

J I H O Č E S K Á U N I V E R Z I T A
Z e m ě d ě l s k á f a k u l t a
Č e s k é B u d ě j o v i c e

Disertační práce

**Interakce mezi organismy obývajícími jírovec
maďal (*Aesculus hippocastanum*)**

Ing. Michal Kopačka

Č e s k é B u d ě j o v i c e

2018

Školitel: Ing. Rostislav Zemek, CSc.
Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Entomologický ústav
České Budějovice

Školitel specialista: doc. RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu disertační práce Ing. Rostislavu Zemkovi, CSc. a školiteli specialistovi doc. RNDr. Jaroslavu Boháčovi, DrSc., za cenné rady a pomoc v průběhu studia, ze které vzešla moje disertační práce. Nemale poděkování patří také rodičům za psychickou a finanční podporu v průběhu studia.

Tato práce vznikla za podpory projektu GAJU 063/2013/Z.

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a za pomoci uvedené literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Ing. Michal Kopačka

V Českých Budějovicích dne 15.4. 2018

SOUHRN

Disertační práce je zaměřená především na studium ekologie a vzájemných interakcí mezi houbovou chorobou *Guignardia aesculi*, invazním škůdcem klíněnkou jírovcovou (*Cameraria ohridella*) a dravými roztoči čeledi Phytoseiidae na jírovci maďalu. Disertační práce je sestavena ze dvou hlavních částí: podrobné literární rešerše a šesti samostatných originálních publikací či rukopisů obsahujících výsledky vlastní výzkumné práce. První studie zkoumá prostorové rozšíření první generace klíněnky jírovcové v městském prostředí s ohledem na ohniska jejího výskytu, mortalitu diapauzních kukel na konci vegetační sezony a počet vylíhlých klíněnek a jejich parazitoidů na začátku následující vegetační sezony. Druhá studie se zabývá interakcí mezi klíněnkou jírovcovou a houbovou chorobou *Guignardia aesculi* na listech jírovce maďalu v průběhu vegetační sezony. Třetí a čtvrtá práce se věnuje vlivu specifických mikroklimatických podmínek lokalit na úroveň poškození listové plochy houbovým patogenem *G. aesculi*. Dále bylo studováno prostorové šíření tohoto patogenu v městském prostředí. V páté publikaci bylo studováno a vzájemně porovnáno druhové složení a populační hustota dravých roztočů na jírovcích mezi Českou republikou a Řeckem. Šestá studie popisuje druhové složení, abundanci, populační dynamiku a poměr pohlaví roztočů čeledi Phytoseiidae na jírovcích. Dále je zjišťováno, zda abundance dravých roztočů může být ovlivněna poškozením listů klíněnkou jírovcovou nebo *G. aesculi* v průběhu vegetační sezony.

Klíčová slova: jírovec maďal, *Aesculus hippocastanum*, klíněnka jírovcová, *Cameraria ohridella*, *Guignardia aesculi*, draví roztoči, Phytoseiidae, interakce, městské prostředí

SUMMARY

Ph.D. thesis is focused on the study of ecology and interactions among fungal disease horse chestnut leaf blotch, *Guignardia aesculi*, invasive pest horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella*, and predatory mites of family Phytoseiidae. Ph.D. thesis consists of two main parts: 1) a detailed background research, and 2) six separate original published papers or manuscripts describing results of my own studies. The first study investigated spatial distribution of the first generation of *C. ohridella* in the urban environment in relation to the pest, the mortality of overwintering pupae at the end of vegetation season and the number of hatched *C. ohridella* and its parasitoids at the beginning of the following vegetation season. The second paper describes the interaction between *C. ohridella* and *G. aesculi* during vegetation season. The third and fourth papers deal with the effect of specific microclimatic conditions in site on the damage inflicted to horse chestnut leaves by *G. aesculi*. In addition, spatial distribution of *G. aesculi* in urban environment was studied. The fifth paper compared the species composition and the population density of Phytoseiidae between the Czech Republic and Greece. The sixth study described the species composition, abundance, population dynamics and sex ratio of phytoseiid mites inhabiting horse chestnut. The study also investigated, whether the abundance of predatory mites on horse chestnut leaves can be influenced by leaf damage caused by the horse chestnut leaf miner or *G. aesculi* during vegetation season.

Key words: horse chestnut, *Aesculus hippocastanum*, horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella*, *Guignardia aesculi*, predatory mites, Phytoseiidae, interactions, urban environment

OBSAH

1. ÚVOD.....	- 8 -
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	- 9 -
2.1. Jírovec maďal (<i>Aesculus hippocastanum</i>).....	- 9 -
2.2. Choroby jírovce maďalu způsobené patogeny.....	- 14 -
2.2.1. <i>Guignardia aesculi</i> (Peck) Stewart.....	- 15 -
2.2.2. <i>Mycosphaerella aesculi</i> (Cocc. et Morini) Tomilin.....	- 20 -
2.2.3. <i>Erysiphe flexuosa</i> (Peck) U. Braun & S. Takam.	- 22 -
2.2.4. <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>aesculi</i>	- 24 -
2.3. Fytofágní hmyz na listech jírovce maďalu	- 28 -
2.3.1. Klíněnka jírovcová (<i>Cameraria ohridella</i>).....	- 28 -
2.3.2. Třásnokřídílí (Thysanoptera).....	- 43 -
2.4. Ostatní organismy na listech jírovce maďalu	- 44 -
2.4.1. Roztoči (Acari).....	- 44 -
2.4.2. Pavouci (Araneae).....	- 48 -
3. CÍLE PRÁCE	- 49 -
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST A VÝSLEDKY.....	- 51 -
4.1. Prostorová variabilita úrovně zamoření jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou (Lepidoptera: Gracillariidae) a počtu vyhlých motýlů a parazitoidů z listové hrabanky v městském prostředí (Příloha I)	- 51 -
4.2. Interakce mezi houbovou chorobou (<i>Guignardia aesculi</i>) a klíněnkou jírovcovou (<i>Cameraria ohridella</i>) na listech jírovce maďalu (Příloha II)	- 52 -
4.3. Variabilita poškození listů jírovce maďalu houbovým patogenem <i>Guignardia aesculi</i> a vliv mikroklimatických podmínek (Příloha III a IV).....	- 52 -
4.4. Druhová diverzita a abundance roztočů čeledi Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) na jírovcu maďalu (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.) v městském prostředí: srovnání mezi Řeckem a Českou republikou (Příloha V)	- 53 -
4.5. Abundance a populační dynamika phytoseiidních roztočů na listech jírovce maďalu a jejich interakce s klíněnkou jírovcovou a houbovou chorobou <i>G. aesculi</i> v průběhu vegetační sezony (Příloha VI).....	- 54 -
5. DISKUZE.....	- 55 -
5.1. Prostorová variabilita úrovně zamoření jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou (Příloha I)	- 55 -
5.2. Interakce mezi klíněnkou jírovcovou a <i>G. aesculi</i> na složených listech jírovce maďalu (Příloha II).....	- 56 -

5.3. Vliv mikroklimatických podmínek na poškození složených listů jírovce maďalu <i>G. aesculi</i> (Příloha III a IV).....	- 57 -
5.4. Vliv poškození listů jírovce na abundanci dravých roztočů (Příloha V a VI)	- 58 -
6. ZÁVĚRY	- 60 -
7. LITERATURA.....	- 62 -
8. SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ.....	- 86 -
9. SEZNAM VLASTNÍCH PUBLIKOVANÝCH PRACÍ	- 87 -
10. PŘÍLOHY.....	- 89 -

Příloha I : Spatial variability in the level of infestation of the leaves of horse chestnut by the horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and in the number of adult moths and parasitoids emerging from leaf litter in an urban environment..... - 89 -

Příloha II: Seasonal dynamics and the interaction between the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* and the horse chestnut leaf blotch, *Guignardia aesculi*..... - 101 -

Příloha III: Variability in *Aesculus hippocastanum* leaf damage caused by the fungal pathogen *Guignardia aesculi*: The effect of tree proximity to urban water bodies - 117 -

Příloha IV: The effect of microclimatic conditions on *Guignardia aesculi* infecting horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) trees..... - 140 -

Příloha V.: Diversity and abundance of Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) on horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in an urban environment: a comparison between Greece and the Czech Republic - 148 -

Příloha VI.: Occurrence and population dynamics of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on horse chestnut tree, *Aesculus hippocastanum* and its interaction with *Cameraria ohridella* and *Guignardia aesculi*..... - 164 -

Příloha VII: Vhodná údržba městských parků přispívá k regulaci klíněnky jírovcové - 187 -

Příloha VIII: Evaluation of *I. fumosorosea* efficacy for the control of spider mites - 190 -

Příloha IX: Postery a abstrakty z mezinárodních konferencí..... - 196 -

1. ÚVOD

Jírovec maďal, *Aesculus hippocastanum* L., (Sapindales: Sapindaceae) rostl původně jen v horských a podhorských částech jihovýchodní Evropy. V 17. století se začal vysazovat po celém území Evropy. Jírovec je tedy introdukovaný strom v České republice, který se v posledních desetiletích vysazuje především do velmi frekventovaných parků velkých měst, kde plní zejména okrasnou funkci.

Listy jírovce maďalu jsou každoročně napadány chorobami, které jsou způsobené patogeny *Guignardia aesculi* (Peck) Stewart, *Mycosphaerella aesculi* (Cocc. et Morini) Tomilin, *Erysiphe flexuosa* (Peck) U. Braun & S. Takam a *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*. Mezi nejzávažnější fytofágní škůdce v České republice patří klíněnka jírovcová *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic od roku 1993 (Liška 1997). Dále se na listech vyskytují drobní zástupci polyfágního a fytofágního hmyzu.

