

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Invazní druhy brouků v České republice se zaměřením na
*Harmonia axyridis***

Bakalářská práce

**Autor práce: Veronika Polanková
Veřejná správa v zemědělství a krajině**

Vedoucí práce: prof. RNDr. Miroslav Barták, CSc.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Invazní druhy brouků v České republice se zaměřením na *Harmonia axyridis*" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18. 4. 2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. RNDr Miroslavu Bartákovi, CSc., za velice vstřícný přístup, poskytnutí odborných a cenných rad a za vedení mé bakalářské práce. Rovněž bych chtěla poděkovat celé své rodině za trpělivost a velké pochopení.

Invazní druhy brouků v České republice se zaměřením na *Harmonia axyridis*

Souhrn

Bakalářská práce je v první části zaměřena na vypracování přehledu invazních druhů brouků, které se v České republice nacházejí, s cílem tyto druhy popsat, zmínit původ těchto druhů a přiblížit, jak působí ve svém nepůvodním areálu a jaké faktory ovlivňují jejich úspěšnost šíření.

Z bakalářské práce vyplývá, že v nejčastěji zmiňovaných případech se jedná vedle dopadů na ekonomiku také o nepříznivý vliv v oblasti zemědělství a lesnictví, neboť velká část invazních druhů brouků patří k poměrně závažným škůdcům polních plodin, či druhům poškozující významné druhy dřevin. Dalším dopadem šíření je také nepříznivé působení na okolní biodiverzitu. K důležitým zjištěným faktorům, které se podílejí na úspěšnosti šíření těchto druhů patří především výborná adaptabilita novým životním podmínkám, rychlá a častá reprodukce, široké potravní spektrum a také fakt, že invazní druhy často v nepůvodním areálu nemají své přirozené nepřátele.

Druhá část je věnována konkrétnímu druhu brouka vyskytující se v České republice, *Harmonia axyridis*, jejímž cílem je shrnout aktuální poznatky a výsledky výzkumů o tomto druhu, zmínit důležité faktory, které *Harmonia axyridis* pomáhají v úspěšnosti šíření, přiblížit pozitivní a negativní dopady šíření a v poslední řadě zmínit přirozené nepřátele *Harmonia axyridis*.

Ze zpracované bakalářské práce se dospělo také k poznatkům, že *Harmonia axyridis* napomáhají v šíření i faktory (včetně již zmíněných), k nimž patří značná odolnost vůči parazitům, nebo poměrně častý kanibalismus, jenž přispívá k potlačování ostatních druhů slunéček a zároveň poskytuje významný zdroj živin.

Z negativních dopadů *Harmonia axyridis* na okolí je zmíněno především ohrožování biologické rozmanitosti, škody způsobené v zemědělství, nebo vliv na lidské zdraví, kdy vylučovaná hemolymfa *Harmonia axyridis* způsobuje alergické a dýchací potíže.

Naopak z pozitivních vlivů *Harmonia axyridis* jsou zmíněny konkrétní případy, kdy a za jakých podmínek se *Harmonia axyridis* využívá. Nejčastěji jsou zmiňovány pozitivní vlivy v ohledu regulace škůdců zemědělských plodin, především mšic.

Klíčová slova: *Harmonia axyridis*, invazní šíření, brouci, zemědělství

Invasive species of beetles focusing on *Harmonia axyridis* in the Czech Republic

Summary

The first part of the bachelor thesis is focused on the development of an overview of invasive beetle species found in the Czech Republic, with the aim of describing these species, mentioning the origin of these species and explaining how they operate in their non-native range and what factors influence their successful spread.

The bachelor thesis shows that in the most frequently mentioned cases, besides the impact on the economy, there is also an adverse effect on the field of agriculture and forestry, as a large part of invasive beetle species belong to relatively serious pests of field crops or species damaging important tree species. Another impact of the spread is the adverse effect on the surrounding biodiversity. Important factors identified as contributing to the success of the spread of these species include, in particular, their excellent adaptability to new living conditions, rapid and frequent reproduction, wide food spectrum and the fact that invasive species often have no natural enemies in their non-native range.

The second part is devoted to a specific species of beetle occurring in the Czech Republic, *Harmonia axyridis*, the aim of which is to summarize the current knowledge and research results on this species, mention important factors that help *Harmonia axyridis* to spread successfully, outline the positive and negative effects of the spread and, last but not least, mention the natural enemies of *Harmonia axyridis*.

From the prepared bachelor thesis, it was also concluded that what helps *Harmonia axyridis* in its spread are the factors (besides those already mentioned) such as significant resistance to parasites, or relatively frequent cannibalism, which contributes to the suppression of other ladybug species while providing an important source of nutrients.

Among the negative impacts of *Harmonia axyridis* on the environment are mentioned mainly the threat to biodiversity, damage caused in agriculture, or the impact on human health, where the secreted hemolymph of *Harmonia axyridis* causes allergic and respiratory problems.

On the other hand, from the positive effects of *Harmonia axyridis*, specific cases are mentioned where and under what conditions *Harmonia axyridis* is used. The most frequently mentioned are the positive effects in terms of pest control of agricultural crops, especially aphids.

Key words: *Harmonia axyridis*, invasive spread, beetles, agriculture

Obsah

1 Úvod	7
2 Cíl práce.....	8
3 Literární rešerše.....	9
3.1 Charakteristika invazních druhů	9
3.2 Konkrétní druhy invazních brouků vyskytující se v České republice	11
3.2.1 Drtník černý (<i>Xylosandrus germanus</i> (Blandford, 1894)).....	11
3.2.2 Bázlivec kukuřičný (<i>Diabrotica virgifera virgifera</i> LeConte, 1858)	12
Monitoring bázlivce kukuřičného v České republice	14
3.2.3 Lýkohub <i>Phloeosinus aubei</i> (Perris, 1855)	15
3.2.4 Krasec <i>Ovalisia festiva</i> (Linnaeus, 1767)	15
3.2.5 Kozlíček <i>Anoplophora glabripennis</i> (Motschulsky, 1854)	16
3.2.6 Mandelinka bramborová (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> (Say, 1824)).....	17
3.3 Slunéčko východní (<i>Harmonia axyridis</i> Pallas, 1773)	19
3.3.1 Rozšíření <i>Harmonia axyridis</i>	19
3.3.2 Základní popis <i>Harmonia axyridis</i>	20
3.3.3 Úspěšnost šíření	21
3.3.4 Dopady invaze	22
3.3.5 Využití <i>Harmonia axyridis</i>	24
3.3.6 Přirození nepřátelé <i>Harmonia axyridis</i>	26
Lumčík <i>Dinocampus coccinellae</i> (Schrank, 1802).....	26
<i>Hesperomyces virescens</i> (Thaxter, 1891)	26
<i>Coccipolipus hippodamiae</i> (McDaniel & Morrill, 1969).....	27
<i>Beauveria bassiana</i>	27
<i>Steinernema carpocapsae</i> (Weiser, 1955).....	28
<i>Spiroplasma</i> sp.....	29
4 Závěr	30
5 Seznam literatury	31

1 Úvod

Šíření invazních druhů hmyzu představuje v současné době celosvětový problém. Nebezpečí spočívá především v ohrožování biodiverzity, neboť tyto druhy mohou silně narušovat a ovlivňovat okolní ekosystémy.

Invazní hmyz může negativně působit na nativní druhy hmyzu, kterým mohou invazní druhy konkurovat, či je dokonce potlačovat. Častým důvodem bývá fakt, že introdukované druhy nemají v nepůvodním areálu své přirozené nepřátele, kteří by regulovali jejich narůstající populace, nebo mohou mít vlastnosti, díky kterým nad původními druhy dominují.

Úspěšnosti šíření napomáhají také klimatické změny, které novým druhům umožňují lepší adaptaci v novém prostředí (Skendžić et al. 2021).

Dalším závažným problémem, jenž invazní druhy hmyzu způsobují, jsou dopady na zemědělství a ekonomiku. Velká část invazních druhů hmyzu patří mezi škůdce zemědělských plodin, nebo škůdce okrasných či hospodářsky významných dřevin. Často bývá jejich regulace velmi obtížná i z pohledu takového, že si tito škůdci často vytvářejí částečnou, nebo také úplnou rezistenci vůči insekticidům (Skendžić et al. 2021).

Nejvíce invazních druhů začalo přibývat během 20. století. Důvodem je především velký rozvoj mezinárodního obchodu, který je spojený s dovozem a vývozem nejrůznějšího zboží a také cestování. V současnosti jsou v České republice zaznamenány průměrně dva nové invazní druhy hmyzu za rok, přičemž velká část nově zaznamenaných invazních druhů patří právě do řádu Coleoptera (Šefrová & Laštůvka 2020), kterými se bakalářská práce zabývá.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je přiblížit invazní druhy brouků v České republice, především *Harmonia axyridis*, popsat vybrané druhy brouků a zmínit důležité faktory, které se podílejí na úspěšném šíření těchto druhů.

3 Literární rešerše

3.1 Charakteristika invazních druhů

Za invazní druhy označujeme takové druhy, které v dané oblasti nejsou původní, nekontrolovaně se šíří a ohrožují biologickou rozmanitost. K introdukci dochází nejčastěji vlivem lidské činnosti, díky rozsáhlému mezinárodnímu obchodu a dopravě (Convention on Biological Diversity 2010). Nejčastěji se jedná o tři případy, při kterých se druh neúmyslně šíří do nepůvodních areálů. První případ nastává, pokud je záměrně dovezený organismus nežádoucím druhem infikován a je tedy transportován do jiného areálu společně s hostitelem, včetně všech svých nemocí a parazitů. Druhá možnost nastává v případě, když vektorem šíření nového druhu je přímo samotná doprava, například při přepravování potravin, surovin, nebo při zachycení na pneumatikách dopravců. K rozšiřování druhů mimo svůj původní areál však může docházet také vlivem samovolné migrace druhů, což je třetím případem nezáměrného šíření. Nejčastěji se jedná o migraci podél vybudovaných koridorů pro lidské využití, jako jsou kanály, silnice, nebo železnice (Keller et al. 2011).

Pokud je stanoviště, do kterého byl invazní druh zavlečen dostatečně podobné původnímu prostředí, ve kterém se daný druh běžně vyskytuje, je schopen zde přežít a postupně se dál samovolně šířit. Svým šířením a zvyšováním hustoty populace však může ohrožovat populace původních druhů (Convention on Biological Diversity 2010). Aby se daný druh stal invazním, musí splnit dvě základní podmínky. Za prvé musí přežít transport do jiného území, než je jeho původní, což je hlavním předpokladem jeho šíření. Pokud tento druh přežije a je schopen se dál rozšiřovat, podílí se na vzniku dalších soběstačných populací, splňuje podmínku druhou, čímž se stává druhem invazním (Keller et al. 2011).

Mezi hlavní znaky invazních druhů patří rychlé šíření, růst a adaptace na nové životní podmínky. Úspěšnosti šíření napomáhá také to, že v nepůvodním prostředí nemusí mít své přirozené predátory. Populace tedy nejsou nikým ohrožovány a mohou se nekontrolovatelně zvětšovat (Convention on Biological Diversity 2010).

Invazní druhy mohou také způsobovat velké ekonomické škody, a to především v zemědělství a lesnictví, či ohrožovat lidské zdraví a existenci ostatních druhů, neboť mohou být přenašeči i řady nemocí. Je uváděno, že z více než deseti tisíc druhů zavlečených do Evropy je nejméně u 15 % známo, že způsobují negativní dopady na ekologii a ekonomiku. Avšak procenta mohou být reálně ještě vyšší, neboť spousta těchto druhů není dostatečně prostudována (Scalera, 2012).

Ne všechny invazní druhy byly do nepůvodních zemí zavlečeny pouze nechtěně, řada druhů byla záměrně vypuštěna mimo svůj původní areál, například kvůli požadovaným vlastnostem, které tyto druhy vykazují. Příkladem jsou některé druhy hmyzu, kdy řada z nich se využívala k biologické kontrole v zemědělství. Některé tyto druhy se však začaly nekontrolovatelně šířit i mimo místa, kam byla záměrně vypuštěna (zahrady, pole, skleníky) (Keller et al. 2011). Za účelem biologické ochrany se využívalo například slunéčko východní, které bude podrobněji popsáno v jiné části textu, dále se jedná o některé zástupce z rodu *Aphidius*, *Encarsia* a také druh *Ooencyrtus kuvanae* (Howard, 1910) (Šefrová & Laštůvka 2020).

K šíření hmyzu v různých vývojových fázích však může docházet také pomocí větru, vody, živelných katastrof, nebo pohybu zvířat (Skendžić et al. 2021).

Přestože invazní druhy mají především negativní dopady, poskytují zároveň vědeckým institucím informace o tom, jak se šíří, jak se zapojují do ostatních společenstev, jak na sebe vzájemně působí s původními druhy, či jak ovlivňují funkce ekosystémů. Rozsáhlým šířením invazních druhů narůstají informace o jejich způsobu života, což umožňuje získat důkladnější studie, které se zabývají například tím, jaké problémy invazní druhy způsobují a jakými způsoby je lze omezit (Keller et al. 2011).

Nejvíce invazních druhů hmyzu bylo do Evropy zavlečeno ze Severní Ameriky a následně ze střední a východní Asie. V České republice je nejvíce invazních druhů hmyzu evidováno z řádu Hemiptera, Coleoptera a Lepidoptera a méně druhů je z řádu Diptera a Hymenoptera. Udává se, že z dvaceti tří známých řádů hmyzu na území České republiky zastupuje přibližně 7 řádů skupinu invazní (Šefrová & Laštůvka 2020).

3.2 Konkrétní druhy invazních brouků vyskytující se v České republice

V této kapitole jsou zmíněny druhy invazních brouků, které se nacházejí v České republice, s výjimkou *Harmonia axyridis*, které je věnována samostatná kapitola.

