BIOCONTROL 56: 613-621.

[6] Iablokoff-Khnzorian, S.M., 1982. Les Coccinelles Coléoptères-Coccinellidae Tribu Coccinellini des regions Palearctique et Orientale. Boubée, Paris. 568 pp.

[7] Gordon RD (1985) The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. J NY Entomol Soc 93:1–912.

[8] Chapin JB, Brou VA (1991) Harmonia axyridis (Pallas), the 3rd species of the genus to be found in the United States (Coleoptera, Coccinellidae). Proc Entomol Soc Wash 93:630–635.

[9] Brown PMJ, Thomas CE, Lombaert E, Jeffries DL, Estoup A, Handley LJL, 2011: The global spread of Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae): distribution, dispersal and routes of invasion. BIOCONTROL 56: 623-641.

[10] Lombaert E, Guillemaud T, Cornuet JM, Malausa T, Facon B, Estoup A, 2010: Bridgehead Effect in the Worldwide Invasion of the Biocontrol Harlequin Ladybird. PLOS ONE 5: e9743.

[11] Sloggett JJ, 2012: Harmonia axyridis invasions: Deducing evolutionary causes and consequences. ENTOMOLOGICAL SCIENCE 15: 261-273.

[12] Tayeh A, Estoup A, Laugier G, Loiseau A, Turgeon J, Toepfer S, Facon B, 2012: Evolution in biocontrol strains: insight from the harlequin ladybird Harmonia axyridis. EVOLUTIONARY APPLICATIONS 5: 481-488.

[13] Facon B, Crespin L, Loiseau A, Lombaert E, Magro A, Estoup A, 2011: Can things get worse when an invasive species hybridizes? The harlequin ladybird Harmonia axyridis in France as a case study. EVOLUTIONARY APPLICATIONS 4: 71-88.

[14] Turgeon J, Tayeh A, Facon B, Lombaert E, De Clercq P, Berkvens N, Lundgren JG, Estoup A, 2011: Experimental evidence for the phenotypic impact of admixture

between wild and biocontrol Asian ladybird (Harmonia axyridis) involved in the European invasion. JOURNAL OF EVOLUTIONARY BIOLOGY 24: 1044-1052.

[15] Špryňar P, 2008: Faunistic records from the Czech Republic – 252. Coleoptera: Coccinellidae. Klapalekiana 44: 77–79.

[16] **Nedvěd O**., 2009: Spread and distribution of a non-native coccinellid Harmonia axyridis in Europe. In: Soldán T, Papáček M, Boháč J (Eds) Communications and abstracts, SIEEC 21. University of South Bohemia, České Budějovice, 64-65.

[17] **Nedvěd O**., 2008: Mapa rozšíření Harmonia axyridis v České republice. In: Zicha O. (ed.) Biological Library – BioLib. Citováno 20.10.2008. Dostupné na: <http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id164/>

[19] Barševskis A. 2009. Multicoloured Asian lady beetle (Harmonia axyridis (Pallas, 1773)) (Coleoptera: Coccinellidae) for the first time in the fauna of Latvia. Baltic J. Coleopterol., 9 (2): 135–138.

[20] Kontodimas DC, Stathas GJ, Martinou AF, 2008: The aphidophagous predator Harmonia axyridis (Coleoptera : Coccinellidae) in Greece, 1994-1999. EUROPEAN JOURNAL OF ENTOMOLOGY 105: 541-544.

[21] Ukrainsky AS, Orlova-Bienkowskaja Mja, 2014: Expansion of Harmonia axyridis Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) to European Russia and adjacent regions. Biological Invasions 16 1003–1008.

[22] **Nedvěd O**., 2013: Mapa rozšíření Harmonia axyridis v České republice. In: Zicha O. (ed.) Biological Library – BioLib. Citováno 20.01.2013. Dostupné na: <http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id164/>

[23] Belyakova NA, 2012: Polymorphism of the lady beetle (Harmonia axyridis, Coleoptera, Coccinellidae) in the Baikal population. Zoologichesky Zhurnal 91: 961-966.