Od roku 2003 byly publikovány desítky vědeckých článků věnujících se klíněnce jírovcové. Naproti tomu houbovým chorobám a dalším členovcům, např. roztočům na jírovcu maďalu se články věnovaly jen ojediněle. Rovněž bylo dosud realizováno jen několik studií zabývajících se vzájemnou interakcí těchto organismů.

Předložená disertační práce se snaží zkoumat interakce mezi hlavními organismy, přirozeně se vyskytujícími se na jírovcu maďalu v Evropě, společně s jejich ekologií a interakcí v celé šíři dosud známých poznatků. Práce se zabývá především šířením klíněnky jírovcové v městském prostředí a vzájemným vztahem k parazitoidům v průběhu vegetační sezony, abundancí a diverzitou phytoseiidních roztočů na listech jírovce maďalu zamořených klíněnkou jírovcovou a *G. aesculi*, vlivem mikroklimatických podmínek na zamoření jírovce houbovou chorobou *G. aesculi* a vzájemným vztahem klíněnky jírovcové a *G. aesculi* na listech jírovce maďalu.

2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

Literární přehled byl rozdělen do tří základních samostatných podkapitol: 2.1. Jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*), 2.2. Choroby jírovce maďalu způsobené patogeny, 2.3. Fytofágní hmyz na listech jírovce maďalu a 2.4. Ostatní organismy na jírovci maďalu. V poslední kapitole jsou popsány organismy, které neovlivňují přímo vitalitu jírovců.

2.1. Jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*)

Jírovec maďal je introdukovaný okrasný strom, který je vysazován v každém větším evropském městě do parků, veřejných zahrad a okolo bulvárů či ulic. V městských aglomeracích jsou horší předpoklady pro vývoj vegetace než v okolní volné krajině. Na tyto nevhodné podmínky reagují nejen rostliny, keře, ale také stromy. Tak jako lidé i ony jsou různě citlivé vůči znečištění městského prostředí. Negativní reakce na kontaminované prostředí se u jednotlivých rostlin liší v závislosti na koncentraci a délce působení polutantů a prachu. Nejcitlivěji reagují jehličnaté a stálezelené dřeviny, které se nemohou nahromaděných škodlivin v listových pletivech zbavovat každoročním opadem listů. Proto jsou pouze některé druhy dřevin vhodné pro vysazování v městském intravilánu (Johnson 2005; Čermáková & Mužíková 2009).

2.1.1. Zařazení jírovce maďalu do taxonomického systému

Plantae (rostliny), **Oddělení:** Magnoliophyta (rostliny krytosemenné), **Třída:** Rosopsida (vyšší dvouděložné), **Řád:** Sapindales (mýdelníkotvaré), **Čeleď:** Sapindaceae (mýdelníkovité), **Rod:** *Aesculus* (jírovec)

Čeleď *Aesculus* zahrnuje 13 druhů stromů a 6 hybridů (tabulka 1), které se nacházejí téměř na všech kontinentech světa. V České republice mezi jírovci dominuje s početní převahou jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*) nad jírovcem pleťovým (*Aesculus × carnea*). V současné době se však upřednostňuje při výsadbě jírovec pleťový. Ostatní druhy jírovců se vysazovaly ve městech jen velice vzácně (Kopačka 2011).

Tabulka 1: Soupis druhů a hybridů čeledi *Aesculus* (Martinovský 1959; Klika 1965; Pokorný 1987; Koblížek 2000; Jura 2001; Takacs et al. 2016).

Druhy	Hybridy
<i>A. assamica</i> Griff.	<i>A. × bushii</i> - jírovec Bushův
<i>A. californica</i> Nutt. - jírovec kalifornský	<i>A. × carnea</i> Hayne - jírovec pleťový
<i>A. chinensis</i> Bunge - jírovec čínský	<i>A. × hybrida</i> DC. - jírovec smíšený
<i>A. flava</i> Ait. - jírovec žlutý	<i>A. × marylandica</i> Booth ex Kirchn.
<i>A. glabra</i> Willd. - jírovec lysý	<i>A. × mutabilis</i> (Spach) Scheele
<i>A. hippocastanum</i> L. - jírovec maďal	<i>A. × neglecta</i> Lindl.- jírovec přehlížený
<i>A. indica</i> - jírovec indický	
<i>A. parryi</i> A.Gray	
<i>A. parviflora</i> Walt. - jírovec drobnokvětý	
<i>A. pavia</i> L. - jírovec pávie	
<i>A. sylvatica</i> Bartr.	
<i>A. turbinata</i> Blume - jírovec japonský	
<i>A. wangii</i> Hu	

2.1.2. Místo původu jírovce maďalu a šíření Evropou

Původně rostly jírovce jen na nepatrném území jihovýchodní Evropy v horských a podhorských částech Balkánu: v Řecku na území Epiru a podhůří Pindus, ve východních krajích Thesálie a sousední části Makedonie, kde byly pěstovány společně s jedlí řeckou (*Abies cephalonica*). Oblast přirozeného rozšíření zasahovala také k Ohridskému jezeru a do údolí řeky Crni Drim. Malá oddělená část výskytu leží ještě v severním Bulharsku. Kdekoli jinde je jírovec maďal (*A. hippocastanum*) dřevinou jen zplanělou nebo naturalizovanou. Jeho osud má mnoho společného s tulipány a puškvorcem. V druhé polovině 16. století se tyto tři druhy rostlin pěstovaly v Istanbulu, který byl až do svého pádu vstupní branou pro introdukci mnoha rostlinných druhů. Odtud byly zaslány jírovce významnému botanikovi té doby Clusiovi do Vídně. Roku 1615 jej z Istanbulu do Francie přivezl francouzský cestovatel, který ho zasadil v Paříži. V průběhu následujících 100 let se jírovec maďal rozšířil po celé Evropě, kde byl vysazován do zámeckých parků, alejí a center měst. V současné době je jírovec maďal hojně zastoupen ve městech na celém území Evropy (Pokorný 1987; Lancasrter 2004; Větvička 2005; Tryjanowski et al. 2006; Takacs et al. 2016).

2.1.3. Základní popis a charakteristika jírovce maďalu

Základní charakteristické znaky jírovce maďalu jsou popsány v tabulce 2. Množení a vysazování jírovců se provádí nejčastěji výsevem semen nebo výsadbou

semenáčků na podzim nebo na jaře po stratifikaci. Vhodné podmínky pro sadbu jsou v humózních půdách bohatých na živiny. Nejintenzivnější růst jírovce maďalu je mezi 3. a 9. rokem a poté růst pozvolna klesá. Rychlost růstu se výrazně mění v závislosti s jeho věkem, zdravotním stavem, konkurencí sousedních dřevin a se změnou klimatických podmínek v lokalitě. Faktory ovlivňující růst stromů částečně ovlivňují také základní funkce asimilační plochy listů (Martinovský 1959; Klika 1965; Pokorný 1987; Koblížek 2000; Jura 2001).

Tabulka 2: Základní charakteristické znaky jírovce maďalu (*A. hippocastanum*) (Martinovský 1959; Klika 1965; Pokorný 1987; Koblížek 2000; Jura 2001; Takacs et al. 2016).

Kmen:	Šedivo hnědá borka hladká a ve stáří šupinovitě odlupčivá. Výška stromu dosahuje až 30 metrů. Průměrná šířka letokruhu je 3,52 mm.
Koruna:	Koruna rozložitá volnolupenná, korunní lístky s nechtem, letorosty jsou lysé a silné s velkými silně lepkavými pupeny. Světelná propustnost koruny závisí na množství listů, hustotě listů a dalších charakteristikách koruny. V Evropě se světelná propustnost koruny pohybuje v rozmezí od 0,03 do 0,47.
Listy:	Vstřícné a přisedné dlouze řapíkaté listy jsou dlouhé 10-25 cm, 5-7 čtené světle zelené dlanité listeny, průměrná velikost čepelí bývá 23 x 35 cm, Listy jsou složeny z 5-7 listenů. Časně z jara se listy otevírají a na podzim opadávají.
Pupeny:	Pupeny jsou velké, lesklé a lepkavé s velkými zjizvenými listy těsně pod pupenem.
Květy:	Květy ve vzpřímených bohatých latách (20 cm vysoké), 4-5 čtené, kalich srostlolupenný, bílé květy se žlutou a růžovou skvrnitostí, nitky i prašníky chlupaté, 5-9 vyčnívajících tyčinek z květu. Květy začínají kvést na začátku května.
Plody:	Tobolky jsou tvrdé a ostře ježaté, pukající třemi chlopněmi. Průměrně bývají v tobolce 2-3 semena.

2.1.4. Základní funkce asimilační plochy listů a stresové faktory

Obecně jsou rostliny v průběhu svého života vystaveny velmi proměnlivým podmínkám vnějšího prostředí. Ty mohou zpomalovat základní funkce asimilační plochy listů a v krajním případě vést i k jejich odumření. Nepříznivé vlivy vnějšího prostředí, vyvolávající stresovou reakci, označujeme jako stresory (stresové faktory).

2.1.4.1. Základní funkce asimilační plochy

Listy jsou nejvaribilnějším orgánem stromů, které regulují mikroklimatické prostředí v koruně stromu (světlo, vítr, vlhkost ovzduší, teplotní gradienty). Poškozená listová pletiva přestávají postupně plnit své základní funkce (fotosyntéza, respirace, transpirace a gutace) (Kolařík 2005).

2.1.4.1.1. Fotosyntéza a respirace

Specifickou schopností zelených rostlin je získávání energie fotosyntézou a respirací. Rostliny dýchají ve dne i v noci, během dne však převládá fotosyntéza a v noci respirace. Takto získaná energie je dále využívána rostlinou pro růst a svůj rozvoj. Tyto dva vzájemně se doplňující děje (komplementární) probíhají uvnitř rostlinných buněk, kde probíhají současně v oddělených kompartmentech chloroplastů a mitochondrií (Kincl & Faustus 1978; Procházka et al. 1998; Kolařík 2005).