3.2.1 Drtník černý (*Xylosandrus germanus* (Blandford, 1894))

Drtník černý je druh invazního kůrovce z čeledi Curculionidae, původem pocházející z Japonska, Vietnamu, Koreje, Thajska a Tchaj-wanu (Beaver & Yu 2010). Vlivem obchodování se dřevem a dovozem pěstovaných rostlin byl drtník černý zavlečen do mnoha částí světa, včetně Evropy (příloha 1), kde dnes způsobuje velké škody (Ruzzier et al. 2021; Galko et al. 2019). Tento kůrovec má široké spektrum hostitelů, uvádí se, že drtník černý napadá přes 200 různých druhů rostlin a dřevin (Ruzzier et al. 2021). Úspěšnost jeho šíření je způsobena především již zmíněným širokým spektrem hostitelských rostlin, časté rozmnožování (i příbuzenské) a také symbióza s některými druhy hub (Galko et al. 2019).

V Evropě byl drtník černý poprvé zaznamenán v Německu v roce 1951 (Groschke 1953), odkud se postupně rozšířil do většiny částí Evropy, nicméně největší šíření tohoto brouka v Evropě začalo po roce 2000 (Galko et al. 2019).

V Severní Americe tento brouk napadá spíše listnaté než jehličnaté stromy. Nejčastěji byl zaznamenán v okrasných školkách, nebo v ovocných sadech. Zaznamenán byl ale také v surovém dříví, kulatinách, či dřevěných obalech, právě díky čemuž se vlivem mezinárodního obchodu s těmito surovinami rozšířil i do ostatních zemí (Galko et al. 2019).

V Evropě drtník černý představuje nebezpečí především pro lesní hospodářství, neboť se nejčastěji vyskytuje v lesích a napadá pokácené kmeny buku lesního, dubu letního, smrku ztepilého a ostatní hospodářsky významné dřeviny (Maksymov 1987), čímž znehodnocuje cenné a kvalitní dřevo, nebo napadá odumírající dřeviny. Jeho šíření také napomáhají environmentální změny, jako je globální oteplování, neboť teplo těmto kůrovcům svědčí. Drtník černý byl však nalezený i na nepokácených stromech, nejčastěji na buku, avšak toto napadení bylo spojené i s ostatními faktory, například napadením houbovými chorobami (Galko et al. 2019).

Nové studie dnes potvrzují příznivé výsledky entomopatogenních a mykoparazitických hub v boji proti tomuto kůrovci. Po podrobnějších studiích by se v budoucnu mohly tyto houby používat jako účinná biologická ochrana proti tomuto škůdci (Gugliuzzo et al. 2021).

Ve výzkumu provedeném Tuncer et al. (2019) v Americe byla potvrzená účinnost proti drtníku černému houbami *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin, 1883 a *Beauveria*

bassiana Vuill., 1912. Studie provedené Castrillo et al. (2016) v Americe zase potvrzují nepřímou účinnost mykoparazitické houby *Trichoderma harzianum* Rifai, 1969, která působí proti symbiontům drtníka černého, jenž představují nepostradatelnou část vývoje tohoto kůrovce.

Drtník černý žije v symbióze s některými druhy ambrosiových hub, které rostou ve vyhlodaných chodbách ve dřevě, které tím poškozují a představují pro larvy i dospělé tohoto brouka důležitou část jejich potravy (Ruzzier et al. 2021; Galko et al. 2019; Kolařík 2004). Proto se také těmto druhům kůrovců, kteří žijí v symbióze s těmito houbami říká ambrosioví brouci. Tito kůrovci se živí odumírajícím dřevem. Toto dřevo je však chudé na mnoho živin (dusík, fosfor), které kůrovci pro svůj život potřebují. Proto pod kůrou stromů „pěstují“ tyto houby, které jim zajišťují chybějící živiny. Drtník černý se zase na oplátku podílí na úspěšném rozšiřování těchto hub (Kolařík 2004).

V České republice byl drtník černý poprvé zaznamenán v roce 2007 (Knížek 2009). Nejvíce je rozšířen v jihovýchodní části České republiky, zpravidla v teplých nížinných oblastech. Postupně však dochází k jeho rozšiřování i do hor. I když je v sousedních zemích drtník černý zaznamenán ve velkém množství (například na Slovensku), v České republice je doposud zaznamenáno podstatně méně jedinců. Je však velmi pravděpodobné, že se jeho početnost bude zvyšovat (Fiala et al. 2020).

3.2.2 Bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1858)

Bázlivec kukuřičný je brouk z čeledi Chrysomelidae, původem pocházející ze Severní Ameriky. Jedná se o vážného škůdce kukuřice, který se během 90. let rozšířil i do Evropy (Toepfer & Kuhlmann 2005). Samice kladou vejce do půdy, ve které vejce přezimují a na jaře se líhnou larvy, které se živí kořeny kukuřice (příloha 2). Během června až srpna se dospělci dostávají na povrch půdy, kde požírají pyl a listy kukuřice (příloha 2) (Toepfer & Kuhlmann 2006; Svobodová et al. 2012).

Pro regulaci tohoto škůdce se kromě střídání plodin na poli, či používání insekticidů, využívá geneticky modifikovaná kukuřice, která produkuje insekticidní protein Cry3Bb1, pocházející z bakterie *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1945). Takto modifikovaná kukuřice vykazuje značnou odolnost proti tomuto škůdci (Shrestha et al. 2018). Avšak v poslední době si začíná bázlivec kukuřičný vytvářet odolnost i vůči takto geneticky modifikované kukuřici a hledají se tedy nové alternativy na ochranu před tímto škůdcem.

Ve výzkumu provedeném Camerini et al. (2021) v severní Itálii byla zkoumána reakce pavouků na bázlivec kukuřičného. Výzkum byl proveden ve dvou zemědělských oblastech,

kteře se od sebe lišily způsobem pěstování zemědělských plodin na poli. V první oblasti se kukuřice pěstovala spolu s ostatními plodinami a využívalo se střídání plodin na poli a v druhé oblasti se na zemědělské půdě pěstovaly pouze monokultury. V oblasti pěstovaných monokultur nebyla zaznamenána žádná predace bázlivce kukuřičného pavouky, avšak v oblasti, kde se zemědělských plodin pěstovalo více, se zaznamenala značná populace snovačky pečující (*Phylloneta impressa* (Koch, 1881)). Tito pavouci patří mezi významné predátory bázlivce kukuřičného. Pokud by se tedy vytvořily optimální podmínky na poli pro výskyt snovačky pečující, mohl by tento druh hrát významnou roli pro biologickou ochranu rostlin proti bázlivci kukuřičnému.

V jiné studii, provedené Cagan et al. (2019) na Slovensku byla zkoumaná úmrtnost larev bázlivce kukuřičného, způsobená entomopatogenními houbami. Larvy byly vystaveny entomopatogenním houbám *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch, 1924 a *Metarhizium anisopliae* po dobu 7, 14 a 21 dnů. V kombinaci všech tří hub byla zaznamenána největší úmrtnost larev po 21 dnech, a to v rozmezí 62,5–86,6 %, což vykazuje poměrně příznivé výsledky pro využití hub jako biologická ochrana kukuřice. Spolu s těmito houbami byl v Evropě zkoumán také vliv entomopatogenních hlístic na larvy třetího instaru a dospělce bázlivce kukuřičného. Zkoumáno bylo několik druhů, přičemž většina druhů byla schopna napadat především larvy, dospělci byli infikováni jen velmi zřídka. Výsledky ukázaly, že největší potenciál pro biologickou kontrolu kukuřice proti tomuto škůdci vykazují hlístice *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976, *Steinernema arenarium* (Artyukhovskiy, 1967) a *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934) (Toepfer et al. 2005).

Nad všemi zmíněnými způsoby biologické ochrany však stále převažuje využívání insekticidů. V USA inicioval ochranu proti bázlivci kukuřičnému objev insekticidů, které se vpravují přímo do půdy, nejčastěji ve formě granulí, čímž se chrání kořeny kukuřice, které larvy bázlivce kukuřičného poškozují. Tyto granule se vpravují do půdy v době výsadby kukuřice a lehce se zapracují do země. Na tyto účinky má však také vliv teplota, nebo vlhkost. Ve studiích, provedených v Evropě se dospělo k závěru, že tyto insekticidy jsou nejefektivnější, když je během aplikace do půdy suché počasí a po zapravení do půdy a během pěstování je mokro. Účinnost těchto insekticidů by měla být kolem deseti týdnů, což představuje dobu, kdy se larvy živí kořeny kukuřice. Tyto insekticidy však nemají účinek na hustotu populace, ale zabraňují poškozování kořenů. Pro ochranu před dospělci tohoto škůdce se využívají také insekticidy, které se aplikují na listy kukuřice. Tyto insekticidy jsou však značně nákladnější a mohou mít negativní dopad i na okolní užitečný hmyz (Rozen & Ester 2009).

Evropa se v ochraně proti bázlivci kukuřičnému přiklání spíše ke kapalné formě insekticidů a některé přípravky, užívající se v USA, nejsou v Evropě registrované. Vzhledem k rozsáhlým polím s pěstovanou kukuřicí se využívá speciálních technik pro plošnou aplikaci těchto insekticidů. Někde je možné i tuto aplikaci zajistit pomocí letadel, tento způsob je však v řadě zemí zakázán, neboť má značně negativní dopady na životní prostředí (Rozen & Ester 2009).

Monitoring bázlivce kukuřičného v České republice

V České republice byl bázlivec kukuřičný poprvé zaznamenán v roce 2002 u Hodonína (Vahala & Bezděk 2002). Postupem času se však tento škůdce rozšířil i do jiných částí České republiky.

Česká republika již od roku 2006 provádí pravidelný monitoring výskytu bázlivce kukuřičného, vedené Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským. Poslední publikované výsledky monitoringu jsou zveřejněny z roku 2019. Monitoring byl prováděn celkem na 89 místech, od června do října, a to především na polích, kde byla kukuřice sázená hned další rok po sobě. Monitoring probíhal v podobě feromonových lapáků, které se jednou za měsíc obměňovaly a ze kterých se hodnotilo množství zachycených samců. Za celé období monitoringu bylo celkem na našem území zachyceno přes sedmdesát tisíc jedinců. Rekordní počet výskytu byl objeven na Znojemsku, kde bylo zachyceno přes deset tisíc jedinců. Oproti tomu nejnižší výskyt tohoto škůdce byl zaznamenán na severu a západě Čech. Na každém ze sledovaných míst však vždy bylo několik jedinců zachyceno, z čehož vyplývá, že bázlivec kukuřičný je rozšířen téměř po celém našem území (ÚKZÚZ 2020).

Dalším ze sledovaných parametrů bylo opatření proti bázlivci. Sledováno bylo moření osiva a foliární aplikace. Moření osiva bylo hlášeno u 40 % pěstitelů a foliární aplikace u 20 % pěstitelů. Kombinace obou opatření byla hlášena pouze u 6 % pěstitelů. Výsledky však odhalily, že i přes tato opatření se zde nacházel vysoký počet bázlivce kukuřičného (ÚKZÚZ 2020).

Proti bázlivci kukuřičnému bylo vydáno několik ochranných doporučení. Základní doporučení je takové, že by se kukuřice neměla monokulturně pěstovat na stejných pozemcích a měla by se před sadbou kukuřice zvolit vhodná předplodina (některé obilniny). Dalším doporučením je to, že by se měly využívat agrotechnické postupy společně s chemickou ochranou. Chemickou ochranou se rozumí především moření a foliární aplikace insekticidů. Tyto metody jsou poměrně účinné, avšak účinek mořidel je z velké části závislý i na počasí. Z foliárních insekticidů se nejčastěji využívají účinné látky ze skupiny pyretroidů. Významným

prvkem ochrany proti tomuto škůdci je také záměrné posunutí doby setí kukuřice. Smyslem je, aby kukuřice začala klíčit až po vylíhnutí larev a v pozdější fázi růstu se tedy vyhnula silnému poškození (ÚKZÚZ 2020).

Ochrana kukuřice proti bázlivci kukuřičnému se využívá především u kukuřice na zrno, osivo, u kukuřice cukrové a v některých silně zasažených místech i u kukuřice na siláž. I přes rozsáhlé šíření bázlivce kukuřičného v České republice byl rok 2019 z pěstebního hlediska poměrně úspěšný (ÚKZÚZ 2020).

3.2.3 Lýkohub *Phloeosinus aubei* (Perris, 1855)

Lýkohub *Phloeosinus aubei* je druh invazního kůrovce z čeledi Curculionidae, který napadá především jalovce a cypřišovitě rostliny. Původem tento brouk pochází z Kavkazu, Malé Asie a z oblasti Středomoří, ale vyskytuje se také v jižní Evropě. Od roku 1980 byl však zaznamenán i v několika středoevropských zemích, včetně České republiky (v oblasti jižní Moravy) (Fiala & Holuša 2018). Ve střední Evropě napadá především staré, poškozené, či jinak oslabené jalovce obecné. Původní jeho hostitelskou dřevinou byl však cypřiš stálezelený. Postupem času tento lýkohub rozšířil své hostitelské spektrum dřevin a dnes napadá i jiné druhy dřevin. Tento kůrovec způsobuje velké škody především v oblasti Středomoří, což má za následek rozsáhlé odlesňování. Tento kůrovec poškozuje dřeviny především tím, že dospělci společně s larvami vytváří pod kůrou chodby, ve kterých se následně živí dřevem (příloha 3). Budováním chodeb navíc tento kůrovec přispívá k šíření dřevokazných hub, které napadené dřeviny ještě více oslabují (Fiala & Holuša 2018).