[24] Tan CC, 1946: Mosaic dominance in the inheritance of color patterns in the lady-bird beetle, Harmonia axyridis. Genetics 31: 195–210.

[25] Michie LJ, Mallard F, Majerus MEN, Jiggins FM, 2010: Melanic through nature or nurture: genetic polymorphism and phenotypic plasticity in Harmonia axyridis. JOURNAL OF EVOLUTIONARY BIOLOGY 23: 1699-1707.

[26] Kogel S, Eben A, Hoffmann C, Gross J, 2012: Influence of Diet on Fecundity, Immune Defense and Content of 2-Isopropyl-3-Methoxypyrazine in Harmonia axyridis Pallas. JOURNAL OF CHEMICAL ECOLOGY 38: 854-864.

[27] Krengel S, Stangl GI, Brandsch C, Freier B, Klose T, Moll E, Kiowsi A, 2012: A Comparative Study on Effects of Normal Versus Elevated Temperatures During Preimaginal and Young Adult Period on Body Weight and Fat Body Content of Mature Coccinella septempunctata and Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae). ENVIRONMENTAL ENTOMOLOGY 41: 676-687.

[29] **Nedvěd O**., **Fois X**., **Ungerová D**., 2013: Family effect in body mass and developmental time of Harmonia axyridis. IOBC Bulletin 60: 94: 97–99.

[32] **Nedvěd O**, **Kalushkov P**, 2012: Effect of air humidity on sex ratio and development of ladybird Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae). Psyche 2012: article ID 173482, 5 pages, doi:10.1155/2012/173482.

[33] Spellman B, Brown MW, Mathews CR, 2006: Effect of floral and extrafloral resources on predation of Aphis spiraecola by Harmonia axyridis on apple. BIOCONTROL 51: 715-724.

[34] Kinawy MM, Al-Waili HM, Almandhari AM, : Review of the Successful Classical Biological Control Programs in Sultanate of Oman. EGYPTIAN JOURNAL OF BIOLOGICAL PEST CONTROL 18: 1-10.

[35] Stuart RJ, Michaud JP, Olsen L, McCoy CW, 2002: Lady beetles as potential predators of the root weevil Diaprepes abbreviatus (Coleoptera : Curculionidae) in Florida citrus. FLORIDA ENTOMOLOGIST 85: 409-416.

[36] Zhang YF, Xie YP, Xue JL, Yang XG, Gong S, 2012: Response of a predatory insect, Chrysopa sinica, toward the volatiles of persimmon trees infested with the herbivore, Japanese wax scale. Acta Oecologica, Article ID653869, 1–6.

[37] Xie YP, Xue JL, Tang XY, Zhao SL, 2004: The bunge prickly-ash tree damaged by a mealybug, Phenacoccus azaleae attracting the ladybug, Harmonia axyridis. Scientia Silvae Sinicae 40: 116–122.

[38] Snyder WE, Ballard SN, Yang S, Clevenger GM, Miller TD, Ahn JJ, Hatten TD, Berryman AA, 2004: Complementary biocontrol of aphids by the ladybird beetle Harmonia axyridis and the parasitoid Aphelinus asychis on greenhouse roses. BIOLOGICAL CONTROL 30: 229-235.

[39] Adachi-Hagimori T, Shibao M, Tanaka H, Seko T, Miura K, 2011: Control of Myzus persicae and Lipaphis erysimi (Hemiptera: Aphididae) by adults and larvae of a flightless strain of Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae) on non-heading Brassica cultivars in the greenhouse. BIOCONTROL 56: 207-213.

[40] Ferran A, Giuge L, Tourniaire R, Gambier J, Fournier D, 1998: An artificial non-flying mutation to improve the efficiency of the ladybird Harmonia axyridis in biological control of aphids. BIOCONTROL 43: 53-64.