Fotosyntéza (fotosyntetická asimilace kyslíčnicku uhličitého) je rozdělena na fázi světelnou a temnostní. Mezi významné faktory ovlivňující intenzitu fotosyntézy patří především: intenzita a kvalita světla, koncentrace kyslíčnicku uhličitého v atmosféře, teplota vzduchu a zásobování rostliny vodou. Asimilační plocha jírovců je nejčastěji poškozována klíněnkou jírovcovou. Poškozená plocha i nadále plní částečně svou funkci (fotosyntézy a transportu živin a vody) do doby, než epidermická vrstva uschne. Po té je průběh fotosyntézy vyloučen (Kincl & Faustus 1978; Procházka et al. 1998; Raimondo et al. 2003; Thalmann et al. 2003; Kolařík 2005).

Respirace a její intenzita je závislá jak na rostlině samotné, tak na vnitřních a vnějších faktorech prostředí. Vnitřní faktory: růst rostlin, obsah vody a sacharidů v listových pletivech a druhové dědičné vlastnosti. Vnější faktory: teplota, světlo a složení vzduchu (Kincl & Faustus 1978; Procházka et al. 1998).

2.1.4.1.2. Transpirace

Transpirace má zásadní vliv na energetickou bilanci rostlin. Základní rozdělení transpirace je na listovou a mimolistovou. **Listová transpirace** probíhá prostřednictvím asimilačních orgánů rostliny. Listovou transpiraci můžeme dále rozdělit podle způsobu odpařování vody na stomatární a kutikulární transpiraci. **Mimolistová transpirace** se uskutečňuje ostatními orgány rostliny (Kincl & Faustus 1978; Penka 1985; Procházka et al. 1998; Konarska et al. 2016).

Rychlost celkové transpirace je ovlivňována souborem vnitřních a vnějších činitelů. Teplota listů není téměř nikdy shodná s teplotou okolního vzduchu. Při teplotách nad 30°C bývají listy chladnější a v noci bývají listy z pravidla teplejší než teplota okolního vzduchu. Nicméně významné lokální snížení teploty vzduchu způsobené transpirací bylo zaznamenáno pouze krátce po západu slunce (Kincl & Faustus 1978; Penka 1985; Procházka et al. 1998; Konarska et al. 2016).

2.1.4.1.4. Gutace

Gutace se vždy objevuje tehdy, když je vzduch přesycen vodními parami a rostliny vytlačují gutační kapky hydatodami na okraji listů, které se skutálejí doprostřed listu a vytvoří tak velké kapky rosy. Na vytlačování kapek vody hydatodami se zúčastňuje kořenový vztlak. Gutační voda není čistá, na rozdíl od vody transpirační, obsahuje minerální látky, které se po odpaření vody usazují na okraji listů a vytvářejí zde bílé skvrny (Kincl & Faustus 1978; Kolařík 2005).

2.1.4.2. Stresové faktory asimilační plochy listů

Stresové faktory můžeme rozdělit na **abiotické** a **biotické**. Po vystavení jírovců stresovému faktoru vzápětí nastane stresová reakce skládající se ze třech fází (poplachové, adaptační a vyčerpání). Krátce po dosažení třetí fáze rostlinný list odumírá (Procházka et al. 1998; Flückiger & Braun 1999).

Abiotické stresové faktory jsou způsobovány krajními stavy jednotlivých složek v životním prostředí: záření (fotoinhibice, fotooxidace), teplota (stres způsobený vysokými či nízkými teplotami), voda (stres způsobený suchem nebo nadbytkem vody), minerální látky (nedostatek minerální výživy v půdě) a dostatečný prostor pro kořenový systém (ovlivňuje propustnost koruny až na 60%. Po přesazení stromů do většího prostoru se světelná propustnost koruny snižuje (Procházka et al. 1998; Flückiger & Braun 1999).

Biotické stresové faktory jsou způsobené fytopatogenními chorobami (*Guignardia aesculi*, *Mycosphaerella aesculi* a *Erysiphe flexuosa*) popsaných v kapitole 2.2. a fytofágním hmyzem, vyskytujícím se na jírovcích (kapitola 2.3.). Klíněnka jírovcová (*Cameraria ohridella*) je jediným významným fytofágním

škůdcem na jírovci maďalu. Jiné významné poškození jírovců od listožravého či savého hmyzu nebylo v literatuře zaznamenáno. Mezi nejzávažnější choroby na jírovci patří bakteriální infekce způsobená *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, způsobující odumírání stromů. Fytofágní škůdci a fytopatogenní houbové choroby mohou výrazně omezit základní funkce listové plochy (Mertelik et al. 2013).

2.1.5. Schopnost kumulace kovů z prostředí

Byla prokázána sezonní kumulace kovů Cr, Fe, Ni, Zn, a Pb v listech jírovce maďalu v městských lokalitách. Proto tyto stromy mohou sloužit jako vhodný bioindikátor v městském prostředí. Vitalita hostitelských stromů může ovlivnit velikost populace minujících motýlů. Navzdory tomu výsledky mnoha studií naznačují, že velikost dokončených min u mnoha minujících motýlů se neliší v závislosti na znečištění ovzduší a celkové velikosti poškozené asimilační plochy listů (Awmack & Leather 2002; Gilbert & Grégoire 2003; Anicic et al. 2011; Kozlov & Zvereva 2016).

2.1.6. Vliv předčasné defoliace jírovců na reprodukční vlastnosti semen

Silně zamořené stromy jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou (*C. ohridella*) mají dramaticky kratší vegetační sezonu. Pokud je asimilační plocha listů zamořena více než z 50%, strom začíná spontánně ztrácet listy. Pokročilý stupeň defoliace může být pozorován již od půlky července při dokončení vývoje druhé generace klíněnkou jírovcové. Tento jev může negativně ovlivňovat váhu tobolek i semen uvnitř. V silně zamořených oblastech může být redukována váha tobolek až o polovinu. Nicméně průměrný počet semen v tobolce, počet tobolek na květenství ani počet květenství na stromě se nemění. Navzdory tomu redukována váha může vážně ovlivnit růst a přežívání semenáčků (Wiech et al. 2001; Thalmann et al. 2003; Baraniak 2004; Kukula-Mlynarczyk & Hurej 2007).

2.2. Choroby jírovce maďalu způsobené patogeny

Listová plocha jírovce maďalu je každoročně poškozována houbovými chorobami třídy Dothideomycetes, Leotiomycetes a bakteriální chorobou třídy Gamma Proteobacteria. Třída Dothideomycetes je zastoupena dvěma houbovými chorobami *Guignardia aesculi* a *Mycosphaerella aesculi*. *Guignardia aesculi* je velmi rozšířená v Evropě a její symptomy jsou velice zřetelné. Z tohoto důvodu je poměrně známá mezi širokou veřejností. Naproti tomu *Mycosphaerella aesculi* se vyskytuje na listech jírovce jen ojediněle. Z houbových chorob třídy Leotiomycetes byla popsána *Erysiphe flexuosa*. Třída Gamma Proteobacteria zastupuje bakteriální chorobu bleeding canker (česky slizotoková nekroza), která vypukne následkem patogenu *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* (Zimmermannová & Janitor 2000; Zimmermannová 2001; Webber et al. 2008).

2.2.1. *Guignardia aesculi* (Peck) Stewart

Guignardia aesculi je nejznámější a nejrozšířenější fytopatogenní houbovou chorobou na složených listech jírovce maďalu (*A. hippocastanum*). Během vegetačního období je ve stádiu nepohlavním, jako parazit asimilační plochy listů. V zimním období a na jaře přežívá v pohlavním stadiu jako saprofit. Ačkoli nekroza na listech je nevzhledná, nepoškozuje zásadním způsobem vitalitu stromu. Dosud nebyl v literatuře popsán případ stromu, který by uhynul následkem této choroby (Zimmermannová & Janitor 2000; Zimmermannová 2001).

2.2.1.1. Zařazení *G. aesculi* do taxonomického systému

Fungi (houby), **Kmen:** Ascomycota, **Třída:** Dothideomycetes, **Řád:** Incertae sedis, **Čeleď:** Botryosphaeriaceae, **Rod:** *Guignardia*

Houbové choroby čeledi *Botryosphaeriaceae* patří mezi nejběžněji rozšířená onemocnění stromů a křovin po celém světě. Pro tyto choroby jsou typické symptomy, jako je odumírání listů. Choroby žijí v asymptomatických rostlinných tkáních jako endofyty nebo latentní patogeny. V současnosti je známo přibližně 110 druhů houbových chorob v čeledi *Botryosphaeriaceae* (Slippers et al. 2005; Slippers et al. 2009; Phillips et al. 2013).