Pro Českou republiku představuje problém především stáří jalovce obecného, neboť je ohroženým stárnoucím druhem a vyskytuje se již jen v některých částech České republiky. Silné napadení tímto kůrovcem by mohlo mít pro tyto jalovce fatální následky (Fiala & Holuša 2018).

3.2.4 Krasec *Ovalisia festiva* (Linnaeus, 1767)

Krasec *Ovalisia festiva* je brouk z čeledi Buprestidae, původem pocházející ze Středomoří, jenž se v posledních letech rozsáhlým obchodováním a dovozem okrasných dřevin hojně rozšířil i do velké části Evropy a jedinci jsou zaznamenány už i v České republice (Bílý 2007; Čížek 2017).

Jedná se o škůdce především okrasných dřevin, jako je zerav západní. Dřeviny napadené *Ovalisia festiva* však bývají ve většině případech oslabené, například důsledkem sucha. Po

napadení dochází k postupnému sesychání dřeviny až k úplnému uschnutí (Schmidt et al. 2014).

Pro *Ovalisia festiva* je typická kovově lesklá zelená barva s tmavými skvrnami na elytrách, zaobleného tvaru. Dřeviny nejvíce poškozují larvy *Ovalisia festiva*. Samice po spáření kladou vejce do drobných prasklin kůry a po vylíhnutí se larvy zavrtají do dřeva, kterým se živí. Rozklad celulózy a ligninu, které jinak samotné larvy nejsou schopny strávit, zajišťuje řada hub. Mnoho druhů hub však mohou být pro *Ovalisia festiva* nebezpečné až smrtelné, jako jsou některé houby z rodu *Aspergillus* Micheli ex Link, 1809 (příloha 4) (Ruicănescu & Stoica 2019).

3.2.5 Kozlíček *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky, 1854)

Kozlíček *Anoplophora glabripennis* je druh tesaříkovitého brouka (Cerambycidae) pocházející z Asie. Poškozuje a ohrožuje městské a lesní stromy z tvrdého dřeva (Meng et al. 2015). Jedná se o polyfágního škůdce, napadající listnaté stromy. Má široký rozsah svých hostitelských dřevin, avšak primárními hostitelskými dřevinami v nepůvodním areálu jsou javory, platany, jilmy, ale také ovocné dřeviny, jako například jabloně, hrušně, nebo slivoně (Březíková et al. 2016). *Anoplophora glabripennis* je rozšířený v Americe, Kanadě a v několika zemích Evropy a jeho šíření bylo způsobeno především dovozem dřevěných obalů a okrasných dřevin (Meng et al. 2015; Březíková et al. 2016).

Dospělci se vyznačují leskle černou barvou s bílými skvrnami. Nápadná jsou jejich dlouhá tykadla, kdy samčí tykadla jsou zpravidla větší než samičí. Po spáření samice do kůry dřeviny vykousává díru, kam klade vejce. Po vylíhnutí se larvy živí zpravidla floémem a xylémem. Dospělci se živí listy, nebo kůrou dřevin (Yan & Qin 1992).

V posledních letech jsou výzkumy v ohledu regulace *Anoplophora glabripennis* zaměřeny často na biologickou ochranu. Pozitivní výsledky jsou vykazovány především entomopatogenními houbami a hád'átky.

Ve výzkumu provedeném Mitsuaki et al. (2002) v Číně bylo zjištěno, že pro redukci dospělců *Anoplophora glabripennis* vykazuje pozitivní účinky entomopatogenní houba *Beauveria brongniartii*.

Anoplophora glabripennis je v Evropské unii uveden na seznamu karanténních škodlivých organismů (platí zákaz tento druh dovážet, při výskytu tohoto druhu je povinné výskyt nahlásit, monitorovat a regulovat) a z důvodu šíření tohoto druhu tesaříka jsou v Evropě přijata i mimořádná opatření. Všechny dovážené okrasné dřeviny a dřevěné obalové materiály

ze zemí, kde se *Anoplophora glabripennis* vyskytuje, prochází rozsáhlými kontrolami, aby se zamezilo jeho šíření. Součástí opatření je i pravidelný monitoring (Březíková et al. 2016).

V České republice byl poprvé *Anoplophora glabripennis* objeven v roce 2004, na dovezeném javoru z ciziny a o pár let později ještě dalších několik jedinců. Jelikož je *Anoplophora glabripennis* rozšířen ve velké části Evropy, je velice pravděpodobné, že se brzy trvale rozšíří i v České republice (Březíková et al. 2016).

3.2.6 Mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824))

Mandelinka bramborová je brouk z čeledi Chrysomelidae, původem pocházející nejspíše z Mexika. Jedná se o závažného škůdce především brambor, jehož primární hostitelskými rostlinami jsou lilek zobanitý a lilek ostnitý. Postupem času se však hostitelskou rostlinou stal i lilek brambor, který představuje důležitou zemědělskou plodinu (Casagrande 1987).

Dospělci mandelinky bramborové mají žluté až oranžové krovky, na kterých se nachází deset černých pruhů a v závislosti na teplotních podmínkách mohou mít až 3 generace během jednoho roku. Samice (bývají zpravidla o něco větší než samci) kladou oranžová vajíčka na spodní stranu listů a přibližně po 10 dnech se líhnou oranžovo-černé larvy, procházející čtyřmi instary. Po celý tento vývoj se larvy živí listy a stonky rostlin, které tím poškozují a oslabují. Když larva projde čtvrtým instarem, zahrabává se do hlíny, kde se zakuklí. Dospělci se živí stejně jako larvy, listy a stonky rostliny. Na podzim se zahrabávají do hlíny, kde dospělci také přezimují (Hausvater & Doležal 2013; Nentwig 2014). Mezi přirozené predátory mandelinky bramborové patří například *Coleomegilla maculata* (De Geer, 1775), která požírá vajíčka mandelinky bramborové, nebo *Perillus bioculatus* (Fabricius, 1775), jenž se živí vajíčky, larvami i dospělci mandelinky bramborové (Goldstein & Keil 1991).

Zajímavým poznatkem je pokus, kdy byl u dospělců mandelinek bramborových zkoumán kanibalismus. V laboratoři vytvořili dospělcům stresové podmínky, spojené s nedostatkem potravy a prostoru. Mandelinky bramborové patří mezi býložravý hmyz, avšak v těchto podmínkách bylo dokázáno, že začalo docházet i ke kanibalismu. Do zkoumaného prostoru byli vloženi i mouční červi, kdy se zkoumalo, jakou potravu budou dospělci preferovat. Pokud si měl dospělec vybrat mezi svým druhem a červem, vybral si druhého dospělce. Většinou docházelo k většímu napadení samců než samic, ale tento jev je spíše spojen obecně s tím, že samci jsou menší velikosti. Toto chování ale bylo navozeno pouze v laboratorních podmínkách a není tedy jasné, zda by toto chování nastalo i ve volné přírodě. Avšak pokud by podobné podmínky nastaly i ve volné přírodě, mohlo by ke kanibalismu docházet (Booth et al. 2015; Pecháček 2017).

Společně s intenzivním pěstováním brambor se mandelinka bramborová postupně rozšířila do většiny států USA. V letech, kdy mandelinka bramborová začala poprvé poškozovat brambory, způsobila obrovské ztráty výnosu brambor a tím se i mnohonásobně zvýšila jejich cena (Casagrande 1987).

Zprvu se v Americe mandelinky bramborové sbíraly jen ručně a bylo farmářům jako jedno z prvních opatření proti šíření doporučeno, aby jejich pole bylo jen tak velké, aby zvládali mandelinky bramborové ručně sbírat. Postupem času se přicházelo na to, že některé odrůdy brambor jsou vůči mandelince bramborové odolnější. Dalším opatřením proti šíření mandelinky bramborové bylo využívání nejrůznějších insekticidů. Jako jeden z prvních insekticidů se proti mandelince bramborové využívala tzv. Pařížská zeleň, která se později ukázala jako prudce jedovatá (Casagrande 1987).

Do Evropy se mandelinka bramborová dostala z USA, společně s dovozem brambor a dnes je rozšířena ve většině evropských zemí, včetně České republiky. V České republice se nejvíce vyskytuje v teplých oblastech na Moravě a v Polabí (Hausvater & Doležal 2013).

V současnosti se pro ochranu zemědělských plodin využívají insekticidy nejčastěji ve formě postřiků s účinnými látkami thiamethoxan, deltamethrin, thiacloprid, nebo alphas-cypermethin. Problém však představuje narůstající rezistence, důležité je tedy střídat insekticidy různých skupin látek s odlišnými účinky s kombinací střídání plodin (Hausvater & Doležal 2013).

Pro biologickou ochranu je již dlouhou dobu využívána například ploštice *Perillus bioculatus*, živící se larvami a vajíčky mandelinky bramborové, entomopatogenní houba *Beauveria bassiana*, nebo bakterie *Bacillus thuringiensis*. Tyto způsoby biologické ochrany však nejsou zcela dostačující a stále nejúčinnějším způsobem ochrany zemědělských plodin jsou insekticidy (Hausvater & Doležal 2013).

3.3 Slunéčko východní (*Harmonia axyridis* Pallas, 1773)

3.3.1 Rozšíření *Harmonia axyridis*

Harmonia axyridis je brouk z čeledi Coccinellidae, původem pocházející ze Střední a Východní Asie. *Harmonia axyridis* se v minulosti v Severní Americe začala využívat jako biologická ochrana zemědělských plodin především proti mšicím, červcům, merám a ostatním škůdcům, které tyto zemědělsky významné rostliny poškozují. Poprvé byla uvedena na trh v Kalifornii v roce 1916. O několik let později byla hlášena i mimo místa, kam nebyla nasazena (Brown et al. 2008). V Kanadě byla poprvé objevena v roce 1994 larva čtvrtého instaru *Harmonia axyridis* v jabloňovém sadu, kde byla společně s larvou detekována i poměrně velká koncentrace mšice jabloňové (*Aphis pomi* (DeGeer, 1773)), (Coderre et al. 1995).

V Evropě byla *Harmonia axyridis* poprvé nasazena pro biologickou kontrolu mšic v jabloňovém sadu v roce 1964 na Ukrajině (Katsoyannos et al. 1997). Důležitým faktorem, proč byla využívána právě *Harmonia axyridis*, bylo její široké potravní spektrum, včetně mer, které ostatní druhy slunéček jako potravu tolik nevyhledávají (Skuhrovec et al. 2018). Postupně byla zaváděna i do ostatních evropských zemí, včetně České republiky, kam byla dovezena nelétavá forma *Harmonia axyridis* v roce 2003 (Nedvěd 2014). Tyto záměrně nasazené populace *Harmonia axyridis* pro biologickou kontrolu škůdců však nevedly k jejich dalšímu samovolnému šíření v přírodě. Tato situace nastala až po zkřížení s jinou populací, pocházející ze Severní Ameriky, která do Evropy byla nezáměrně introdukovaná (Nedvěd 2014). Úmyslná distribuce *Harmonia axyridis* pro biologickou kontrolu mšic do Evropy skončila koncem roku 2003, kdy byly hlášeny první problémy a obavy z jejího šíření (Roy et al. 2016).

V České republice byla *Harmonia axyridis* poprvé objevena ve volné přírodě v roce 2006 a o rok později se začala rychle šířit dál po našem území. V roce 2010 již byla nalezena téměř po celé zemi, kromě vysokohorských a neobývaných míst. Největší koncentrace *Harmonia axyridis* je poblíž velkých měst, neboť na podzim vyhledávají pro své přezimování teplá místa, která poskytují okolí lidských staveb, nebo přímo lidská obydlí (Nedvěd 2014).

Harmonia axyridis se stala jedním z nejrozšířenějších slunéček na světě a nyní je rozšířena téměř na všech kontinentech, v Asii, Jižní Americe, Severní Americe, Africe a v Evropě, výjimkou je prozatím Antarktida a Austrálie (Roy et al. 2016).

3.3.2 Základní popis *Harmonia axyridis*

Harmonia axyridis je 6–10 mm dlouhý (Ker & Pickering 2006) a 4–6 mm široký (Nentwig 2014) brouk oválného tvaru. Samici od samce lze rozeznat dle toho, že samice má černý horní pysk, kdežto samec má horní pysk bílý (Trnka 2009; Nedvěd 2015).

Larvy jsou protáhlé, černé s oranžovými skvrnami a nápadnými trnitými výběžky a jejich larvální vývin prochází čtyřmi instary (Ker & Pickering 2006; Nedvěd 2015).

Běžně mívá *Harmonia axyridis* dvě generace do roka, avšak mimo své původní území, může mít až pět generací za rok. Délka života se pohybuje mezi dvěma roky, v závislosti na teplotě a podmínkách prostředí (Trnka 2009).

Nejčastěji se *Harmonia axyridis* vyskytuje na listnatých stromech (zvláště na lípě a ovocných stromech) a keřích, poblíž parků, či zahrad, ale najdeme ji také na mnoha zemědělsky významných plodinách (příloha 5) (Nedvěd 2015).

Pro *Harmonia axyridis* jsou charakteristické různé barevné a tvarové varianty, v závislosti na geografické oblasti, či podnebí (Ker & Pickering 2006). Barevnost slunéček hraje důležitou roli při ochraně před predátory. Jejich výrazné barvy mají výstražný charakter, čímž upozorňují predátory na svoji jedovatost (Nedvěd 2011). Nejčastější barvy jsou od světle žluté, červené, až po černou, se skvrnami i bez skvrn (Ker & Pickering 2006). Zbarvení způsobují karotenoidy (oranžové a červené odstíny) a pteriny (žluté až červené odstíny), přičemž tyto barviva se ukládají do pokožkových buněk. Tmavé odstíny způsobuje melanin, který se zpravidla ukládá do kutikuly (Nedvěd 2011).