[41] Seko T, Miura K, 2009: Effects of artificial selection for reduced flight ability on survival rate and fecundity of Harmonia axyridis (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). APPLIED ENTOMOLOGY AND ZOOLOGY 44: 587-594.

[42] Gil L, Ferran A, Gambier J, Pichat S, Boll R, Salles M, 2004: Dispersion of flightless adults of the Asian lady beetle, Harmonia axyridis, in greenhouses containing cucumbers infested with the aphid Aphis gossypii: effect of the presence of conspecific larvae. ENTOMOLOGIA EXPERIMENTALIS ET APPLICATA 112: 1-6.

[43] Kuroda T, Miura K, 2003: Comparison of the effectiveness of two methods for releasing Harmonia axyridis (Pallas) (Coleoptera : Coccinellidae) against Aphis gossypii Glover (Homoptera : Aphididae) on cucumbers in a greenhouse. APPLIED ENTOMOLOGY AND ZOOLOGY 38: 271-274.

[44] LaRock DR, Mirdad Z, Ellington JJ, Carrillo T, Southward M, 2003: Control of green peach aphids Myzus persicae (Homoptera : Aphididae) with lady beetles Harmonia axyridis on Chile Capsicum annum (Coleoptera : Coccinellidae) in the greenhouse. SOUTHWESTERN ENTOMOLOGIST 28: 249-253.

[45] Gardiner MM, Landis DA, Gratton C, Schmidt N, O'Neal M, Mueller E, Chacon J, Heimpel GE, DiFonzo CD, 2009: Landscape composition influences patterns of native and exotic lady beetle abundance. DIVERSITY AND DISTRIBUTIONS 15: 554-564.

[46] Jansen JP, Hautier L, 2008: Ladybird population dynamics in potato: comparison of native species with an invasive species, Harmonia axyridis. BIOCONTROL 53: 223-233.

[47] Yoon C, Seo DK, Yang JO, Kang SH, Kim GH, 2010: Attraction of the predator, Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae), to its prey, Myzus persicae (Hemiptera: Aphididae), feeding on Chinese cabbage. JOURNAL OF ASIA-PACIFIC ENTOMOLOGY 13: 255-260.

[48] Dutra CC, Koch RL, Burkness EC, Meissle M, Romeis J, Hutchison WD, Fernandes MG, 2012: Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae) Exhibits Preference between Bt and Non-Bt Maize Fed Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae). PLOS ONE 7: e44867.

[49] Stephens EJ, Losey JE, Allee LL, DiTommaso A, Bodner C, Breyre A, 1 20: The impact of Cry3Bb Bt-maize on two guilds of beneficial beetles. AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT 156: 72-81.

[50] Kula E, **Nedved O**, 2011: Chilocorus renipustulatus (Coleoptera: Coccinellidae) dominates predatory ladybird assemblages on Sorbus aucuparia (Rosales: Rosaceae). EUROPEAN JOURNAL OF ENTOMOLOGY 108: 603-608.

[51] Butin EE, Havill NP, Elkinton JS, Montgomery ME, 2004: Feeding preference of three lady beetle predators of the hemlock woolly adelgid (Homoptera : Adelgidae). JOURNAL OF ECONOMIC ENTOMOLOGY 97: 1635-1641.

[52] Rohrich CR, Ngwa CJ, Wiesner J, Schmidtberg H, Degenkolb T, Kollewe C, Fischer R, Pradel G, Vilcinskas A, 2012: Harmonine, a defence compound from the harlequin ladybird, inhibits mycobacterial growth and demonstrates multi-stage antimalarial activity. BIOLOGY LETTERS 8: 308-311.

[54] Vilcinskas A, Mukherjee K, Vogel H, 2013: Expansion of the antimicrobial peptide repertoire in the invasive ladybird Harmonia axyridis. PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY B-BIOLOGICAL SCIENCES 280: 20122113.

[55] Kim IW, Lee JH, Park HY, Kwon YN, Yun EY, Nam SH, Kim SR, Ahn MY, Hwang JS, 2012: Characterization and cDNA Cloning of a Defensin-Like Peptide, Harmoniasin, from Harmonia axyridis. JOURNAL OF MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY 22: 1588-1590.