2.2.1.2. Symptomy a životní cyklus *G. aesculi*

První symptomy houbové choroby *G. aesculi* (Peck) Stewart (konídiová stadia: *Phyllosticta sphaeropsoidea* Ell. Et Everh.; *Asteromella aesculicola* (Sacc.) Petrak) se začínají objevovat již v dubnu. Zpočátku jsou viditelné, nenápadné, malé, vodou nasáklé kulaté až okrouhlé plošky na listech, které za několik dnů zčervenají a následně zhnědnou. Pokud je těchto ploch několik, splynou dohromady a vytvoří žlutý okraj okolo znekrotizovaného listového pletiva. V květnu vznikají na horní i dolní straně znekrotizovaného listového pletiva malá černá pyknidia (vysoká 60-120 μm a široká 60-110 μm), kde dozrávají 5-6 týdnů pyknidiospóry. Po dozrání se pyknidia otevřou a spóry (12-15 x 8-10 μm) se větrem rozšiřují na další listy v koruně. Vývoj pyknidií je rychlý a cyklus se opakuje. Malé červeno-hnědé protáhlé skvrny jsou pozorovány i na řapících složených listů. V případě významného poranění listové čepele během vegetační sezony se list začíná zkrucovat a stáčet. V případě poranění asimilační plochy listů (nad 60%) listy předčasně opadávají. Na podzim se vytváří i spermogóniové stádium na listech. Spermogónie obsahují malá podlouhlá spermatia (3-9 x 0,75-3 μm), která jsou menší než počáteční pyknidia. Ve vzácných případech se mohou objevovat spermatia v pyknidiích společně s pyknidiospórami. *Guignardia aesculi* přezimovává ve formě pohlavního stádia na opadaných listech. Peritécia jsou černá a obsahují kapsy o velikosti (54-70 x 15-17 μm). Každá kapsa obsahuje osm bezbarvých subeliptických askospór (12-18 x 7-9 μm). Na jaře se začínají objevovat askospory z peritécií vymršťované a po vyklíčení infikují zelené listy jírovce maďalu. Nejnáchylnější jsou listy ve spodní části koruny stromů (Stewart 1916; Zimmermannová 2001; Zimmermannová-Pastircaková & Pastircak 2002; Pastiráková et al. 2009).

Nekrotická poškození způsobená hnědou skvrnitostí listů (*G. aesculi*) a klíněnkou jírovcovou (*C. ohridella*) jsou velmi podobná a je velmi jednoduché je mezi sebou zaměnit (obrázek 1). Symptomy *G. aesculi* jsou popsány výše v této kapitole a v kapitole 2.3. jsou důkladněji popsány symptomy klíněnky jírovcové. Musí se dbát zvýšené pozornosti při stanovování skutečné příčiny poškození listové plochy jírovce maďalu (Kopačka 2011).



Obrázek 1: Poškození listové plochy jírovce maďalu A) houbovou chorobou *Guignardia aesculi* a B) klíněnkou jírovcovou (*Cameraria ohridella*).

2.2.1.3. Původ a rozšíření *Guignardia aesculi* ve světě

Guignardia aesculi je celosvětově rozšířenou houbovou chorobou na třech kontinentech v Evropě (tabulka 3) Severní Americe (tabulka 4) a Asii (tabulka 5). V Evropě se této houbové chorobě dříve nevěnovala příliš velká pozornost, z tohoto důvodu v literatuře nebyla detailněji zaznamenána rychlost šíření *G. aesculi* ve světě.

Tabulka 3: Rozšíření *Guignardia aesculi* v Evropě.

Stát	Citace
Anglie	(Grove 1935)
Belgie	(Hudson 1987)
Bulharsko	(Tomov 2007)
Česká republika	(Pastiráková et al. 2009)
Estonsko	(Pöldmaa 2006)
Francie	(Vegh & Le Berre 1991)
Itálie	(Scaramuzzi 1954)
Litva	(Treigiene 2006)
Maďarsko	(Magyar & Tóth 2003)
Německo	(Schneider 1961)
Nizozemsko	(Pastiráková et al. 2009)
Norsko	(Pawsey 1962)
Polsko	(Przybyl 2002)
Portugalsko	(Caetano 1985)
Rakousko	(Petrak 1957)
Rumunsko	(Ianovici et al. 2012)
Rusko	(Golosoova 2004)
Slovensko	(Hrubík 1976)
Slovinsko	(Milatović 1956; Pastiráková et al. 2009)
Švýcarsko	(Scaramuzzi 1954)
Ukrajina	(Adrianova 2006)

Tabulka 4: Rozšíření *Guignardia aesculi* v Severní Americe.

Stát	Citace
Kanada	(Bissett & Darbyshire 1984)
Spojené státy americké	(Neely & Himelick 1963)

Tabulka 5: Rozšíření *Guignardia aesculi* v Asii.

Stát	Citace
Čína	(Chen et al. 2007)
Severní Korea	(Pastiráková et al. 2009)

2.2.1.4. Hostitelské stromy *Guignardia aesculi*

Z dostupné literatury je patrné, že jsou napadány výhradně stromy z rodu *Aesculus*. Nejčastěji je *G. aesculi* pozorována na jírovci maďalu, jírovci pavii a jírovci japonském (tabulka 6) na území třech kontinentů v Severní Americe, Evropě a Asii.

Tabulka 6: Hostitelské stromy v Severní Americe, Evropě a Asii (Milatović 1956; Neely & Himelick 1963; Neely 1971; Bissett & Darbyshire 1984; Chen et al. 2007; Pastiráková et al. 2009).

Hostitelské stromy v Severní Americe (10 druhů, 7 hybridů)	Druhy: <i>A. californica</i> (Spach) Nutt. - Jírovec kalifornský, <i>A. discolor</i> Asa Gray, <i>A. flava</i> Ait. - Jírovec žlutý, <i>A. georgiana</i> Sarg., <i>A. glabra</i> Willd. - Jírovec lysý, <i>A. hippocastanum</i> L. - Jírovec maďal, <i>A. chinensis</i> Bunge - Jírovec čínský, <i>A. parviflora</i> Walt. - Jírovec drobnokvětý, <i>A. pavia</i> L. - Jírovec pávie, <i>A. turbinata</i> Blume - Jírovec japonský
	hybridy: <i>A. × arnoldiana</i> , <i>A. × carnea</i> - Jírovec pleťový, <i>A. × mutabilis</i> , <i>A. × neglecta</i> - Jírovec přehlížený, <i>A. × woerlitzensis</i> , <i>A. x bushii</i> C.K. Schneid. - Jírovec Bushův, <i>A. x hybrida</i> DC. - Jírovec smíšený
Hostitelské stromy v Evropě (10 druhů, 4 hybridů)	Druhy: <i>A. californica</i> (Spach) Nutt. - Jírovec kalifornský, <i>A. flava</i> Ait. - Jírovec žlutý, <i>A. glabra</i> Willd. - Jírovec lysý, <i>A. hippocastanum</i> L. - Jírovec maďal, <i>A. indica</i> (Wall. Ex Cambess.) Hook. - Jírovec indický, <i>A. parviflora</i> Walt. - Jírovec drobnokvětý, <i>A. pavia</i> L. - Jírovec pávie, <i>A. sylvatica</i> Bartr., <i>A. turbinata</i> Blume - Jírovec japonský
	hybridy: <i>A. × carnea</i> Hayne - Jírovec pleťový, <i>A. × mutabilis</i> (Spach) Scheele, <i>A. × neglecta</i> Lindl - Jírovec přehlížený, <i>A. × woerlitzensis</i>
Hostitelské stromy v Asii (3 druhy)	Druhy: <i>A. hippocastanum</i> L. - Jírovec maďal, <i>A. pavia</i> L. - Jírovec pávie, <i>A. turbinata</i> Blume - Jírovec japonský

2.2.1.5. Biotické faktory ovlivňující výskyt *G. aesculi*

Mezi nejzásadnější biotické faktory podporující výskyt *Guignardia aesculi* na listech jírovce maďalu patří především složení listového pletiva.

Přítomnost *G. aesculi* na listech jírovce maďalu závisí na chemickém složení listového pletiva složených listů. Listy s vyšším podílem dusíku (N) a fosforu (P) jsou více náchylné na zamoření listů houbovou chorobou *G. aesculi*, než listy s nižším podílem těchto dvou prvků. Výskyt pozitivně koreluje se širokým poměrem (N) a (P) obsažených v listových pletivech (Procházka et al. 1998; Flückiger & Braun 1999).

2.2.1.6. Ochranné strategie během vegetačního období

Ochranné strategie a způsoby regulace výskytu *G. aesculi* můžeme rozdělit do dvou základních skupin: na mechanické a chemické způsoby regulace gulace.

2.2.1.6.1. Mechanické způsoby regulace *G. aesculi*

Jedním způsobem je prořezání koruny zamořeného jírovce. Prořezáním dojde ke zlepšení cirkulace vzduchu a prostupnosti světla v koruně. Tyto faktory přispívají k rychlému vysychání listů, čímž se snižuje doba vystavení listů vlhkosti (Pastiráková et al. 2009).

Shrabání a odstranění zamořených listů houbovou skvrnitostí časně na podzim je bezpodmínečně nutné. Teleomorpha se vyskytuje na přezimujících listech jírovce maďalu, a proto je shrabování a likvidace listů společně s teleomorphami účinnou metodou. Redukujeme tak množství houbových spor, které infikují listy na jaře v následujícím roce (Pastiráková et al. 2009).

2.2.1.6.2. Chemické způsoby regulace

Při chemickém způsobu regulace *G. aesculi* se mohou aplikovat fungicidy a biostimulanty. Na rozdíl od fungicidů, které obsahují účinnou látku proti houbové chorobě, složení biostimulantů pouze pomáhá zlepšovat zdravotní stav, růst a přirozenou ochranu stromů (Plenk 1996; Ferrini & Nicese 2002).

Biostimulanty jsou synteticky vytvořené látky, které většinou obsahují sloučeniny (akrylamid, aminokyseliny, carbohydráty, endo- a ectomykorhizní houby, huminové kyseliny, mořské řasy, bakterie vázající vzdušný dusík, rostlinné hormony, mořské řasy, vitamíny, extrakt z juky). Výrobci je přizpůsobují tomu, aby účinkovaly dvěma směry. V první řadě vyvolaly imunitní reakci u rostlin (proti nemoci či škůdci) a zároveň účinkovaly jako hnojivo. Nelze je tedy zaměňovat za běžně využívaná průmyslová hnojiva s typickým poměrem N:P:K (Ferrini & Nicese 2002; Percival 2010).