Dle barevných vzorů na krovkách můžeme *Harmonia axyridis* třídit do čtyř základních skupin. První z nich je skupina *succinea*, což je nejrozšířenější barevná forma *Harmonia axyridis* v Evropě (příloha 6). Skupina *succinea* se vyznačuje oranžovou barvou krovek, na kterých může mít celkem až 19 teček. Počet a výraznost teček je podmíněna teplotou, při které se *Harmonia axyridis* vyvíjí. Dalšími skupinami jsou skupina *axyridis* (zpravidla šest skvrn na jedné krovce, které mají černou barvu), *spectabilis* (dvě skvrny na jedné krovce) a *conspicua* (jedna skvrna na jedné krovce). Tato zbarvení jsou však často podmíněna teplotou a podmínkami prostředí a mohou být tedy velmi variabilní. V současnosti je popsáno přes 200 různých barevných forem *Harmonia axyridis* (Nedvěd 2011).

Pro *Harmonia axyridis* a ostatní druhy slunéček je typický kanibalismus. Speciálně u *Harmonia axyridis* se tento jev vyskytuje velmi často. Uvádí se, že až 50 % vajíček *Harmonia axyridis* je vlivem kanibalismu zabito. Tento kanibalismus vajíček je výhodný především pro larvy, neboť jim při nedostatku potravy zajišťuje dostatek živin a také rychlejší vývoj

(Osawa 1993). Častý kanibalismus by tedy také mohl stát za úspěšností šíření, neboť požíváním cizích vajíček se *Harmonia axyridis* podílí na snížení hustoty ostatních druhů slunéček.

Samice *Harmonia axyridis* spolu s ostatními vajíčky kladou tzv. trofická vajíčka (neoplozená vajíčka, ve kterých se nevyvíjí embryo). Trofická vejíčka pak larvy po vylíhnutí požívají, čímž si zajišťují základní výživu (Perry & Roitberg 2005).

3.3.3 Úspěšnost šíření

Dle Finchman et al. (2019) by mohlo stát za úspěšností šíření *Harmonia axyridis* a dominancí nad ostatními druhy evropských slunéček její dravost (spotřebuje více kořisti než ostatní druhy slunéček a rychleji kořist uloví), kratší doba konzumace kořisti a obecně výborná adaptibilita novým přírodním podmínkám.

Dle Vilcinskas et al. (2014) by mohly stát za úspěšným šířením a potlačováním nativních druhů také mikrosporidie, které byly objeveny téměř u všech jedinců *Harmonia axyridis* (příloha 9). Mikrosporidie jsou parazité slunéček, které se do těla dostanou například intraguildní predací (situace, kdy predátor požívá jiné druhy živící se stejnou potravou), která je u slunéčkovitých poměrně běžná. Mikrosporidie mohou vyvolat infekci a následně i slunéčka zahubit. Toto tvrzení však neplatí u *Harmonia axyridis*, u které i přes přítomnost mikrosporidií nejsou zjevné žádné známky infekce, ani nemají vliv na jejich vývoj. V případě, že však ostatní druhy slunéček požírou infikované vajíčko *Harmonia axyridis*, dojde k přenosu mikrosporidií a v nejčastějších případech dochází k usmrcení jedince. Tímto způsobem by tedy mohly mít i mikrosporidie zásluhu na snižování počtu původních slunéček a tím zvyšovat i konkurenceschopnost *Harmonia axyridis*.

S rozšiřováním *Harmonia axyridis* může také souviset šíření mšic, které představují pro slunéčka primární potravu. Konkrétní případ je mšice *Myzocallis walshii* (Monell ex Riley & Monell, 1879), které jsou vázány na určité druhy dubů (dub červený, dub šarlatový). Tyto duby začaly být v Evropě záměrně vysazovány jako okrasné dřeviny, se kterými se dovezla i tato exotická mšice, původem pocházející ze Severní Ameriky. V České republice byla *Myzocallis walshii* poprvé objevena v roce 2003 (Havelka et al. 2005).

Například v Bulharsku byla v roce 2009 zaznamenána vlivem vysazování okrasného dubu červeného velká populace *Harmonia axyridis*, což dokazuje, že *Harmonia axyridis* se opravdu může šířit i důsledkem přesunu za potravou (Tomov et al. 2009).

Zajímavostí je také výsledek pokusu provedený Finlayson et al. (2009) v USA, kdy se v laboratorních podmínkách zkoumala interakce vybraných druhů slunéček a mravenců, o nichž je známo, že patří mezi hlavní „ochránce“ mšic. Z mnoha vybraných druhů slunéček

bylo součástí pozorování: slunéčko sedmítečné (*Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758)), slunéčko pestré (*Hippodamia variegata* Goeze, 1777), slunéčko čtrnáctitečné (*Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus, 1758) a součástí výzkumu byla i *Harmonia axyridis*. Do laboratoře bylo vloženo několik mravenčích hnízd, do kterých byla postupně vkládána i populace mšic. V momentě, kdy bylo zpozorováno, že mravenci jsou s mšicemi v soužití, byly do zkoumaného boxu postupně vkládány i jednotlivé druhy slunéček, jimž byla před pokusem podávána pouze voda bez potravy. U *Harmonia axyridis* bylo zjištěno, že ve srovnání s ostatními druhy slunéček konzumovala mšice nadprůměrně, kromě slunéčka sedmítečného, které mšice konzumovalo ještě o něco více. U různých druhů slunéček byla pozorována různá reakce na mravenčí kousnutí. Mravenčím kousnutím bylo vždy podrobena 20 jedinců z každého druhu slunéček. Následně byly zaznamenány počty kousnutí (v průměru vždy 14 kousnutí). U *Harmonia axyris* bylo vyzpozorováno, že proti mravenčímu kousnutí vykazovala jen lehké reakce a mšice konzumovala i přes mravenčí kousnutí dál. Bylo tedy zjištěno, že *Harmonia axyridis* je vůči mravenčímu jedu vysoce tolerantní, což je dalším napovídajícím faktorem o tom, proč je ve svém šíření tolik úspěšná.

3.3.4 Dopady invaze

Harmonia axyridis představuje nebezpečí ze třech hlavních důvodů. První a nejzávažnější důvod je takový, že představuje hrozbu pro biologickou rozmanitost našich původních slunéček, nad kterými výrazně dominuje a vytlačuje je (Kenis et al. 2020). Nejčastěji se jedná o druhy, které mají podobné nároky na přírodní podmínky a potravu, jako má *Harmonia axyridis*, (Nentwig 2014). Nejohroženější evropské druhy slunéček jsou například slunéčko dvojtečné (*Adalia bipunctata* (Linnaeus, 1758)), slunéčko desetitečné (*Adalia decempunctata* (Linné, 1758)), slunéčko růžové (*Oenopia conglobata* (Linnaeus, 1758)) a slunéčko desetiskvrnné (*Cavia decemguttata* (Linnaeus, 1767)) (Kenis et al. 2020).

Harmonia axyridis se obvykle vyskytuje ve velkém počtu a je velmi dravá, což činí velké nebezpečí i pro ostatní hmyz, který se živí stejnou potravou jako *Harmonia axyridis* (Nentwig 2014).

Druhý vážný důvod představuje oblast zemědělství. *Harmonia axyridis* se živí kromě mšic nebo mer také ovocem, často hrozny vinné révy (příloha 7). Hrozny pro ně představují zdroj sacharidů a tuků, které jsou nepostradatelné pro jejich přezimování (Nentwig 2014). Nejedná se však o přímého škůdce, který by poškozoval růst rostliny, jedná se spíše o snížení kvality a chuti vyráběného vína. Při vyrušení, či stresu vylučují *Harmonia axyridis* nažloutlé kapky hemolymfy, obsahující hořké alkaloidy, které se poté přimísí spolu s metoxypraziny

(Nedvěd 2007) i do chuti vyráběného vína. Víno je potom znehodnocené a má hořkou chuť. Tato situace nejčastěji nastává přímo při sklizni, kdy vlivem stresu *Harmonia axyridis* tyto alkaloidy vylučuje. Běžně se však také stává, že je *Harmonia axyridis* přímo přimísena do sklizeného vína a společně s ním se lisuje. Víno je díky tom také chuťově znehodnoceno (Ker & Pickering 2006). Látky, které *Harmonia axyridis* do vína uvolní by mohly poté způsobovat alergické reakce spotřebitelů (Gross et al. 2015). Víno znehodnocené pachem slunéček však není nijak toxické, neboť z výzkumu, který provedl Gross et al. (2015) se potvrdilo, že toxicita by se projevila pouze v případě, kdyby se zpracovalo přibližně 5 milionů slunéček na jeden litr vína, což je krajně nepravděpodobné.

Jak již bylo zmíněno, během vyrušení, či napadení vylučují slunéčka z tibiofemorálních kloubů kapky hemolymfy, sloužící jako obrana proti predátorům. Hemolymfa slunéček obsahuje hořké, štiplavé alkaloidy, přičemž mezi hlavní alkaloidy *Harmonia axyridis* se řadí 2-isopropyl-3-methoxypyrazin. Slunéčka ji však také využívají pro komunikaci mezi ostatními jedinci. Toto vylučování kapek hemolymfy označujeme jako reflexní krvácení a u lidí je často původcem těžkých alergií (Goetz 2009). A právě vznik alergií je třetím důvodem nebezpečí, který *Harmonia axyridis* způsobuje. Na podzim se populace *Harmonia axyridis* přesouvají do teplých, světlých míst, kde se shlukují do velkých skupin, za účelem přezimování. Často se ukrývají právě v lidském obydlí, garáži, nebo ve sklepě (Nentwig 2014). Hemolymfa slunéček, kterou slunéčka uvolňují do prostředí obsahuje alergeny, které u lidí mohou způsobovat astma, kopřivku, nebo alergickou rýmu (Goetz 2009). Reflexní krvácení je však pro slunéčkovité značně nákladné. Bylo zjištěno, že reflexní krvácení, vylučované dvakrát týdně po dobu tří týdnů, mělo negativní dopad na snížení koncentrace hemocytů a ztrátu bílkovin v těle slunéček. Bylo však dokázáno, že při opakovaném reflexním krvácení nedochází ke ztrátě tělesné hmotnosti, ani toto opakované vylučování hemolymfy nemá vliv na plodnost. Nesmí se však vylučovat nadměrné množství hemolymfy, pak by se schopnost jejich reprodukce mohla výrazně snížit a zvýšila by se tím i jejich náchylnost vůči patogenům (Knapp et al. 2020).

Jak již bylo zmíněno, na zimu se *Harmonia axyridis* shlukuje do teplých, světlých míst, kde přečkává zimu. Důvodem tohoto shlukování je špatná odolnost vůči nízkým teplotám. Výzkum provedený Berthiaume et al. (2003) v Kanadě prokázal, že přežití *Harmonia axyridis* je ovlivněno nejen teplotou, ale také dobou, po kterou jsou této teplotě slunéčka vystavena. Byl proveden pokus, kde byla *Harmonia axyridis* vystavena teplotám 5 °C, 0 °C, -5 °C, -10 °C a -20 °C, po dobu 2, 6, 12 a 18 týdnů. Při vystavení *Harmonia axyridis* teplotám 5 °C a 0 °C nebyl zaznamenán téměř žádný vliv, který by ovlivňoval jejich přežití, míra přežití se pohybovala u obou případů nad 80 %. Při vystavení slunéček teplotě -5 °C neměla expozice

vliv do doby 12 ti týdnů, kde se míra přežití pohybovala stále nad 80 %, avšak po 18 ti týdnech se míra přežití značně snižovala na 66,5 %. Při teplotě $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ se míra přežití pohybovala do dvou týdnů expozice kolem 88 %, ale po uplynutí dvou týdnů začala míra přežití značně klesat na 13 %. Déle jak dva týdny již nebyl schopen přežít žádný jedinec, stejně tak, jako při teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy jedinec nepřežil ani jeden den expozice.

3.3.5 Využití *Harmonia axyridis*

Harmonia axyridis není zmiňována jen jako invazní, škodlivý brouk, má také mnoho využití. Z celkových 1193 záznamů shromážděných do roku 2015 byly v devadesáti záznamech zmíněny pozitivní účinky *Harmonia axyridis*. Nejčastěji je vyzdvižovaná její dravost a účinnost v potlačování škůdců. *Harmonia axyridis* je často využívána jako biologická ochrana proti škůdcům rostlin (především mšic) a to na polích, v sadech, ve sklenících, v lesích, či v zahradách (Riddick 2016).

Nejčastěji se *Harmonia axyridis* využívá jako biologická ochrana proti mšicím, které škodí na polních plodinách. Bylo dokázáno, že v přírodních podmínkách se největší hustota *Harmonia axyridis* vyskytuje na okraji pole, neboť při těchto okrajích často rostou pásy kopřiv, ve kterých *Harmonia axyridis* často žije (Alhmedi et al. 2007).

K velmi obávaným škůdcům zemědělských plodin patří také dva druhy celosvětově rozšířených mšic, a to mšice broskvoňová (*Myzus persicae* Sulzer, 1776) a mšice trýzelová (*Lipaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843)). Mšice trýzelová patří k významným škůdcům brukvovitých rostlin a je rozšířena v mnoha částech světa, primárně však v USA, Japonsku a Indii (Hagimori et al. 2011). Tyto mšice způsobují v zemědělství velké škody, především tím, že poškozují listy rostlin. K ochraně proti těmto mšicím se využívá řada insekticidů, nicméně postupem času si mšice vůči těmto chemikáliím vytvářejí rezistenci, a proto je vhodné hledat jiné alternativní formy ochrany. Již v minulosti se začala *Harmonia axyridis* využívat jako biologická ochrana zemědělských plodin proti těmto mšicím, kdy byla záměrně na pole a do skleníků *Harmonia axyridis* vypouštěna. Problém však představoval fakt, že po určité době začala sluněčka odlétat z rostlin pryč. Z tohoto důvodu byly postupem času na ochranu zemědělských plodin vytvořeny geneticky upravené nelétavé formy *Harmonia axyridis*, které jsou pro ochranu těchto plodin velice účinné a v některých zemích se stále využívají (Hagimori et al. 2011).