[56] Koch, R. L., and T. L. Galvan. 2008. Bad side of a good beetle: the North American experience with Harmonia axyridis. BioControl 53: 23–35.

[57] Moser SE, Obrycki JJ, 2009: Non-target effects of neonicotinoid seed treatments; mortality of coccinellid larvae related to zoophytophagy. BIOLOGICAL CONTROL 51: 487-492.

[58] Ker, K. W., and G.J. Pickering. 2005. Biology and control of the novel grapevine pest - The multicolored Asian lady beetle Harmonia axyridis, pp. 991–997. In R. Dris (ed.), Crops: quality, growth and biotechnology. WFL Publisher, Helsinki, Finland.

[59] Pickering, G. J., J. Lin, R. Riesen, A. Reynolds, I. Brindle, and G. Soleas. 2004. Influence of Harmonia axyridis on the sensory properties of white and red wine. Am. J. Enol. Vitic 55: 153–159.

[60] Pickering, G. J., A. Karthik, D. Inglis, M. Sears, and K. Ker. 2007b. Determination of ortho- and retronasal detection thresholds for 2-isopropyl-3-methoxypyrazine in wine. J. Food Sci. 72: 468–472.

[61] Botezatu A, Pickering GJ, 2012: Determination of ortho- and retronasal detection thresholds and odor impact of 2,5-dimethyl-3-methoxypyrazine in wine. Journal of Food Science 77: S394-S398.

[62] Botezatu, A., Pickering GJ, 2010: Ladybug (Coccinellidae) taint in wine. In A. G. Reynolds (ed.), Understanding and managing wine quality and safety. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, United Kingdom.

[63] Pickering GJ, Lin JY, Reynolds A, Soleas G, Riesen R (2006) The evaluation of remedial treatments for wine affected by Harmonia axyridis. Int J Food Sci Technol 41:77–86.

[64] Seko T, Yamashita K, Miura K, 2008: Residence period of a flightless strain of the ladybird beetle Harmonia axyridis Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in open fields. Biol. Control 47: 194–198.

[65] Glemser EJ, Dowling L, Inglis D, Pickering GJ, Mcfadden-Smith W, Sears MK, Hallett RH, 2012: A Novel Method for Controlling Multicolored Asian Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in Vineyards. ENVIRONMENTAL ENTOMOLOGY 41: 1169-1176.

[66] Galvan TL, Burkness EC, Hutchison WD (2006a) Efficacy of selected insecticides for management of the multicolored Asian lady beetle on wine grapes near harvest. Plant Health Prog. doi:10.1094/PHP-2006-1003-01-RS.

[68] Cook, S. M., Z. Khan, and J. Pickett. 2007. The use of pushpull strategies in integrated pest management. Annu. Rev. Entomol. 52: 375–400.

[69] Galvan TL, Burkness EC, Hutchison WD (2006c) Wine grapes in the Midwest: reducing the risk of the multicolored Asian lady beetle. Public. 08232. University of Minnesota Extension Service, St. Paul.

[70] Potter MF, Townsend L (2005) Asian lady beetle invasion of structures. University of Kentucky, College of Agriculture, Department of Agriculture.ENTFACT-416. http://www.ca.uky.edu/entomology/ entfacts/ef416.asp. Cited 20 Aug 2007

[71] McCutcheon, T. W., and H. R. Scott. 2001. Observation of cosmetic damage on a house caused by the multicolored Asian lady beetle, Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae). West Virginia University Extension Service, Morgantown, WV.

[72] Baniecki J, Dabaan ME, Freeborn J, Cheves B, Richmond D (2004) Multicolored Asian ladybird (Harmonia axyridis). West Virginia University extension Service. http://www.wvu.edu/~agexten/ipm /insects/ladybeetle.htm. Cited 20 Aug 2007

[73] Jones CS, Boggs J (2002) Multicolored Asian lady beetle. Ohio State University Extension Fact Sheet: Entomology HSE-1030-01. http://www.ohioline.osu.edu/hse-fact/1030.html. Cited 20 August 2007.