Biostimulanty pro regulaci hnědé skvrnitosti komerčně vyrábí a prodává celá řada firem (Maxicrop Original, Resistim, Bioplex, Fulcrum CRV, Redicrop, Crop Set, Superthrive a Systhane). Účinnost regulace byla nedostatečná a nepřesáhla 10%. Účinnost preparátu a velká finanční náročnost aplikace přispěla k tomu, že tyto přípravky nejsou v praxi téměř využívány (Banks & Percival 2012).

Fungicidy jsou synteticky vyrobené látky, které se aplikují převážně postřikem. Jejich aplikace patří mezi nejefektivnější způsoby regulace *G. aesculi*. V literatuře jsou popsány například: Myclobutanil, Mancozeb, Bitertanol, Benomyl, Triadimenol, Feraminol a Tetraconazole. Nejlepší výsledky byly zaznamenány použitím fungicidu Myclobutanil. Nejvhodnější měsíc na aplikaci je květen, doba, kdy askospory způsobují primární infekci. Účinnost Myclobutanilu dosáhla dostatečné úrovně 73,4%-79,6% (Plenk 1996; Pastíráková et al. 2009).

2.2.2. *Mycosphaerella aesculi* (Cocc. et Morini) Tomilin

Mycosphaerella aesculi se vyskytuje ojediněle na listech a nepředstavuje patologické onemocnění jírovce maďalu. Během vegetačního období je v nepohlavním stadiu a v zimním období přežívá v pohlavním stadiu jako saprofit. Výskyt byl zaznamenán pouze v Severní Americe a Evropě. Nebyl nalezen v literatuře případ, kdy by došlo k úhynu stromu a to vlivem dlouhodobého oslabování stromu prostřednictvím poškozování asimilační plochy listu (Zimmermannová 2001).

2.2.2.1. Zařazení do taxonomického systému

Fungi, **Kmen:** Ascomycota, **Třída:** Dothideomycetes, **Čeleď:** Mycosphaerellaceae, **Rod:** *Mycosphaerella*

Čeleď Mycosphaerellaceae zahrnuje 22 rodů, které obsahují okolo 3000 druhů. Houbové choroby jsou široce rozšířené na dvou kontinentech, kde napadají široké spektrum běžně rostoucích dřevin (Aptroot 2006).

2.2.2.2. Sympton a průběh onemocnění

Mycosphaerella aesculi (konidiové stádium: *Septoria hippocastani* Berk. et Broome) způsobuje méně výrazné poškození než *Guignardia aesculi* (kapitola 2.2.1.). Početné skvrny jsou drobné, ostře ohraničené, hnědočervené a nemají žlutý okraj. Její vývin je podobný jako u *G. aesculi*. Houba se rozšiřuje konidii v průběhu vegetace. Pyknidia, která jsou hlavně na horní straně listu, jsou velká do 180 µm. Obsahují dlouhé spóry velké 30-57 x 2,5-3,5 µm. Houba přezimovává v listovém pletivu opadaných listů a na jaře vytváří pohlavní stádia, která jsou zdrojem primární infekce. Během vegetačního období žije *M. aesculi* v nepohlavním stadiu a v zimním období a na jaře přežívá v pohlavním stadiu (Zimmermannová & Janitor 2000; Zimmermannová 2001).

2.2.2.3. Původ a rozšíření ve světě

Pohlavní a nepohlavní stadium houbové choroby (*M. aesculi*) byly popsány na konci 19. století. Literatura potvrzuje výskyt této houbové choroby v Severní Americe (tabulka 7) a na celém území Evropy (tabulka 8) (Zimmermannová 2001).

Tabulka 7: Výskyt *Mycosphaerella aesculi* v Severní Americe.

Severní Amerika	Citace
Kanada	(Conners 1967)
Spojené státy americké	(Hepting 1971)

Tabulka 8: Výskyt *Mycosphaerella aesculi* v Evropě.

Evropa	Citace
Anglie	(Peace 1962)
Rumunsko	(Radulescu et al. 1973)
Itálie	(Scaramuzzi 1954)
Slovensko	(Juhásová & Hamšíková 1996)

2.2.2.4. Metody regulace

V dostupných literárních zdrojích nebyla nalezena žádná zmínka o chemické ochraně stromů proti houbové chorobě *M. aesculi*. Je to pravděpodobně způsobené tím, že *M. aesculi* se ojediněle vyskytuje na listech jírovců. Nepaří mezi nebezpečné houbové choroby, které by se epidemicky šířily a mohly by způsobit uhynutí stromu. Není tedy žádný účinný postup, jak regulovat výskyt *M. aesculi* v průběhu vegetační sezony. Jako jedinou účinnou metodou regulace bude pravděpodobně na konci vegetačního období shrabání a transport zamořených listů z lokality. Spálením pohlavních a nepohlavních stádií účinně zabráníme šíření v následující vegetační sezoně (Zimmermannová 2001).

2.2.3. *Erysiphe flexuosa* (Peck) U. Braun & S. Takam

Erysiphe flexuosa je houbová choroba, mezi širokou veřejností známá jako padlí, která pokryje asimilační plochu listů bílým myceliem, a tak omezuje přirozené funkce listové čepele jírovce (kapitola 2.1.4.) a způsobuje tak pomalejší růst stromu (Severoglu & Ozyigit 2012).

2.2.3.1. Zařazení do taxonomického systému

Fungi (houby), **Kmen:** Ascomycota, **Třída:** Leotiomycetes, **Řád:** Erysiphales (padlí), **Čeleď:** Erysiphaceae, **Rod:** Erysiphe

Houbové choroby čeledi Erysiphaceae jsou kosmopolitně rozšířeny a je zaznamenáno 10 houbových chorob rodu *Erysiphe* na 25 čeledích stromů a křovin (Flint 1998).

2.2.3.2. Symptomy a průběh onemocnění

Houby řádu Erysiphales jsou převážně ektoparazity, jež jsou specializovány na určitý druh cévnatých rostlin. Typické příznaky na nadzemních orgánech (bílé až šedé skvrny) postupně splývají v jeden kompaktní povrch v závislosti na stupni napadení (zřetelný bílý povlak). Většinou vytvářejí na povrchu hostitele přehrádkované mycelium, které pomocí haustorií proniká do epidermálních buněk. Za příznivých podmínek se postupně šíří celou napadenou rostlinou. Choroba může vést až k předčasnému opadu listů či jejich zaschnutí. Padlí je způsobeno různými

druhy z řádu Erysiphales a přenáší se pomocí spor větrem nebo kontaktem (Braun 1987; Flint 1998; Severoglu & Ozyigit 2012).

2.2.3.3. Původ a rozšíření *Erysiphe flexuosa* ve světě

Erysiphe flexuosa je téměř celosvětově rozšířená houbová choroba. První výskyt *E. flexuosa* ve světě byl popsán v Severní Americe, odkud byla introdukována do Ruska v roce 1990. Následně byla zavlečena do Německa, odkud se začala nekontrolovaně šířit po celém území Evropy. Epidemické šíření *E. flexuosa* v Evropě je podrobněji popsáno v tabulce 9 (Braun 1987).

Tabulka 9: Šíření *Erysiphe flexuosa* v Evropě.

Stát	Rok výskytu	Citace
Rusko	1990	(Bunkina 1991)
Německo	1999	(Ale-Agha et al. 2000)
Švýcarsko	1999	(Bolay 2000)
Polsko	2001	(Piatek 2002)
Slovensko	2001	(Zimmermannová-Pastircáková & Pastircak 2002)
Rakousko	2001	(Zimmermannová-Pastircáková et al. 2002)
Chorvatsko	2001	(Zimmermannová-Pastircáková et al. 2002)
Velká Británie	2001	(Ing & Spooner 2002)
Itálie	2002	(Parrini & Braccini 2003)
Maďarsko	2002	(Kiss et al. 2004)
Slovinsko	2003	(Milevoj 2004)
Litva	2004	(Snieskiene et al. 2011)
Španělsko	2005	(Campelo et al. 2007)
Bulharsko	2007	(Stoykov & Denchev 2008)
Belgie	2007	(Ale-Agha et al. 2008)
Francie	2007	(Ale-Agha et al. 2008)
Turecko	2009	(Tozlu & Demirci 2010)

2.2.3.4. Hostitelské stromy *Erysiphe flexuosa*

Erysiphe flexuosa je houbová choroba kosmopolitně rozšířená, která napadá široké spektrum druhů stromů čeledi *Aesculus* (tabulka 10). V literatuře jsou pouze popsány hostitelské stromy ze Severní Ameriky a Evropy.

Tabulka 10: Hostitelské stromy *Erysiphe flexuosa* v Severní Americe a Evropě (Pirone et al. 1960; Ginns 1986; Farr et al. 1989; Zimmermannová-Pastircáková et al. 2002; Giordano et al. 2013).

Hostitelské stromy v Severní Americe (4 druhy, 1 hybrid)	Druhy: <i>Aesculus glabra</i> Willd. - jírovec lysý, <i>Aesculus hippocastanum</i> - jírovec maďal, <i>Aesculus octandra</i> Marsh. - jírovec žlutý, <i>Aesculus pavia</i> L. - jírovec pávia
	hybridy: <i>Aesculus</i> × <i>carnea</i> Hayne - Jírovec pleťový
Hostitelské stromy v Evropě (4 druhy, 2 hybridy)	<i>Aesculus chinensis</i> - jírovec čínský, <i>Aesculus hippocastanum</i> - jírovec maďal, <i>Aesculus indica</i> - jírovec indický a <i>Aesculus neglecta</i> - jírovec zanedbaný
	hybridy: <i>Aesculus</i> × <i>carnea</i> - jírovec pleťový a <i>Aesculus</i> × <i>plantierensis</i>

2.2.4. *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*

Patogen *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* způsobuje nebezpečná poranění jírovce maďalu. Vyvolaná choroba je lidově známá jako slizotoková nekroza (bleeding canker – v anglické literatuře). Každé poranění (stresor), kterému je strom vystaven, může stimulovat rozvoj klejotoku. Klejotok je závažná bakteriální choroba, následovaná odumřením neléčených jírovců během několika let. Klejotok je rozšířen v Severní Americe, Asii a Evropě (Johnson 2005).