Harmonia axyridis je také důležitým predátorem mšice sójové (*Aphis glycines* Matsumura, 1917). Jedná se o mšici, která vážně poškozuje především v Severní Americe a Číně sóju a způsobuje tím velké škody v zemědělství (Han 1997). Dle výzkumu, který provedl

Xue et al. (2009) v Kanadě, nejvíce mšic zkonzumují larvy *Harmonia axyridis* třetího instaru a dospělé samice. Pravděpodobně proto, že tato stádia mají nejvyšší požadavky na příjem živin a samicím následně umožňuje i schopnost reprodukce.

V citrusových sadech je *Harmonia axyridis* často využívána také k hubení mšic, které tyto rostliny poškozují. V souvislosti s tímto jevem byl proveden výzkum Stuart et al. (2002) na Floridě, kde byla zkoumána interakce mezi sluněčky (včetně *Harmonia axyridis*) a závažným škůdcem floridských citrusů *Curculio abbreviatus* (Fabricius, 1787), jehož larvy poškozují kořeny rostlin. Provedeny byly dva experimenty- v laboratoři a ve skleníku. V laboratoři byla zaznamenána poměrně velká predace larev a vajíček škůdců zkoumanými sluněčky. V experimentu ve skleníku byly vajíčka *Curculio abbreviatus* volně položena mezi listy citrusových rostlin. Výzkum potvrdil, že v podmínkách ve skleníku docházelo k výrazně menší predaci a *Curculio abbreviatus* je tedy méně vhodnou potravou pro sluněčka. Jedním z důvodů může být krátká doba vývoje *Curculio abbreviatus*, neboť po vylíhnutí se larvy ihned dostávají do půdy, kde žijí a poškozují kořeny.

Harmonia axyridis je také využívána pro ochranu růží na zahradách, které jsou napadeny kyjatkou růžovou (*Macrosiphum rosae* (Linnaeus, 1758)). Tyto mšice poškozují především pupeny a listy růží. Pro ochranu před těmito mšicemi bylo ve Francii zjištěno, že jsou velice účinné larvy *Harmonia axyridis* třetího a čtvrtého instaru (Ferran et al. 1996).

Z medicínského hlediska se začaly zkoumat i některé chemické složky *Harmonia axyridis*, především harmonin a antimikrobiální peptidy. Imunitní systém *Harmonia axyridis* je značně odolný vůči mnoha patogenním mikroorganismům, což by mohlo hrát důležitou roli i pro léčbu lidských onemocnění. V laboratorních pokusech byl objeven antimikrobiální účinek na *Mycobacterium tuberculosis* (Zopf, 1883), *Plasmodium falciparum* (Welch, 1897), *Staphylococcus aureus* (Rosenbach, 1884) a *Candida albicans* (Langenbeck, 1839). Tyto poznatky však chtějí ještě podrobnější prozkoumání (Skuhrovec et al. 2018; Nedvěd 2014).

3.3.6 Přirození nepřátelé *Harmonia axyridis*

Lumčík *Dinocampus coccinellae* (Schrank, 1802)

Harmonia axyridis bývá napadena parazitoidy nejčastěji ze dvou hmyzích řádů, Diptera a Hymenoptera. Napadeny bývají všechny vývojové fáze kromě vajíčka a nejčastěji bývají infikované larvy třetího a čtvrtého instaru. Nejrozšířenějším parazitoidem *Harmonia axyridis* (a ostatních slunéček) je z řádu Hymenoptera lumčík *Dinocampus coccinellae* (příloha 8), (Romanov 2019).

Dinocampus coccinellae z čeledi Braconidae, je parazitoid nejčastěji dospělých slunéček. Pokud je však dospělců nedostatek, mohou parazitovat i na larvách a kuklách (Dindo et al. 2016). Dospělci *Dinocampus coccinellae* kladou do *Harmonia axyridis* vajíčka. Po vylíhnutí vylezou larvy *Dinocampus coccinellae* mezičlánkovou membránou na povrch slunéčka a zamotají se mezi nohama slunéčka do velkého kokonu (Nedvěd 2014). Po vylíhnutí dospělec slunéčko opouští. Tito parazitoidi obsahují paralyzující viry (DcPV vir), které se množí v larvě *Dinocampus coccinellae* a při vstoupení parazitoidea do *Harmonia axyridis* se vir uvolňuje i do těla slunéčka. Tento vir má za následky to, že se *Harmonia axyridis* paralyzuje, nebo částečně ochromí a tím *Harmonia axyridis* chrání kokon parazitoidea mezi nohama před ostatními predátory. Když parazitoid opustí tělo *Harmonia axyridis*, minimalizuje se také obsah viru v těle slunéčka, čímž se tělo opět aktivuje (Nedvěd 2015).

Hesperomyces virescens (Thaxter, 1891)

Parazitě, kteří napadají *Harmonia axyridis*, patří nejčastěji k parazitickým houbám a roztočům. Z parazitických hub je třeba zmínit *Hesperomyces virescens* z čeledi Laboulbeniaceae. *Hesperomyces virescens* je ektoparazitická houba, napadající některé druhy slunéček, včetně *Harmonia axyridis* (příloha 10) (Ceryngier & Twardowska 2013).

Do poloviny 90. let bylo hlášeno jen několik případů o této parazitické houbě, dnes se již rozšířila do většiny částí světa. (Ceryngier & Twardowska 2013). V České republice byl první záznam o *Hesperomyces virescens* parazitující na *Harmonia axyridis* v roce 2014 (Nedvěd 2016). V posledních letech jsou čím dál více zaznamenávány případy o tom, že primárním hostitelem této parazitické houby je právě *Harmonia axyridis*. Tato houba se přenáší především blízkým kontaktem s ostatními jedinci, čímž právě *Harmonia axyridis* vyniká. Důvodem je velký počet jedinců, překrývající se generace, přezimování ve velkých skupinách, a především častá kopulace (Ceryngier & Twardowska 2013). *Hesperomyces virescens* se vyskytuje

u samice nejčastěji na krovkách a u samce kolem zadečku, tedy na částech těla, jenž hrají klíčovou roli při kopulaci (příloha 11) (Nevěd 2016).

Největší hojnost této parazitické houby na *Harmonia axyridis* potvrdil i výzkum, který provedl Riddick & Cottrell (2010) v USA, kdy se od října do dubna sbírali z rostlin brouci, na pozemku velkém 480 ha a posléze se zkoumala jejich infekce různými patogeny. Z čeledi slunéčkovitých bylo posbíráno za celé období přes 1500 jedinců, a to především druhy *Harmonia axyridis*, *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866), *Coccinella septempunctata* a *Hippodamia convergens* (Méneville, 1842). Jejich výzkum potvrdil, že až 50 % infikovaných slunéček parazitickou houbou *Hesperomyces virescens* bylo druhu *Harmonia axyridis*.

***Coccipolipus hippodamiae* (McDaniel & Morrill, 1969)**

Z parazitických roztočů, vyskytující se u *Harmonia axyridis* je významný *Coccipolipus hippodamiae*. Jedná se o pohlavně přenosného parazita, který se šíří i mezi evropskými druhy slunéček. Nebezpečí pro slunéčka představuje fakt, že tento roztoč výrazně snižuje reprodukci u samic a při dlouhodobém působení může vyvolat až neplodnost (Webberley et al. 2004).

Hlášení o objevení *Coccipolipus hippodamiae* v Evropě však přišlo ještě dříve, než se zde začala vyskytovat *Harmonia axyridis*, proto se předpokládá, že původně tento parazit napadal evropská slunéčka (především *Adalia bipunctata*) a *Harmonia axyridis* začal využívat až jako nového hostitele (Berg et al. 2014).

Beauveria bassiana

Významným patogenem slunéček je houba *Beauveria bassiana*. *Beauveria bassiana* je přirozeným činitelem úmrtnosti slunéček především během jejich přezimování. *Harmonia axyridis* se přes zimu shlukuje ve velkých skupinách, mezi kterými se poté tato houba šíří. Díky této schopnosti by *Beauveria bassiana* mohla hrát klíčovou roli v biologické kontrole *Harmonia axyridis* (Roy et al. 2008).

Beauveria bassiana je entomopatogenní houba, jejíž životní cyklus je vázaný na hmyz. Hlavními hostiteli *Beauveria bassiana* je hmyz z řádů Heteroptera, Homoptera, Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Diptera a Araneida. Charakteristickým znakem jsou bílé, později nažloutlé kolonie hyf, které *Beauveria bassiana* tvoří (Zimmermann 2006).

Životní cyklus *Beauveria bassiana* začíná připojením konidií na povrch hostitele. Hydrolytické enzymy (proteázy, chitinázy, lipázy) a další faktory podporují klíčení a růst houby po povrchu hostitele. Hyfy poté přes kutikulu penetrují do těla hostitele, kde se následně

rozzrůstají. Houba z hemolymfy hostitele čerpá veškeré živiny. Po vyčerpání živin dojde k jeho usmrcení, houba začne v mrtvém těle tvořit nové konidie a dokončuje svůj životní cyklus (Zimmermann 2006).

***Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955)**

Steinernema carpocapsae je entomopatogenní hlístice, napadající velké množství hmyzu. Hlístice rodu *Steinernema* jsou hojně využívány v zemědělství, jako významná a velice účinná biologická ochrana proti škůdcům zemědělských plodin. Jsou totiž schopné proniknout do hostitele a následně ho zahubit v rozmezí 24–48 hodin. Nevýhodou ovšem je jejich velká citlivost vůči silnému slunečnímu záření a nízké vlhkosti (Ishibashi & Takii 1993).

Výzkum, který provedl Ishibashi & Takii (1993) v Japonsku potvrdil hypotézu, že některé zemědělské chemikálie by se mohly používat současně s nasazením *Steinernema carpocapsae*, aniž by došlo k usmrcení hlístic. Dospěli k závěru, že nižší dávky oxamylu, doporučené pro ochranu rostlin nepředstavují vážné riziko pro životaschopnost *Steinernema carpocapsae* ani po vystavení delší doby.

Kwizera & Susurluk (2017) myšlenku, že entomopatogenní hlístice se s určitými chemikáliemi mohou používat, také potvrdili, tentokrát s účinky dvou insekticidů- acetamipridu a imidaclopridu, ze skupiny neonicotinoidů. U acetamipridu je však úmrtnost entomopatogenních hlístic o něco vyšší. Oba insekticidy se však dají spolu s nasazenými hlísticemi používat bez vysokého rizika usmrcení *Steinernema carpocapsae*.

Ve studii provedené Shapiro & Cottrell (2005) v USA se zkoumaly účinky a vnímavost původních a nepůvodních slunéček na *Steinernema carpocapsae*. Z nepůvodních druhů byla do výzkumu zapojena i *Harmonia axyridis*. Ačkoliv je *Steinernema carpocapsae* smrtelným parazitem hmyzu, ukázalo se, že *Harmonia axyridis* patří v porovnání s původními druhy slunéček k méně náchylným druhům vůči těmto hlísticím. Tento výzkum tedy potvrzuje, že *Harmonia axyridis* je vůči *Steinernema carpocapsae* mnohem méně vnímavější, což také přispívá důvodu, proč je ve svém šíření tolik úspěšná a konkuruje ostatním původním druhům slunéček.

***Spiroplasma* sp.**

Spiroplasma sp. je endosymbiotická bakterie hmyzu, která se nejčastěji vyskytuje u řádů Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Homoptera, Lepidoptera a Odonata. Uvádí se, že tato bakterie je schopna infikovat 5–10 % všech druhů hmyzu (Goryacheva et al. 2018).

U některých druhů hmyzu však tato bakterie představuje vážné nebezpečí pro samčí populace hmyzu (Nakamura et al. 2005). Jedná se především o octomilku obecnou (*Drosophila melanogaster* Meigen, 1830), slunéčko dvojtečné (*Adalia bipunctata*), slunéčko devatenáctitečné (*Anisosticta novemdecimpunctata* (Linnaeus, 1758)), *Harmonia axyridis*, *Coccinella sexmaculata* (Thunberg, 1795), danaus východní (*Danaus chrysippus* (Linnaeus, 1758)), *Ostrinia zaguliaevi* (Mutuura & Munroe, 1970) a *Homona magnanima* (Diakonoff, 1948) (Goryacheva et al. 2018).

U *Harmonia axyridis* se tyto bakterie přenášejí především transovariálním přenosem. Již během embryogeneze dochází k usmrcení samců, díky čemuž infikované samice produkují pouze samičí potomstvo (Nakamura et al. 2005). Tímto poskytuje *Spiroplasma* sp. nepřímé výhody pro samičí potomstvo, neboť infikuje a usmrcuje nevylihnutá vejce, která původně obsahovala samčí embrya. U dospělé samice vlivem *Spiroplasma* sp. dochází také ke zvětšení těla, čímž se zvětšuje i počet ovariol, což má za následek lepší reprodukční schopnosti (Goryacheva et al. 2018).

4 Závěr

Bylo zjištěno, že velká část sledovaných invazních druhů brouků, nacházející se v České republice patří mezi škůdce zemědělsky významných plodin, či okrasných a hospodářsky významných dřevin, což způsobuje především negativní dopady v oblasti zemědělství.