[74] **Nedvědová T**., **Awad M**., **Ungerová D**., **Nedvěd O**., 2012: Characteristics of ladybird Harmonia axyridis during autumn migration. IOBC Bulletin 60: ??

[75] Goetz DW, 2007: Harmonia axyridis ladybug invasion and allergy. ALLERGY AND ASTHMA PROCEEDINGS 29: 123-129.

[76] Clark MT, Levin T, Dolen W, 2009: Cross-reactivity between cockroach and ladybug using the radioallergosorbent test. ANNALS OF ALLERGY ASTHMA & IMMUNOLOGY 103: 432-435.

[77] Goetz DW, 2009: Seasonal inhalant insect allergy: Harmonia axyridis ladybug. CURRENT OPINION IN ALLERGY AND CLINICAL IMMUNOLOGY 9: 329-333.

[78] Nakazawa T, Satinover SM, Naccara L, Goddard L, Dragulev BP, Peters E, Platts-Mills TAE, 2007: Asian ladybugs (Harmonia axyridis): A new seasonal indoor allergen. JOURNAL OF ALLERGY AND CLINICAL IMMUNOLOGY 119: 421-427.

[79] Noriyuki S, Osawa N, Nishida T, 2012: Asymmetric reproductive interference between specialist and generalist predatory ladybirds. JOURNAL OF ANIMAL ECOLOGY 81: 1077-1085.

[81] Roy HE, Adriaens T, Isaac N, Kenis M, Onkelinx T, San Martin G, Brown PMJ, Hautier L, Poland R, Roy DB, Comont R, Eschen R, Frost R, Zindel R, Van Vlaenderen J, **Nedvěd O**, Ravn HP, Grégoire JC, de Biseau J-C, Maes D, 2012: Invasive alien predator causes rapid declines of native European ladybirds. Diversity and Distributions 18 (7): 717–725.

[82] Crowder DW, Snyder WE, 2010: Eating their way to the top? Mechanisms underlying the success of invasive insect generalist predators. BIOLOGICAL INVASIONS 12: 2857-2876.

[83] Finlayson C, Alyokhin A, Gross S, Porter E, 2010: Differential consumption of four aphid species by four lady beetle species. JOURNAL OF INSECT SCIENCE 10: 31.

[84] Moser SE, Obrycki JJ, 2009: Competition and Intraguild Predation Among Three Species of Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae). ANNALS OF THE ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA 102: 419-425.

[85] Ware RL, Majerus MEN, 2008: Intraguild predation of immature stages of British and Japanese coccinellids by the invasive ladybird Harmonia axyridis. BIOCONTROL 53: 169-188.

[86] Rondoni G, Onofri A, Ricci C, 2 20: Laboratory studies on intraguild predation and cannibalism among coccinellid larvae (Coleoptera: Coccinellidae). EUROPEAN JOURNAL OF ENTOMOLOGY 109: 353-362.

[87] Raak-van Den Berg CL, De Lange HJ, Van Lenteren JC, 2012: Intraguild Predation Behaviour of Ladybirds in Semi-Field Experiments Explains Invasion Success of Harmonia axyridis. PLOS ONE 7: e40681.

[88] Takizawa T, Snyder WE, 2012: Alien vs. predator: Could biotic resistance by native generalist predators slow lady beetle invasions?. BIOLOGICAL CONTROL 63: 79-86.

[89] Xue Y, Bahlai CA, Frewin A, McCreary CM, Des Marteaux LE, Schaafsma AW, Hallett RH, 2012: Intraguild predation of the aphid parasitoid Aphelinus certus by Coccinella septempunctata and Harmonia axyridis. BIOCONTROL 57: 627-634.