2.3.4.1. Zařazení *P. syringae* pv. *aesculi* do taxonomického systému

Bacterium (Bakterie), **Kmen:** Proteobacteria, **Třída:** Gamma Proteobacteria, **Řád:** Pseudomonadales, **Čeleď:** *Pseudomonadaceae*, **Rod:** *Pseudomonas* Migula, 1894 (Webber et al. 2008)

Čeleď *Pseudomonadaceae* zahrnuje 12 rodů (Winslow et al., 1917), kterými jsou: *Azomonas* (Winogradsky, 1938), *Azomonotrichon* (Thomson & Skerman, 1981), *Azorhizophilus* (Thomson & Skerman, 1981), *Azotobacter* (Beijerinck, 1901), *Cellvibrio* (L.L.Blackall, Hayward & L.I.Sly, 1986), *Chryseomonas* (Holmes, Steigerwalt, Weaver & Brenner, 1986), *Flavimonas* (Holmes, Steigerwalt, Weaver & Brenner, 1987), *Mesophilobacter* (Nishimura, Kinpara & Iizuka, 1989), *Pseudomonas* (Migula, 1894), *Rhizobacter* (Goto & Kuwata, 1988), *Rugamonas* (Austin & Moss,

1987) a *Serpens* (Hespell, 1977) (Skerman et al. 1980; Rediers et al. 2004; Cornelis 2008).

Pseudomonas syringae pv. *aesculi* (Pae) patří do rodu *Pseudomonas*, který obsahuje více než 190 druhů. Vyznačují se velkou metabolickou rozmanitostí a schopností kolonizovat nové ekologické niky (Skerman et al. 1980; Rediers et al. 2004; Cornelis 2008).

2.3.4.2. Původ a šíření *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*

V současné době je patogen rozšířen na třech kontinentech (Severní Amerika, Evropa a Asie). Patogen byl poprvé popsán ve Spojených státech amerických okolo roku 1930, ve Velké Británii v sedmdesátých letech dvacátého století a v Indii okolo roku 1980. Od roku 2002 se začal klejotok náhle a nekontrolovaně šířit napříč Evropou. Rychlost šíření patogenu byla podpořena importem jírovců z oblastí zasažených tímto patogenem. Vyšší výskyt *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* je častější v městském prostředí, ve srovnání s venkovským prostředím. Výskyt a šíření patogenu ve Velké Británii se začal výrazně zvyšovat od roku 2003 (tabulka 11). V současné době je zastoupení jírovce maďalu ve Spojeném království vysoký (12% zastoupení jírovců ve městech) stejně jako výskyt klejotoku, naproti tomu je výskyt klejotoku a počet rostoucích jírovců v České republice výrazně nižší (Caroselli 1953; Braslir & Strouts 1976; Durgapal & Singh 1980; Johnson 2005; Kopačka 2011; Straw & Williams 2013; Pánková et al. 2015).

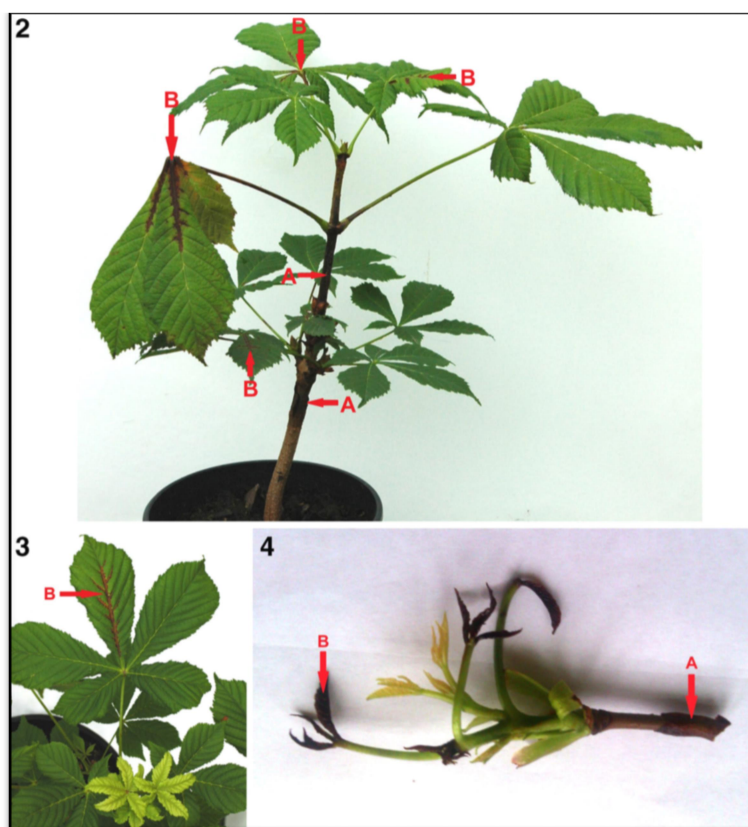
Tabulka 11: Šíření *Pseudomonas syringae* ve střední a západní Evropě.

Stát	Rok výskytu	Citace
Velká Británie	2003	(Webber et al. 2008)
Nizozemí	2004	(Dijkshoorn-Dekker 2005)
Belgie	2007	(Bultreys et al. 2008)
Německo	2007	(Schmidt et al. 2008)
Česká republika	2010	(Mertelik et al. 2013)
Norsko	2010	(Perminow et al. 2014)

Poškození jírovců patogenem bylo zaznamenáno mezi lety 2003 až 2007 v západní Evropě a mezi lety 2007 a 2010 ve střední Evropě. Na území České republiky se tato bakteriální choroba rozšířila za necelé 3 roky (Dijkshoorn-Dekker 2005; Webber et al. 2008; Green et al. 2009; Mertelik et al. 2013).

2.5.4.3. Symptomy klejotoku a projevy na stromech

Bakterie *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* způsobuje nekrotická zranění stromů (obrázek 2). Nejběžněji pozorovanými příznaky jsou vytékající lepkavý exulát rezavo-oranžové barvy z kmenu a větví, který při tuhnutí černá. Během vegetačního období poškozené pletivo znovu klejovatí, okraje rány se zvedají, větve zasychají a vadnou. V okolí rány se často vytvářejí rakovinotvorné znetvořeniny. Tisíce stromů v Evropě nyní vykazují symptomy tohoto patogenu. Pokud se nekroza rozšíří, vitalita stromu se rapidně snižuje. Pokud tato nákaza obklopí celý kmen stromu, následkem distribuované vody ve stromě, koruna během tří až čtyř let začne odumírat. Stromy, které přežijí tuto infekci, vykazují snížení rychlosti růstu a prořídnutí hustoty koruny (Morris at al. 2008; Webber et al. 2008; Green at al. 2009; Steele et al. 2010; Keijzer et al. 2012; Mertelik et al. 2013; Straw & Williams 2013; Pánková et al., 2015).



Obrázek 2: Typická poranění kmenu, větví a listů jírovce maďalu houbovou chorobou *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* (Pánková et al. 2015).

2.5.4.4. Hostitelské stromy *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*

Hlavní hostitelské stromy klejotoku patří do čeledi *Sapindaceae*: jírovec indický (*A. indica*), jírovec maďal (*A. hippocastanum*) a jírovec pleťový (*Aesculus x carnea*). V přirozené populaci jírovce maďalu se vyskytují stromy, které jsou rezistentní. Klejotok byl popsán i na dalších druzích stromů ve Spojených státech: bříza (*Betulaceae*), dub (*Fagaceae*), javor (*Sapindaceae*) a vrba (*Salicaceae*). V přirozené populaci jírovce maďalu se vyskytují stromy, které jsou rezistentní proti tomuto patogenu (Durgapal & Singh 1980; Webber et al. 2008; Straw & Williams 2013; Pánková et al. 2015).

2.5.4.5. Metoda léčení *P. syringae* pv. *aesculi* během vegetační sezony

Perspektivní neinvazivní metodou léčby klejotoku na jírovci maďalu se zdá být tepelné ošetření. Klejotok je bakteriální choroba, která je obtížně regulovatelná. Hlavním principem metody léčby je rozdílná citlivost *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* (Pae) a infikovaného pletiva jírovce maďalu. Po vystavení infikovaného místa teplotě 39°C po dobu 48 hodin nebyly nalezeny žádné aktivní bakterie a z tohoto důvodu se šíření klejotoku zastavilo. Neléčená zranění se rapidně zvětšují a stromy během několika let odumírají. Tepelné ošetření se projevuje příležitostným viditelným poraněním léčeného místa. Tato metoda je poměrně finančně nenáročná a široce aplikovatelná. Proto může být použita jako preventivní opatření výskytu klejotoku v alejích a parcích ve velkém rozsahu (Keijzer et al. 2012).