Regulace invazních druhů brouků je velmi složitá, neboť u velké části byla zaznamenána rezistence vůči insekticidům, a tak je často využíváno jen preventivních opatření. V bakalářské práci však bylo ukázáno, že v mnoha případech se jeví jako poměrně účinná biologická ochrana proti těmto druhům brouků řada hub, či hlístic, přičemž velice významná se v tomto ohledu zdá entomopatogenní houba *Beauveria bassiana* a hlístice rodu *Steinernema*.

Harmonia axyridis představuje největší nebezpečí především pro původní druhy slunéček a celkovou biodiverzitu a svým šířením způsobuje negativní dopady nejen v oblasti zemědělství, ale také v ohledu životního prostředí.

Jako nejzávažnější důvod byl shledán takový, že potlačuje ostatní druhy slunéček, a to především tím, že vyniká vlastnostmi a schopnostmi, které ji oproti ostatním druhům slunéček značně zvýhodňují. Tyto výhody spočívají především v rychlé reprodukci, výborné adaptibilitě novým životním podmínkám, dravosti, ale také poměrně velké odolnosti vůči parazitům, jenž byli v bakalářské práci zmíněny. Nebezpečí nepředstavuje však jen pro ostatní druhy slunéček, ale i pro již zmíněnou celkovou biodiverzitu, a to především proto, že mezi složky potravy *Harmonia axyridis* nepatří pouze mšice, červci, mery, ale také vajíčka ostatního užitečného hmyzu, který tím silně ohrožuje, nebo v menší míře znehodnocuje i některé ovoce (například bobule vinné révy).

Bylo také zjištěno, že *Harmonia axyridis* působí i jako velice účinný biologický regulátor, nejčastěji mšic.

Z pohledu ekologie, udržení populace ostatních druhů slunéček a zachování bohaté biodiverzity, značně převládají nevýhody *Harmonia axyridis* nad jejími výhodami a je tedy velice důležitá prevence a regulace tohoto druhu slunéčka především v zemích, kde se stává, nebo je invazní.

5 Seznam literatury

- Alhmedi A, Boodson B, Haubruge E, Francis F. 2007. Aphidophagous guild on nettle (*Urtica dioica*) strips close to fields of green pea, rape and wheat. *Insect Science* **14**:419-424.
- Beaver R, Lan- Yu L. 2010. An annotated of Taiwanese bark and ambrosia beetles, with new synonymy, new combinations and new records (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Zootaxa* **2602**:1-47.
- Berg R, Wielink PS, Jong PW, Gort G, Haelewaters D, Helder J, Lenteren JC. 2014. Invasive alien species under attack: natural enemies of *Harmonia axyridis* in the Netherlands. *Biocontrol* **59**:229-240.
- Berthiaume R, Hébert Ch, Bauce É. 2003. Impact of temperature and duration of cold exposure on adult survival of the Asian ladybird beetle, *Harmonia axyridis*. *Phytoprotection* **84**:85-91.
- Bílý S. 2017. Krasci Velké Prahy po 35 letech. *ŽIVA* **6**:300-303.
- Booth E, Alyokhin A, Pinatti S. 2015. Adult cannibalism in an oligophagous herbivore, the Colorado potato beetle. *Insect Science* **24**:295-302.
- Brown PMJ, Adriaens T, Bathon H, Cuppen J, Goldarazena A, Hägg T, Kenis M, Klausnitzer BEM, Kovář 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.
- Cagan L, Stevo J, Gasparovic K, Matusikova S. 2019. Mortality of the Western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* larvae caused by entomopathogenic fungi. *Journal of Central European Agriculture* **20**:678- 684.
- Camerini G, Franzini L, Groppali R. 2021. Response of spiders (Araneae) to the introduction of an exotic pest (*Diabrotica virgifera* LeConte, 1868-Coleoptera, Chrysomelidae) in corn cultivations in Northern Italy. *Maydica* **66**:1-6.
- Casagrande R. 1987. The Colorado Potato Beetle: 125 Years of Mismanagement. *Bulletin of the Entomological Society of America* **33**:142-150.
- Castrillo L, Griggs M, Vandenberg J. 2016. Competition between biological control fungi and fungal symbionts of ambrosia beetles *Xylosandrus crassiusculus* and *X. germanus* (Coleoptera: Curculionidae): Mycelial interactions and impact on beetle brood production. *Biological Control* **103**:138-146.
- Ceryngier P, Twardowska K. 2013. *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) as a host of the parasitic fungus *Hesperomyces virescens* (Ascomycota: Laboulbeniales, Laboulbeniaceae): A case report and short review. *European Journal of Entomology* **110**:549-557.
- Coderre D, Lucas É, Gagné I. 1995. The occurrence of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in Canada. *The Canadian Entomologist* **127**:609-611.
- Čížek L. 2017. Faunistic records from the Czech Republic (Coleoptera). *Klapalekiana* **53**:389-390.
- Dindo ML, Francati S, Lanzoni A, Vitantonio C, Marchetti E, Burgio G, Maini S. 2016. Interactions between the Multicolored Asian Lady Beetle *Harmonia axyridis* and the Parasitoid *Dinocampus coccinellae*. *Insects* **7**:1-13.
- Ferran A, Niknam H, Kabiri F, Picart J.L, De Herce C, Brun J, Ipert G, Lapchin L. 1996. The use of *Harmonia axyridis* larvae (Coleoptera: Coccinellidae) against *Macrosiphum rosae*

(Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphilidae) on rose bushes. *European Journal of Entomology* **93**:59-67.

Fiala T, Holusa J, Prochazka J, Cizek L, Dzurenko M, Foit J, Galko J, Kasak J, Kulfan J, Lakatos F, Nakladal O, Schlaghamersky J, Svatos M, Trombik J, Zabransky P, Zach P, Kula E. 2020. *Xylosandrus germanus* in Central Europe: Spread into and within the Czech Republic. *Journal of Applied Entomology* **144**:423-433.

Fiala T, Holuša J. 2018. Occurrence of the Invasive Bark Beetle *Phloeosinus aubei* on Common Juniper Trees in the Czech Republic. *Forests* **10**:1-12.

Finchmann WNW, Dunn AM, Brown LE, Hesketh H, Roy HE. 2019. Invasion success of a windspread invasive predator may be explained by a high predatory efficacy but may be influenced by pathogen infection. *Biological Invasions* **21**:3545-3560.

Finlayson CJ, Alyokhin AV, Porter EW. 2009. Interactions of Native and Non-Native Lady Beetle Species (Coleoptera: Coccinellidae) With Aphid-Tending Ants in Laboratory Arenas. *Environmental Entomology* **38**:846-852.

Galko J, Dzurenko M, Ranger CH, Kulfan J, Kula E, Nikoliv Ch, Zúbrik M, Zach P. 2019. Distribution, Habitat Preference, and Management of the Invasive Ambrosia Beetle *Xylosandrus germanus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in European Forests with an Emphasis on the West Carpathians. *Forests* **10**:1-18.

Goetz DW. 2009. Seasonal inhalant insect allergy: *Harmonia axyridis* ladybug. *Current opinion in allergy and clinical immunology* **9**:329-333.

Goldstein H, Keil CB. 1991. Prospects for Integrated Control of the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Using *Perillus bioculatus* (Hemiptera: Pentatomidae) and Various Pesticides. *Journal of Economic Entomology* **84**:1645-1651.

Goryacheva I, Blekhman A, Andrianov B, Romanov D, Zakharov I. 2018. Spiroplasma infection in *Harmonia axyridis* - Diversity and multiple infection. *PLOS One* **13**:1-17.

Groschke F. 1953. Der „schwarze Nutzholzborkenkäfer“, *Xylosandrus germanus* Blandf., ein neuer Schädling in Deutschland). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* **34**:297-302.

Gross J, Lamper A, Eshlers A. 2015. Risk Analysis of the cytotoxic Potential of Methoxy-pyrazines from the Hemolymph of the Asian Lady Beetle *Harmonia axyridis* on Human Cells. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* **20**:157-162.

Gugliuzzo A, Biedermann P, Carrillo D, Castrillo L, Egonyu J, Gallego D, Haddi K, Hulcr J, Jactel H, Kajimura H, Kamata N, Meurisse N, Li Y, Oliver J, Ranger Ch, Rassati D, Stelinski L, Sutherland R, Garzia G, Wright M, Biondi A. 2021. Recent advances toward the sustainable management of invasive *Xylosandrus ambrosia* beetles. *Journal of Pest Science* **94**:615-637.

Hagimori TA, 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.

Han X. 1997. Population dynamics of soybean aphid *Aphis glycines* and its natural enemies in fields. *Hubei Agricultural Sciences* **2**:22-24.

Hausvater E, Doležal P. 2013. Ochrana brambor proti mandelince bramborové. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o., Havlíčkův Brod.

- Havelka J, Husák Š, Starý P. 2005. Nová invazní exotická mšice v České republice. *ŽIVA* **4**:174-175.
- Hu J, Angeli S, Schuetz S, Luo Y, Hajek A. 2009. Ecology and management of exotic and endemic Asian longhorned beetle *Anoplophora glabripennis*. *Agricultural and Forest Entomology* **11**:359-375.
- Ishibashi N, Takii S. 1993. Effects of Insecticides on Movement, Nictation, and Infectivity of *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Nematology* **25**:204-213.
- Katsoyannos P, Kontodimas D.C, Stahas G.J, Tsartsalis C.T. 1997. *Phytoparasitica* **25**:183-191.
- Keller R, Geist J, Jeschke J, Kühn I. 2011. Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. *Environmental Sciences Europe* **23**:1-17.
- Kenis M, Nacambo S, Vlaendern JV, Zindel R, Eschen R. 2020. Long Term Monitoring in Switzerland Reveals That *Adalia bipunctata* Strongly Declines in Response to *Harmonia axyridis* Invasion. *Insect* **11**:1-13.
- Ker KW, Pickering G. 2006. Biology and control of the novel grapevine pest- the multicolored asian lady beetle *Harmonia axyridis*. Brock University, Canada.
- Knapp M, Rericha M. 2020. Physiological costs of chemical defence: repeated reflex bleeding weakens the immune system and postpones reproduction in a ladybird beetle. *Scientific Reports* **10**:1-5.
- Knížek M. 2009. Faunistic records from the Czech republic (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Klapalekiana* **45**:22.
- Kolařík M. 2004. Fascinující svět podkorního hmyzu- houbové symbiózy. *ŽIVA* **2**:73-75.
- Kwizera V, Susurluk IA. 2017. Evaluation of the effects of some insecticides based on neonicotinoids on entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* and *S. carpocapsae*. *ISJ-Invertebrate survival Journal* **14**:375-378.
- Maksymov JK. 1987. First mass attack of the ambrosia beetle *Xylosandrus germanus* in Switzerland. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* **138**:215-227.
- Meinke LJ, Souza D, Siegfried BF. 2021. The Use of Insecticides to Manage the Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*, LeConte: History, Field-Evolved Resistance, and Associated Mechanisms. *Insects* **11**:1-22.
- Meng P, Hoover K, Keena M. 2015. Asian Longhorned Beetle (Coleoptera: Cerambycidae), an Introduced Pest of Maple and Other Hardwood Trees in North America and Europe. *Journal of Integrated Pest Management* **6**:1-9.
- Mitsuaki S, Bo Z, Yi-ning L. 2002. Fungal Pathogens of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) and Their Virulences. *Bulletin of FFPRI* **1**:123-130.
- Nakamura K, Ueno H, Miura K. 2005. Prevalence of Inherited Male-Killing Microorganisms in Japanese Population of Ladybird Beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Annals of the Entomological Society of America* **98**:96-98.
- Nedvěd O. 2007. Invazní slunéčka jsou tady! *Vesmír* **86**:764-765.
- Nedvěd O. 2011. Jak „se dělá“ tečkování u slunéček. *ŽIVA* **1**:34-37.
- Nedvěd O. 2014. Bodyguardem svému nepříteli. *Vesmír* **93**:52-53.
- Nedvěd O. 2014. Slunéčko východní (*Harmonia axyridis*) -pomocník v biologické ochraně nebo ohrožení biodiverzity? Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

- Nedvěd O. 2015. Brouci čeledi slunéčkovití (Coccinellidae) střední Evropy. Academia, Praha.
- Nedvěd O. 2015. Parazitid manipuluje svého hostitele prostřednictvím viru. *Vesmír* **94**:314.
- Nedvěd O. 2016. Rozmnožování promiskuitních slunéček. *ŽIVA*: **1**:36-37.
- Nentwig W. 2014. Nevítaní vetřelci. Academia, Praha.
- Osawa N. 1993. Population field studies of the aphidophagous ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): life tables and key factor analysis. *Researches on Population Ecology* **35**:335-348.
- Pecháček P. 2017. Z vegetariána kanibalem. *Vesmír* **96**:385.
- Perry JC, Roitberg BD. 2005. Ladybird mothers mitigate offspring starvation risk by lying trophic eggs. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **58**:578-586.
- Riddick E. 2016. Spotlight on the positive effects of the ladybird *Harmonia axyridis* on agriculture. *BioControl* **62**:319-330.
- Riddick EW, Cottrell TE. 2010. Is the prevalence and intensity of the ectoparasitic fungus *Hesperomyces virescens* related to the abundance of entomophagous coccinellids? *Bulletin of Insectology* **63**:71-78.
- Riddick EW, Schaefer PW. 2005. Occurrence, Density, and Distribution of Parasitic Fungus *Hesperomyces virescens* (Laboulbeniales: Laboulbeniaceae) on Multicolored Asian Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Annals of the Entomological Society of America* **98**:615-624.
- Romanov DA. 2019. Parasitoids of the Harlequin Ladybeetle *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae). *Russian Journal of Biological Invasions* **10**:52-67.
- Roy HE, Brown PMJ, Adriaens T, Berkvens N, Borges I, Trullas SC, Comont RF. 2016. The harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*: global perspectives on invasion history and ecology. *Biological Invasions* **18**:997-1044.
- 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.
- Rozen K, Ester A. 2009. Chemical control of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *Journal of Applied Entomology* **95**:376-382.
- Ruicănescu A, Stoica AI. 2019. The distribution and behaviour studies on a new invasive Buprestid species, *Lamprodila festiva* (Coleoptera: Buprestidae) in Romania. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle* **62**:43-56.
- Ruzzier E, Prazaru S, Faccoli M, Duso C. 2021. *Xylosandrus germanus* (Blandford, 1894) on Grapevines in Italy with a Compilation of World Scolytine Weevils Developing on Vitaceae. *Insect* **12**:1-18.
- Scalera R. 2012. The impacts of invasive alien species in Europe. European Environment Agency, Denmark.
- Shapiro-Ilan D, Cottrell TE. 2005. Susceptibility of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) to entomopathogenic nematodes. *Journal of Invertebrate Pathology* **89**:150-156.
- Shrestha RB, Dunbar MW, French BW, Gassmann AJ. 2018. Effects of field history on resistance to Bt maize by western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). *PLOS One* **13**:1-18.