[90] **Nedvěd O**, **Fois X**, **Ungerová D**, **Kalushkov P**, 201x: Alien vs. Predator – the native lacewing Chrysoperla carnea is the superior intraguild predator in trials against the invasive ladybird Harmonia axyridis. (BioControl, Pest Management Science). Bulletin of Insectology

[92] Ameixa O.M.C.C., Honek A., Martinkova Z. & Kindlmann P., 2010: Position of Harmonia axyridis in aphidophagous guilds in the Czech Republic. IOBC/WPRS Bull. 58: 7–14.

[93] Kula E, **Nedvěd O**, nepublikováno.

[94] Kenis M, Adriaens T, Brown P, Katsanis A, van Vlaenderen J, Eschen R, Golaz L, Zindel R, San Martin y Gomez G, Babendreier D, Ware R, 2010: Impact of Harmonia axyridis on European ladybirds: which species are most at risk? In: Benefits and risks of exotic biological control agents. IOBC/wprs Bulletin 58: 57–59.

[95] Sandvik H, Saether BE, Holmern T, Tufto J, Engen S, Roy HE, 2013: Generic ecological impact assessments of alien species in Norway: a semi-quantitative set of criteria. BIODIVERSITY AND CONSERVATION 22: 37-62.

[98] **Ungerová D**., **Kalushkov P**., **Nedvěd O**., 2010: Suitability of diverse prey species for development of Harmonia axyridis and the effect of container size. IOBC Bulletin 58: 165–174.

[100] Noriyuki S, Kawatsu K, Osawa N, 2012: Factors promoting maternal trophic egg provisioning in non-eusocial animals. POPULATION ECOLOGY 54: 455-465.

[101] **Awad M**., **Kalushkov P**., **Nedvědová T**., **Nedvěd O**., 2013: Fecundity and fertility of ladybird beetle Harmonia axyridis after a prolonged cold storage. BioControl ??

[104] Hodek I. 1956: The influence of Aphis sambuci L. as prey for the ladybird beetle Coccinella septempunctata L. Věstník Čs. Spol. Zool. 20: 62–74 [in Czech, Engl. abstr.].

[106] **Šenkeříková P**., **Nedvěd O**., 2013: Preference among three aphid species by predatory ladybird beetle Harmonia axyridis in laboratory. IOBC Bulletin 60: ??

[107] Chen J, Qin QJ, Liu S, He YZ, 2012: Effect of six diets on development and fecundity of Harmonia axyridis (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). AFRICAN ENTOMOLOGY 20: 85-90.

[109] Kenis M, Roy HE, Zindel R, Majerus MEN, 2008: Current and potential management strategies against Harmonia axyridis. BIOCONTROL 53: 235-252.

[111] Nalepa, C. A., G. G. Kennedy, and C. Brownie. 2005. Role of visual contrast in the alighting behavior of Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae) at overwintering sites. Environ. Entomol. 34: 425–431.

[112] **Nedvěd** O., 2013: Štěrbinový lapač pro odchyt létajícího hmyzu. Úřad průmyslového vlastnictví. Užitný vzor 25484.

[113] Polsinelli GA, Singh SK, Mishra RK, Suranyi R, Ragsdale DW, Pang YP, Brimijoin S, 2010: Insect-specific irreversible inhibitors of acetylcholinesterase in pests including the bed bug, the eastern yellowjacket, German and American cockroaches, and the confused flour beetle. CHEMICO-BIOLOGICAL INTERACTIONS 187: 142-147.

[121] Youn YN, Seo MJ, Shin JG, Jang C, Yu YM, 2003: Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, Harmonia axyridis (Coleoptera : Coccinellidae). BIOLOGICAL CONTROL 28: 164-170.

[122] Riddick, E. W., A. E. Brown, and K. R. Chauhan. 2008. Harmonia axyridis adults avoid catnip and grapefruit derived terpenoids in laboratory bioassays. Bull. Insectol. 61: 81–90.

[123] Riddick, E. W., J. R. Aldrich, A. De Milo, and J. C. Davis. 2000. Potential for modifying the behavior of the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) with plant-derived natural products. Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 1314–1321.