2.5.4.6. Interakce mezi klejotokem a klíněnkou jírovcovou

Cameraria ohridella se častěji vyskytuje u starších jírovců, zatímco klejotok (bleeding cancer) mezi mladšími, rychle rostoucími stromy. Sekundární metabolity a některé enzymy (β -1,3-glucanase a peroxidase) obsažené v listových pletivech primárně zvyšují odolnost stromů proti proniknutí bakterií, houbovým a virovým patogenům a fytofágnímu hmyzu do listových pletiv. V literatuře byla popsána rostoucí interakce mezi klíněnkou jírovcovou a klejotokem. Pravděpodobně omezením fotosyntetických procesů, způsobené minami klíněnky jírovcové nebo nekrotizovaným listovým pletivem způsobené klejotokem, byla redukována i tvorba

těchto enzymů v listech. Tím může být podpořeno šířejí klejotoku, z tohoto důvodu by do strategie regulace klíněnky jírovce měla být zapracována i strategie pro regulaci klejotoku v městském prostředí (Dalisay & Kuc 1995; Johnson 2005; Green at al. 2009; Steele et al. 2010; Straw & Williams 2013; Glynn & Banks 2014).

2.3. Fytofágní hmyz na listech jírovce maďalu

Na listech jírovce maďalu byly v literatuře dosud popsány pouze dva řády fytofágního hmyzu. Klíněnka jírovcová (*Cameraria ohridella*) z řádu motýli (Lepidoptera) a truběnky z řádu trásnokřídlí (Thysanoptera). Dále můžeme fytofágní hmyz rozdělit podle způsobu poškozování asimilační listové plochy. Larvy klíněnky jírovce minují (vyžirají) listové pletivo mezi dvěma epidermickými vrstvami. Truběnky mají bodavě sací ústní ústrojí (Lupi 2005; Kopačka 2011).

2.3.1. Klíněnka jírovcová (*Cameraria ohridella*)

Klíněnka jírovcová je malý minující motýl specializovaný na jírovec a v současné době patří mezi nejzávažnější minující fytofágní škůdce jírovce maďalu (Kopačka 2011).

2.3.1.1. Zařazení klíněnky jírovcové do taxonomického systému

Animalia (živočichové), **Kmen:** Arthropoda (členovci), **Třída:** Insecta (hmyz), **Řád:** Lepidoptera (motýli), **Čeleď:** Gracillariidae (vzprímenkovití), **Rod:** *Cameraria* (klíněnka)

V rodu *Cameraria* je celkem 79 druhů. Kromě klíněnky jírovcové (*Cameraria ohridella*) v České republice byly historicky nejvíce diskutované druhy: Klíněnka jacintoská (*Cameraria jacintoensis* D.R. Davis & Opler, 1981), klíněnka Walsinghamova (*Cameraria walsinghami* D.R. Davis & Opler, 1981) a klíněnka Wislizeniellova (*Cameraria wislizeniella* Opler, 1971) (Opler & Davis 1981).

Klíněnka jacintoská Tento specifický název druhu má původ z názvu typické lokality výskytu (Mt. San Jacinto) a latinské přípony – ensis. Je to bivoltinní druh a je velmi morfologicky podobný s *Cameraria mediodorsella*. Velikost předních křídel

u samců se pohybuje mezi 3,2 - 4,4 mm a u samic 2,8 - 4,5 mm (Opler & Davis 1981).

Hostitelské stromy jsou *Quercus dumosa*, *Quercus turbinella* ssp. *californica*. Mina má vaječný tvar se zeleným neprůhledným epidermisem. Mina vždy kříží hlavní žebro listu a kukly vyžerou 25-75% listu mezi dvěma epidermickými vrstvami. Většinou se nachází jedna mina na listě a má dva paralelní lomy (zřídka jeden nebo tři). Dospělci se objeví brzy na jaře a na podzim (Opler & Davis 1981).

Klíněnka Walsinghamova, tento druh je nejbližší morfologicky podobný ke *Cameraria marinensis*. Základní barva a vzor předních křídel je identický s *C. marinensis* a navíc má lesklé zlaté skvrnky. Délka předních křídel je 4,8-5,5 mm u samců a 4,5-5,2 mm u samic (Opler & Davis 1981).

Hostitelské rostliny jsou *Lithocarpus densiflora* var. *echinoides* Abrams. Miny mají podlouhlý tvar a neprůhledný epidermis se žlutými skvrnami. Miny jsou obvykle na obou stranách hlavního žebra listu nebo velice zřídka na jedné straně. Jednotlivé miny se mezi sebou nikdy nekříží. Dospělci se vylíhnou v srpnu nebo září. Zatímco larvy se vyvíjí a krmí od pozdního podzimu až do pozdního léta. Toto období může trvat okolo 10 měsíců (Opler & Davis 1981).

Cameraria wislizeniella je nejvíce podobná úzce příbuznému druhu *Cameraria mediodorsella*. Samci mají délku předních křídel mezi 3,1 a 4,7 mm a samice mají délku křídel mezi 2,4 a 4,3 mm. Barva zadních křídel a střípce je světle šedá (Opler & Davis 1981).

Cameraria wislizeniella má jako hostitelské rostliny *Quercus wislizenii*, *Quercus agrifolia* (dub kalifornský). Mina je podlouhlá až vaječná a příležitostně kruhovitá a neprůhledná, epidermis má žlutozelenou barvu. Mina většinou kříží hlavní žebro listu. Obvykle jeden list má jednu minu, ale občas může mít i dvě. Přezimující imaga se objeví a rozšíří mezi březnem a dubnem. Larvy mají dlouhé období vývinu (Opler & Davis 1981).

2.3.1.2. Místo původu a rozšíření klíněnky jírovcové ve světě

Dlouhou dobu se předpokládalo, že místem původu klíněnky jírovcové je Balkánský poloostrov, protože zde byla historicky poprvé zaznamenána. Místo původu se nepodařilo potvrdit, a proto byla vytipována další potenciální místa původu klíněnky jírovcové. Mezi potenciální místa původu patřila kromě Balkánského poloostrova, Severní Amerika a východní Asie (Grabenweger & Grill 2000).

Severní Amerika, jako pravděpodobné místo původu bylo vyloučeno. Ačkoli více než dvě třetiny druhů čeledi *Cameraria* bylo popsáno ve Spojených státech, jsou velmi odlišné od klíněnky jírovcové. Kromě toho, stromy čeledi *Aesculus*, rostoucí v Americe, neumožňují bezproblémový vývoj klíněnky jírovcové (Grabenweger & Grill 2000).

Východní Asie, jsou popsány druhy čeledi *Cameraria* v Malajsii, Japonsku, Rusku a Číně. Vztah mezi klíněnkou jírovcovou a asijskými druhy rodu *Cameraria* nebyl dosud zkoumán. Předpokládá se, že *Cameraria ohridella* pochází z nearktického regionu ještě než se rozdělila Severní Amerika a Euroasie (Grabenweger & Grill 2000).

Balkánský poloostrov je stále nejvěrohodnějším místem původu klíněnky jírovcové. V tomto regionu byla poprvé popsána a stále zde se nachází původní populace jírovce maďalu, který umožňuje bezproblémový průběh životního cyklu tohoto minujícího druhu. Pro potvrzení této hypotézy byla realizována studie, která porovnávala DNA markery populace klíněnky jírovcové z téměř celé Evropy, ale i přesto nemohla bez pochyby stanovit jižní Balkán jako místo původu. Pochybnosti také prohlubuje velice nízká úroveň parazitace klíněnky jírovcové jejími přirozenými nepřáteli v Makedonii, která je srovnatelná s parazitací v Evropě. V místě původu invazního druhu bývá parazitace výrazně vyšší než na novém introdukovaném stanovišti. Dále jírovec maďal byl dovážen a vysazován posledních 200 let po celé Evropě a klíněnka jírovcová nebyla schopná ho následovat až do roku 1989 (Holzschuh 1997; Grabenweger & Grill 2000; Valade et al. 2009).

2.3.1.3. Šíření a distribuční centra klíněnky jírovcové v Evropě

Klíněnka jírovcová byla poprvé popsána v roce 1985 u Ohridského jezera v Makedonii. Následně v roce 1989 byla zavlečena do Rakouska, odkud se rozšířila do sousedních států. Z těchto dvou ohnisk se klíněnka jírovcová během dvaceti let nekontrolovaně rozšířila po celém rozsáhlém území Evropy (tabulka 12, obrázek 3) a v roce 2004 i do Malé Asie (Turecka). Průměrná rychlost šíření klíněnky jírovcové byla 60-70 km ročně (Deschka & Dimic' 1986; Puchberger 1995; Skuhravý 1999; Buszko et al. 2000; Šefrová & Laštůvka 2001; Cebeci & Acer 2007).

Tabulka 12: Šíření klíněnky jírovcové Evropou.

Stát	Rok prvního výskytu	Citace
Makedonie	1985	(Deschka & Dimic' 1986)
Srbsko	1987	(Petkovic 1989)
Chorvatsko	1989	(Maceljiski & Bertia 1996)
Rakousko	1989	(Puchberger 1995)
Itálie	1991	(Hellrigl 1998)
Česká republika	1993	(Liška 1997)
Maďarsko	1993	(Szaboky 1997)
Německo	1993	(Butin & Fuhrer 1994)
Slovensko	1994	(Sivicek et al. 1997)
Slovensko	1995	(Milevoj & Macek 1997)
Polsko	1998	(Wittenberger 1998)
Rumunsko	1998	(Šefrová & Lastuvka 2001)
Švýcarsko	1998	(Kenis & Forster 1998)
Belgie	1999	(Prins & Puplesiene 2000)
Nizozemsko	1999	(Stigter et al. 2000)
Francie	2000	(Guichard & Augustin 2002)
Litva	2002	(Ivinskis & Rimšaitė 2006)
Lotyšsko	2002	(Metla et al. 2013)
Švédsko	2002	(Svensson 2003)
Ukrajina	2002	(Akimov et al. 2003)
Turecko	2004	(Cebeci & Acer 2007)



Obrázek 3: Šíření klíněnky jírovcové Evropou (Skuhravý 1999).