- Schmidt G, Diószegi MS, Szabó V, Hrotkó K. 2014. Cypress borer (*Lamprodila festiva*), a new urban pest in Hungary. Corvinus University of Budapest, Hungary.
- Skendžić S, Zovko M, Živković IP, Lešić V, Lemić D. 2021. Effect of Climate Change on Introduced and Native Agricultural Invasive Insect Pests in Europe. *Insects* **12**:1-14.
- Skuhrovec J, Martinková Z, Honěk A. 2018. Slunéčko východní- „užitečná“ invaze? *ŽIVA* **5**:261-263.
- Stuart RJ, Michaud JP, Olsen L, McCOY W. 2002. Lady beetles as potential predators of the root weevil *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Florida citrus. *Florida Entomologist* **85**:409-415.
- Svobodová Z, Habuštová O, Sehnal F. 2012. Jak na invazního brouka bázlivce kukuřičného. *ŽIVA* **2**:55- 56.
- Šefrová H, Laštůvka Z. 2020. Invazní druhy hmyzu po roce 2000: každý rok nejméně dva nové. *ŽIVA* **4**:189- 191.
- Toepfer S, Gueldenzoph C, Ehlers RU, Kuhlmann U. 2005. Screening of entomopathogenic nematodes for virulence against the invasive western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Europe. *Bulletin of Entomological Research* **95**:473-482.
- Toepfer S, Kuhlmann U. 2006. Constructing life-tables for the invasive maize pest *Diabrotica virgifera virgifera* (Col.; Chrysomelidae) in Europe. *Journal of Applied Entomology* **130**:193-205.
- Tomov R, Trencheva K, Trenchev G, Kenis M. 2009. The Multicolored invasive Asian Ladybird *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) New to the Fauna of Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica* **61**:307-311.
- Trnka F. 2009. *Harmonia axyridis*- slunéčko. *Natura Bohemica*, Olomouc.
- Tuncer C, Kushiyevev R, Erper I, Ozdemir IO, Saruhan I. 2019. Efficacy of native isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against the invasive ambrosia beetle, *Xylosandrus germanus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control* **29**:1-6.
- Vahala O, Bezděk J. 2002. The First Record of *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) from the Czech Republic. *Plant Protection Science* **38**:114.
- Vandereycken A, Durieux D, Joie É, Haubruge É. 2012. Habitat diversity of the Multicolored Asian ladybeetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in agricultural and arboreal ecosystems: a review. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment* **16**:553-563.
- Vilcinskas A, Schmidtberg H, Estoup A, Tayeh A, Facon B, Vogel H. 2014. Evolutionary ecology of microsporidia associated with the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. *Insect Science* **22**:313-324.
- Webberley KM, Hurst GDD, Husband RW, Schulenburg JHGVD, Sloggett, JJ, Isham V, Buszko J, Majerus M. 2004. Host reproduction and a sexually transmitted disease: causes and consequences of *Coccipolipus hippodamiaedistribution* on coccinellid beetles. *Journal of Animal Ecology* **73**:1-10.
- Xue X, Bahlai A, Frewin A, Sears MK, Schaafsma AW, Hallett RH. 2009. Predation by *Coccinella septempunctata* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology* **38**:708-714.

Yan J, Qin X. 1992. *Anoplophora glabripennis* (Motsch.). Pages 455-457 in Xiao G, editor. *Forest Insects of China*. China Forestry Publishing House, China.

Zimmermann G. 2006. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology* **17**:553-596.

Elektronické zdroje

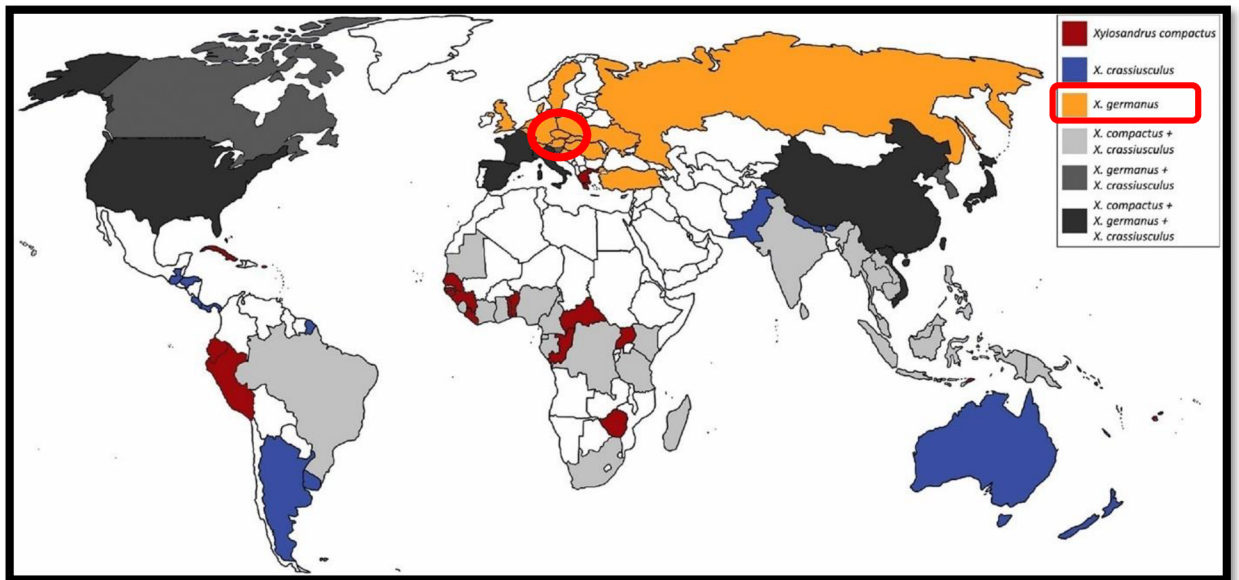
Březíková M, Kapitola P, Rašovský V. 2016. Asijské tesařice rodu *Anoplophora* v Evropě. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Available from https://eagri.cz/public/web/file/453666/ASIJSTI_tesarici_rodu_Anoplop...pdf (accessed February 2016).

Convention on Biological Diversity. 2010. Invasive alien species. Convention on Biological Diversity, Canada. Available from <https://www.cbd.int/invasive/WhatareIAS.shtml> (accessed January 2010).

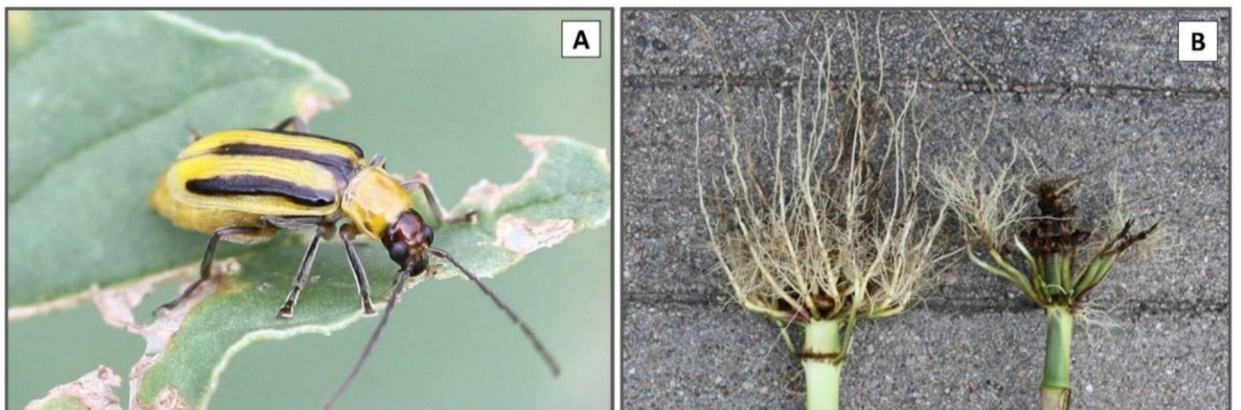
Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Monitoring bázlivce kukuřičného (*Diabrotica virgifera*) v České republice v roce 2019. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Available from <https://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organismy/informace-o-vyskytu-so-a-poruch/vysledky-pruzkumu-bazlivce-kukurice/monitoring-vyskytu-bazlivce-kukuricneho-2.html> (accessed January 2020).

6 Samostatné přílohy

Příloha 1: současné rozšíření vybraných ambroziových brouků ve světě, včetně druhu *Xylosandrus germanus* (upraveno podle Gugliuzzo et al., 2021)



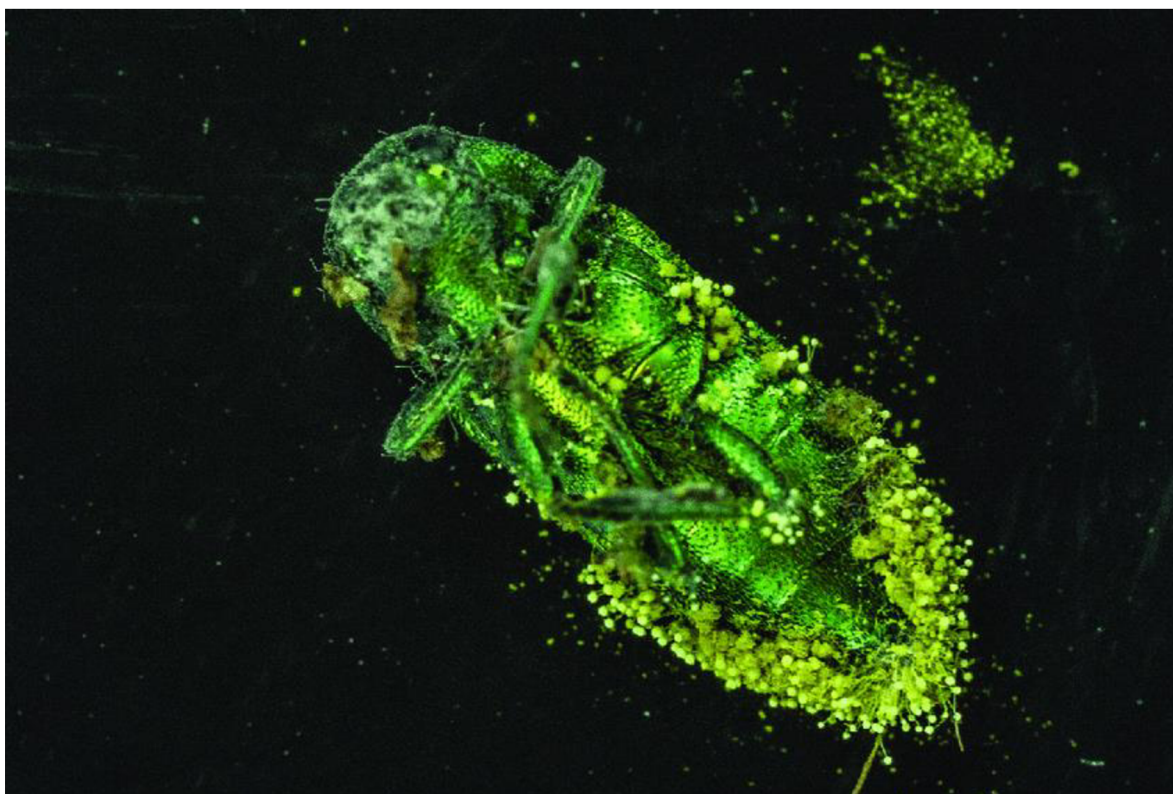
Příloha 2: na levé fotce dospělec *Diabrotica virgifera virgifera* poškozující listy kukuřice, na pravé fotce srovnání zdravého a poškozeného kořenu kukuřice od larev *Diabrotica virgifera virgifera* (foto Lance J. Meinke)



Příloha 3: poškozené jalovce napadené *Phloeosinus aubei* (Fiala & Holuša, 2018)