[124] Riddick, E. W., J. R. Aldrich, and J. C. Davis. 2004. DEET repels Harmonia axyridis (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) adults in laboratory bioassays. J. Entomol. Sci. 39: 373–386.

[126] Ribéreau-Gayon, P., D. Dubourdieu, B. Donèche, and A. Lonvaud. 2006. Handbook of enology: the microbiology of wine and vinifications. Wiley Ltd., West Sussex, United Kingdom.

[127] Leroy PD, Heuskin S, Sabri A, Verheggen FJ, Farmakidis J, Lognay G, Thonart P, Le Wathelet JP, Brostaux Y, Haubruge E, 2012: Honeydew volatile emission acts as

a kairomonal message for the Asian lady beetle Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae). INSECT SCIENCE 19: 498-506.

[128] Verheggen FJ, Fagel Q, Heuskin S, Lognay G, Francis F, Haubruge E (2007) Electrophysiological and behavioral responses of the multicolored Asian lady beetle, Harmonia axyridis Pallas, to sesquiterpene semiochemicals. J Chem Ecol 33:2148-55.

[129] Leroy PD, Schillings T, Farmakidis J, Heuskin S, Lognay G, Verheggen FJ, Brostaux Y, Haubruge E, Francis F, 2012: Testing semiochemicals from aphid, plant and conspecific: attraction of Harmonia axyridis. INSECT SCIENCE 19: 372-382.

[130] Seagraves MP, Kajita Y, Weber DC, Obrycki JJ, Lundgren JG, 2011: Sugar feeding by coccinellids under field conditions: the effects of sugar sprays in soybean. BIOCONTROL 56: 305-314.

[131] Durieux D, Fischer C, Brostaux Y, Sloggett JJ, Deneubourg JL, Vandereycken A, Joie E, Wathelet JP, Lognay G, Haubruge E, Verheggen FJ, 2012: Role of long-chain hydrocarbons in the aggregation behaviour of Harmonia axyridis (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). JOURNAL OF INSECT PHYSIOLOGY 58: 801-807.

[132] Kuznetsov VN (1997) Lady beetles of the Russian far east, (Memoir series no. 1). Center for Systematic Entomology, Gainesville.

[133] Dolenská M., **Nedvěd O.**, **Veselý P**., Tesařová M. and R. Fuchs, 2009: What constitutes optical warning signals of ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) towards bird predators: colour, pattern or general look? Biol. J. Linn. Soc. 98 (1): 234–242.

[134] Pell JK, Baverstock J, Roy HE, Ware RL, Majerus MEN (2007) Intraguild predation involving Harmonia axyridis: a review of current knowledge and future perspectives. BioControl 53: 147–168.

[135] De Clercq P, Peeters I, Vergauwe G, Thas O (2003) Interactions between Podisus maculiventris and Harmonia axyridis, two predators used in augmentative biological control in greenhouse crops. BioControl 48:39–55.

[136] Yasuda H, Kimura T (2001) Interspecific interactions in a tri-trophic arthropod system: effects of a spider on the survival of larvae of three predatory ladybirds in relation to aphids. Entomol Exp Appl 98:17–25.

[137] Dutcher JD, Estes PM, Dutcher MJ (1999) Interactions in entomology: aphids, aphidophaga and ants in pecan orchards. J Entomol Sci 34:40–56.

[138] Saito T, Bjørnson S, 2008: Effects of a microsporidium from the convergent lady beetle, Hippodamia convergens Guérin–Méneville (Coleoptera: Coccinellidae), on three non-target coccinellids. Journal of Invertebrate Pathology 99: 294–301.

[139] Cottrell TE, Shapiro-Ilan DI, 2003: Susceptibility of a native and an exotic lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) to Beauveria bassiana. Journal of Invertebrate Pathology 84: 137–144.