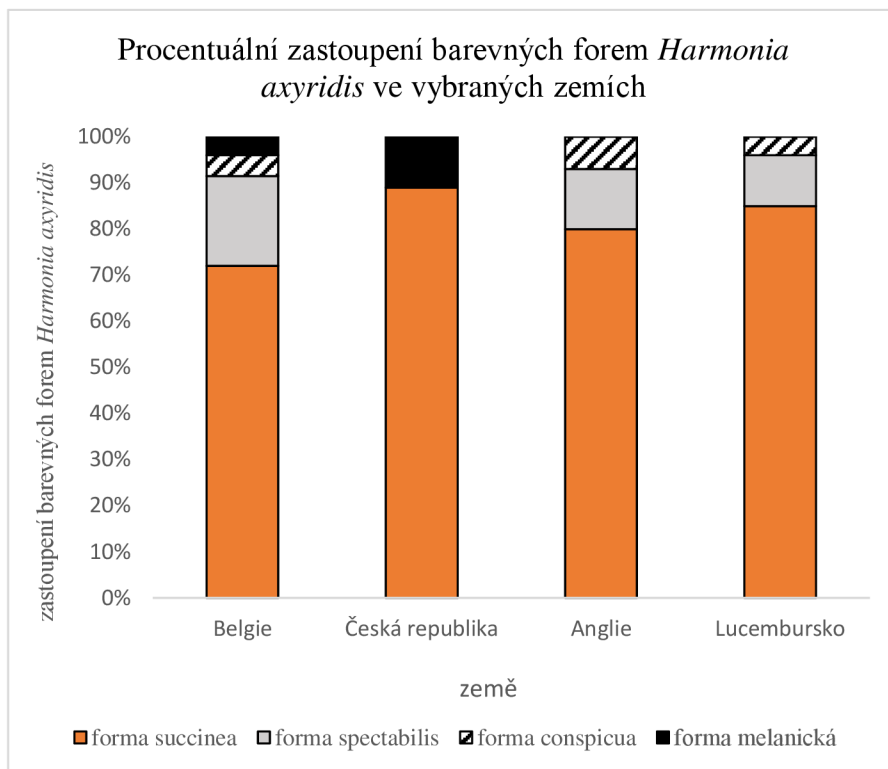
Příloha 4: dospělec *Ovalisia festiva* napadený houbami rodu *Aspergillus* (Ruicănescu & Stoica, 2019)



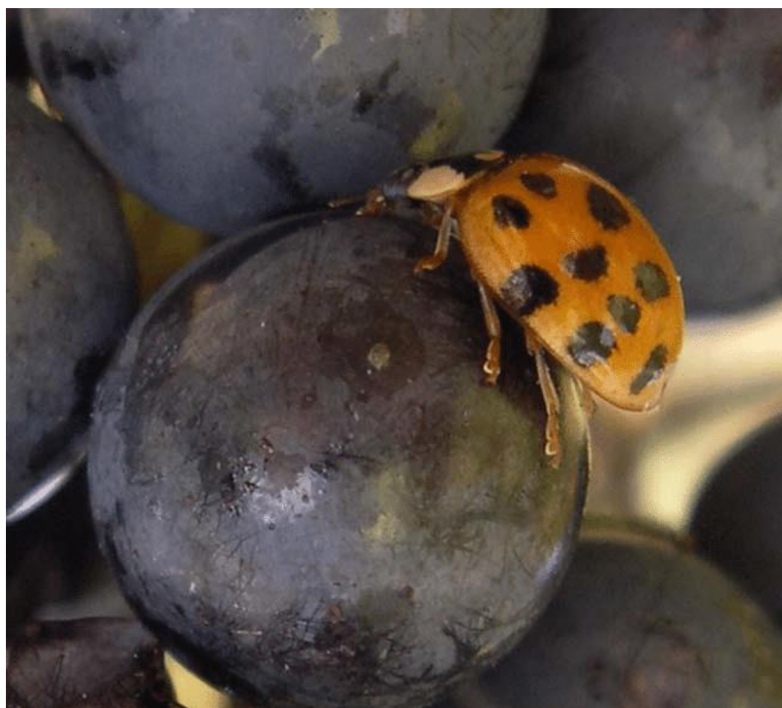
Příloha 5: seznam dřevin a zemědělsky významných plodin, na kterých byla zaznamenána *Harmonia axyridis* (upraveno podle Vandereycken et al., 2012)

seznam dřevin, na kterých byla zaznamenána <i>Harmonia axyridis</i>	seznam zemědělsky významných plodin, na kterých byla zaznamenána <i>Harmonia axyridis</i>
<i>Abies procera</i> Rehder	<i>Allium schoenoprasum</i> L.
<i>Acacia</i> sp.	<i>Apium graveolens</i> L.
<i>Acer negundo</i> L.	<i>Brassica napus</i> L.
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	<i>Brassica oleracea</i> L.
<i>Acer saccharum</i> Marsh	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i>
<i>Acer</i> sp.	<i>Brassica oleraceae</i> L. var. <i>capitata</i>
<i>Alnus</i> spp.	<i>Brassica oleraceae</i> L. var. <i>leucocephala</i>
<i>Betula pendula</i> L.	<i>Cucurbita</i> sp.
<i>Betula</i> sp.	<i>Fragaria</i> sp.
<i>Corylus</i> spp.	<i>Glycine max</i> L.
<i>Crataegus</i> sp.	<i>Gossypium hirsutum</i> L.
<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Hordeum vulgare</i> L.
<i>Juniperus</i> sp.	<i>Humulus lupulus</i> L.
<i>Lafoensia pacari</i> L.	<i>Lactuca sativa</i> L.
<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	<i>Lolium perenne</i> L.
<i>Magnolia macrophylla</i> Michaux	<i>Medicago sativa</i> L.
<i>Myrciaria cauliflora</i> Mart. O. Berg	<i>Mentha piperita</i> L.
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	<i>Solanum tuberosum</i> L.
<i>Picea</i> spp.	<i>Triticum aestivum</i> L.
<i>Pinus resinosa</i> Aiton	<i>Zea mays</i> L.
<i>Pinus</i> sp.	
<i>Pinus sylvestris</i> L.	
<i>Pinus taeda</i> L.	
<i>Podocarpus</i> sp.	
<i>Populus</i> sp.	
<i>Quercus rubra</i> L.	
<i>Quercus</i> sp.	
<i>Salix koriyanagi</i> Kimura	
<i>Salix sieboldiana</i> Bi.	
<i>Salix</i> sp.	
<i>Sambucus sieboldiana</i> (Miq.)	
<i>Tilia americana</i> L.	
<i>Tilia cordata</i> Mill.	
<i>Tilia</i> sp.	
<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	

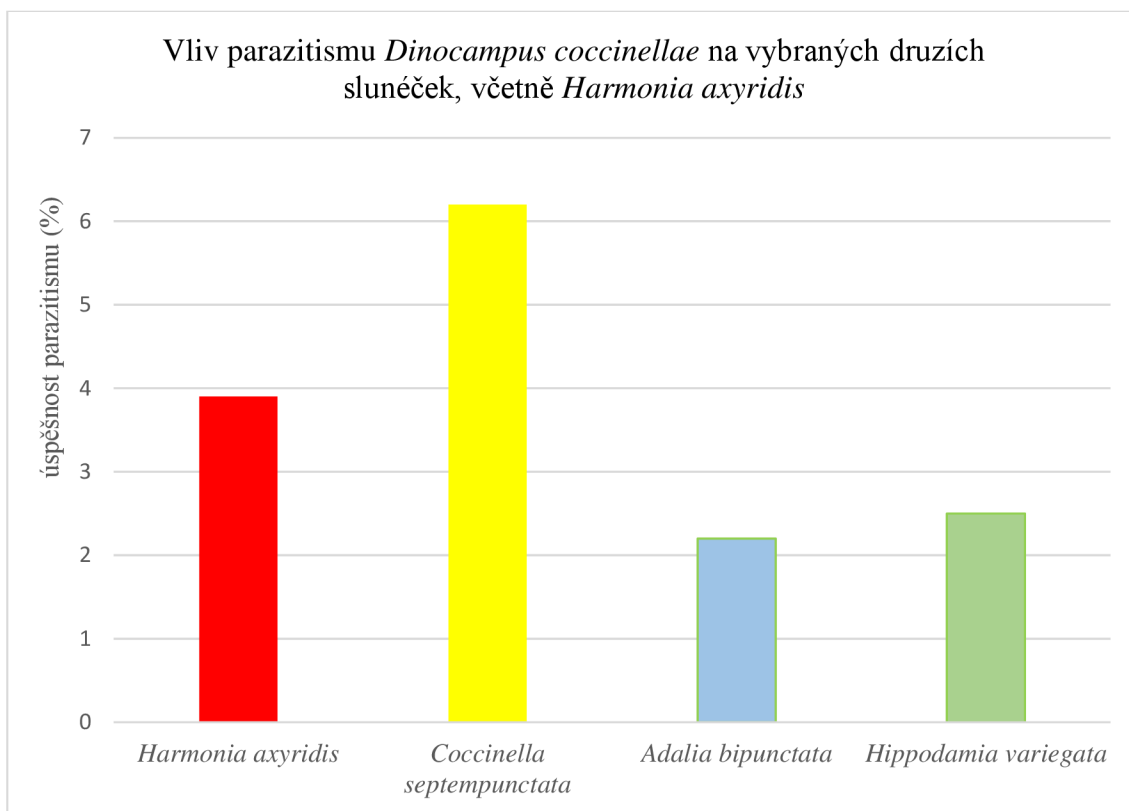
Příloha 6: procentuální zastoupení barevných forem *Harmonia axyridis* ve vybraných zemích, včetně České republiky (upraveno podle Brown et al., 2008)



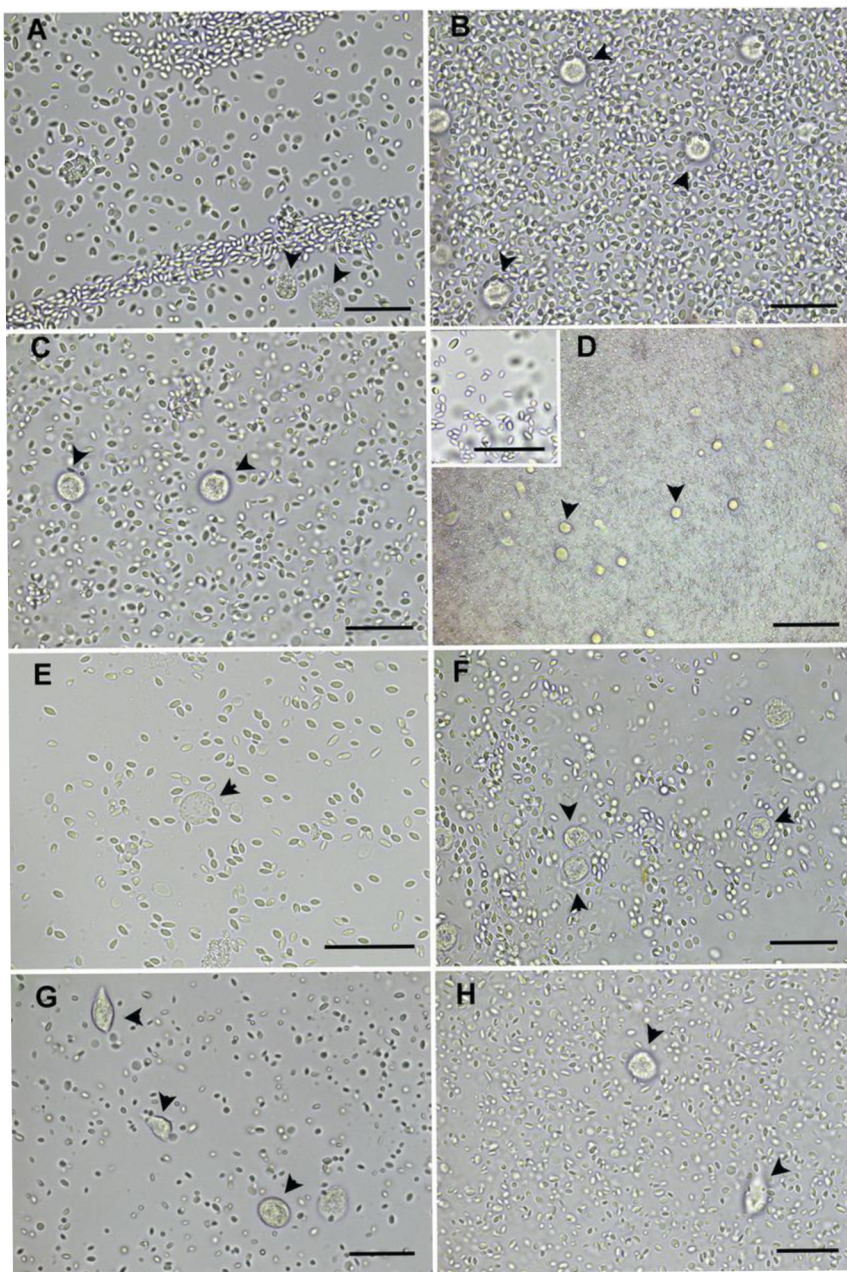
Příloha 7: dospělec *Harmonia axyridis* na vinné révě (Ker & Pickering, 2006)



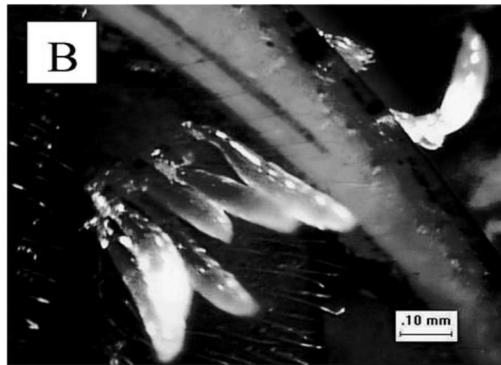
Příloha 8: vliv parazitismu *Dinocampus coccinellae* na vybraných druzích slunéček, včetně *Harmonia axyridis* (upraveno podle Dindo et al., 2016)



Příloha 9: mikrosporidie v hemolymfě *Harmonia axyridis* odebrané z různých geografických oblastí. Šipky poukazují na velké hemocyty, kolem kterých se nachází velká koncentrace mikrosporidií. Měřitko představuje 20 μm (Vilcinskas et al., 2014)



Příloha 10: dospělec *Harmonia axyridis* napadený parazitickou houbou *Hesperomyces virescens* (Riddick & Schaefer, 2005)



Příloha 11: místa výskytu *Hesperomyces virescens* na těle samic a samců *Harmonia axyridis* (upraveno podle Ceryngier & Twardowska, 2013)