[140] Roy HE, Brown PMJ, Rothery P, Ware RL, Majerus MEN, 2008: Interactions between the fungal pathogen Beauveria bassiana and three species of coccinellid: Harmonia axyridis, Coccinella septempunctata and Adalia bipunctata. BioControl 53: 265–276.

[141] Ginsberg HS, Lebrun RA, Heyer K, Zhioua E (2002) Potential nontarget effects of Metarhizium anisopliae (Deuteromycetes) used for biological control of ticks (Acari: Ixodidae). Environ Entomol 31:1191–1196.

[142] Riddick EW, Schaefer PW (2005) Occurrence, density and distribution of parasitic fungus Hesperomyces virescens (Laboulbeniales: Laboulbeniaceae) on multicoloured Asian beetle (Coleoptera: Coccinellidae). Ann Entomol Soc Am 98:615–624.

[143] Nalepa CA, Weir A (2007) Infection of Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae) by Hesperomyces virescens (Ascomycetes: Laboulbeniales): role of mating status and aggregation behavior. J Invertebr Pathol 94:196–203.

[144] Majerus MEN (2006) The impact of male-killing bacteria on the evolution of aphidophagous coccinellids. Eur J Entomol 103:1–7.

[145] Poinar GOJr, Steenberg T, 2012: Parasitylenchus bifurcatus n. sp. (Tylenchida: Allantonematidae) parasitizing Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae). Parasites & Vectors 5:218.

[146] Shapiro-Ilan DI, Cottrell TE, 2005: Susceptibility of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) to entomopathogenic nematodes. Journal of Invertebrate Pathology 89: 150–156.

[147] Nalepa CA, Kidd KA (2002) Parasitism of the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) by Strongygaster triangulifera (Diptera: Tachinidae) in North Carolina. J Entomol Sci 37:124–127.

[148] Katsoyannos P, Aliniazee MT (1998) First record of Strongygaster triangulifera (Loew) (Diptera: Tachinidae) as a parasitoid of Harmonia axyridis (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in western North America. Can Entomol 130:905–906.

[149] Park H, Park YC, Hong OK, Cho SY (1996) Parasitoids of the aphidophagous ladybeetles, Harmonia axyridis (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in Chuncheon areas, Korea. Korean J Entomol 26:143–147

[150] Disney RHL (1997) A new species of Phoridae (Diptera) that parasitises a wide-spread Asian ladybird beetle (Coleoptera: Coccinellidae). Entomologist 116:163–168.

[152] Hoogendoorn M, Heimpel GE (2002) Indirect interactions between an introduced and a native ladybird beetle species mediated by a shared parasitoid. Biol Control 25:224–230.

[153] Firlej A, 2006: Interaction du parasitoïde Dinocampus coccinellae avec la coccinelle exotique Harmonia axyridis Pallas et la coccinelle indigène Coleomegilla maculata lengi Timberlake. PhD Thesis, Université du Québec à Montréal, Canada

[155] Webberley KM, Hurst GDD, Husband RW, Schulenburg JHGVD, Sloggett JJ, Isham V, Buzcko J, Majerus MEN (2004) Host reproduction and a sexually transmitted disease: causes and consequences of Coccipolipus hippodamiae distribution on coccinellid beetles. J Anim Ecol 73:1195–1200.

[156] Webberley KM, Hurst GDD, Buzcko J, Majerus MEN (2002) Lack of parasite mediated sexual selection in an insect-STD system. Anim Behav 63:131–141.

[157] Hurst GDD, Sharpe RG, Broomfield AH, Walker LE, Majerus TMO, Zakharov IA, Majerus MEN (1995) Sexually transmitted disease in a promiscuous insect, Adalia bipunctata. Ecol Entomol 20:230–236

[159] Webberley KM, Tinsley M, Sloggett JJ, Majerus MEN, Hurst GDD (2006) Spatial variation in the incidence of sexually transmitted parasites of the ladybird beetle Adalia bipunctata. Eur J Entomol 103:793–797.

[160] Majerus MEN (2003) A new dimension to sex wars: microbes that benefit female hosts. Microbiol Today 30:68–70