2.3.1.4. Biologie a životní cyklus klíněnky jírovcové

Diapauzní kukly klíněnky jírovcové přezimují v kokonu ve spadáných listech jírovce maďalu. Ve střední Evropě má klíněnka jírovcová zpravidla 3 generace během vegetační sezony. První generace se začíná líhnout a vylétávat od konce května do konce června, druhá generace od půlky července do půlky srpna a třetí generace od první třetiny září do poloviny října. Klimatické podmínky patří mezi nejzásadnější faktory ovlivňující termín líhnutí jednotlivých generací a jejich počet. Ve vyšších nadmořských výškách s chladnějším podnebím se vyvinou pouze dvě generace, zatímco v teplejších oblastech až čtyři generace. Během léta a podzimu se vyskytují vajíčka, larvy, kukly a imága současně. (Pschorn-Walcher 1994; Hellrigl 2001; Freise & Heitland 2004; Baraniak et al. 2005; Girardoz et al. 2007; Ivanov et al. 2007).

Samci se začínají líhnout o 2-5 dní dříve než samičky. V tomto čase samci a samice sedají na borku kmene nebo na spodní větve jírovce maďalu (*Aesculus*) (Pschorn-Walcher 1994; Hellrigl 2001; Girardoz et al. 2007; Ivanov et al. 2007).

Po páření každá samička může naklást až 180 vajíček. Každé vajíčko je kladeno samostatně na horní epidermickou vrstvu, většinou k hlavní žilnatině listu. Samičky z druhé a třetí generace kladou vajíčka na celý povrch listenu složeného listu (Girardoz et al. 2007).

Larvální vývoj trvá 25-35 dní do čtvrtého larválního instaru, příležitostně i pátého instaru a dvěma "spinning" instary. První larvální instar vytvoří v listovém pletivu pouze malou chodbičku. Druhý a třetí instar buduje kruhovou minou o různém průměru (tabulka 13). Speciální adaptace části těla umožňuje housence odříznout nebo seškrábnout listové pletivo uvnitř miny. Larvy vstřebávají tekutinu nebo "pappy food". Larvy se poté zakuklí do dvou "spinning instar", které mohou nebo nemusí vytvořit pravý kokon v mině. Procento diapauzních larev se zvyšuje s každou následující generací. V první generaci se vyskytuje pouze 5-13%, v druhé generaci 20-35% a ve třetí generaci téměř všechny larvy přezimují. Přezimující kukla klíněnky jírovcové může přežít až do teploty -23°C (Puchberger 1995; Skuhřavý 1998; Freise & Heitland 2004).

Tabulka 13: Tvar a velikost miny na listech jírovce maďalu a velikost jednotlivých instarů klíněnky jírovcové v minách (Czencz & Bürgés 1996; Grabenweger 2003).

Vývojová stádia klíněnky jírovcové	velikost a tvar miny	šířka larválního stadia (mm)	šířka larválního stadia (mm)
vajíčko	před výskytem miny	-	-
1. larvální instar	≤ 3mm kruhová mina	0,13-0,15	0,45-0,75
2. larvální instar	≤ 3mm kruhová mina	0,22-0,26	0,88-1,32
3. larvální instar	2-9 mm kruhová mina	0,35-0,39	2,11-2,64
4. larvální instar	≥ 8 mm, nepravidelný tvar	0,52-0,57	2,86-4,62
protáčivá kukla	≥ 1 cm, nepravidelný tvar	0,39-0,44	3,52-4,84
protáčivý instar a kukla	≥ 1 cm, nepravidelný tvar	-	-
kukla	≥ 1 cm, nepravidelný tvar	-	-

Výsledky mnoha studií naznačují, že velikost dokončených min u mnoha minujících motýlů se neliší v závislosti na znečištění ovzduší a celkové velikosti poškozené asimilační plochy listů. Navzdory tomu kvalita (vitalita) hostitelských rostlin může ovlivnit celkovou velikost populace minujících motýlů (Awmack & Leather 2002; Gilbert & Grégoire 2003; Kozlov & Zvereva 2016).

Larvy klíněnky jírovcové poškozují listy vyžíráním (minováním) listového pletiva mezi horní a spodní epidermickou vrstvou. Mina začne žloutnout a později zhnědne. V této fázi je poškození velmi viditelné. Stromy s nízkým počtem napadených listů nejsou zásadním způsobem oslabeny, ale když je velké procento asimilační plochy listu zamořeno minami, list uschne a předčasně odpadne. Nicméně, úplná defoliace neovlivní růst stromů (Salleo et al. 2003).

Přezimující generace klíněnky jírovcové trpí vysokou mortalitou, a přesto je umožněn rychlý nárůst těchto populací. Hlavní faktory mortality ovlivňují poslední generaci klíněnek v daném roce. Za prvé, když populace jsou vysoké, larvy mohou umřít intra-specifickým soupeřením a list kvůli způsobenému poškození odpadne dříve než normálně. Za druhé, synchronizace mezi larválním vývojem klíněnek a opadem listů není často ideální a některé roky mnoho larev klíněnky jírovcové uhynie, protože nejsou zakukleny dříve, než list odpadne a uschne. A v poslední řadě, mortalita přezimujících kukel v hrabance je většinou velmi vysoká, protože mnoho listů je zničeno větrem nebo detritivním hmyzem (Pschorn-Walcher 1994; Freise & Heitland 2004; Girardoz et al. 2007).

2.3.1.5. Hostitelské stromy klíněnky jírovcové

Klíněnka jírovcová klade vajíčka na různé druhy stromů a křovin, ale ne na každém je schopna úspěšně dokončit svůj životní cyklus. Dřeviny můžeme rozdělit podle tohoto hlediska na dvě základní skupiny: na hostitelské stromy a na nehostinné stromy (Péré et al. 2010).

2.3.1.5.1. Hostitelské stromy klíněnky jírovcové

Hlavní hostitelský strom klíněnky jírovcové je jírovec maďal a příležitostným hostitelským stromem může být javor klen (*Acer pseudoplatanus*). Tyto případy se vyskytly především tehdy, jestliže se javor klen nacházel v bezprostřední blízkosti napadeného jírovce. Klíněnka dává jednoznačně přednost jírovcu maďalu. Navzdory tomu, že vylíhlé larvy klíněnky jírovcové mají více než 70% mortalitu během prvních dvou instarů, je schopná úspěšného vývoje i na javoru kleny (Péré et al. 2010).

2.3.1.5.2. Nehostinné stromy klíněnky jírovcové

U všech druhů stromů a křovin klíněnka klade vajíčka na listy, ale vajíčka se nevyvíhla nebo larvy uhynuly v prvním nebo druhém vývojovém stádiu, krátce po začátku krmení. Typickým příkladem je jírovec pleťový (*Aesculus x carnea*), který vznikl v Evropě okolo roku 1818 zkřížením mezi druhem jírovcem maďalem a severoamerickým červeným maďalem (*Aesculus pavia* L.). Jírovec pleťový se vyznačuje atypickou odolností proti klíněnce jírovcové, ta je způsobena přítomností směsi saponinů v listových pletivech. Tyto látky zajistí velice silnou ochranu listů proti larvám klíněnky jírovcové (Wilkinson 1981; Ferracini et al. 2010; Péré et al. 2010).

Výčet nehostinných stromů: brslen evropský (*Euonymus europaeus*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), habr obecný (*Carpinus betulus*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor babyka (*Acer campestre*), javor mléč (*Acer platanoides*), jírovec pleťový (*Aesculus x carnea*), lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*), líska obecná (*Corylus avellana*), ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*), svída krvavá

(*Tilia platyphyllos*), třešeň ptačí (*Prunus avium*), zmiozel obecný (*Lonicera xylosteum*) (Ferracini et al. 2010; Péré et al. 2010).

2.3.1.6. Metody regulace klíněnky jírovcové

Metody regulace klíněnky jírovcové můžeme rozdělit na mechanické způsoby regulace, regulace pomocí pohlavních feromonů, pesticidy, mikroinjektáže kmenů a další perspektivní metody regulace.

2.3.1.6.1. Mechanické způsoby regulace klíněnky jírovcové

Hlavním cílem mechanického shrabování spadaneho listí jírovce maďalu na konci vegetačního období nebo časně z jara je zabránění úspěšnému přezimování diapauzních kukel. Se shrabaným listím však musíme naložit tak, abychom zabránili vylíhnutí klíněnek a ty se nemohly dále šířit. Na neshrabaných lokalitách vznikají ohniska klíněnky jírovcové, která výrazně přispívají k navýšení poškození asimilační plochy složených listů v přílehlých lokalitách již na začátku vegetační sezony (Kehrli & Bacher 2003; Baraniak 2004; Kopačka et al. 2011).

Spalování zamořených listů snižujeme počet přezimujících kukel, ale současně při tom hubíme i parazitoidy klíněnky jírovcové (Hymenoptera) a další užitečné členovce. Toto ošetření již bylo realizováno v Praze, kde dobrovolníci shrabovali na podzim zamořené listy klíněnky jírovcové, které byly dočasně uskladněné v papírových pytlích. Ty byly následně převezeny do spalovny, kde byly ve vysokých teplotách za relativě ideálních podmínek spáleny. Jde o velmi drahé, neekologické a velice finančně náročné řešení (Trejtnar & Vančurová 2009).

Překrytí zamořených listů vrstvou hlíny je krátkodobé, avšak velice efektivní opatření, které sníží populaci klíněnky jírovcové v následující vegetační sezoně až o 96%. Tato metoda nezabraňuje vylíhnutí přezimujících kukel, nicméně vrstva hlíny o minimální tloušce 10 centimetrů zabrání výletu klíněnky z překryté hromady listů a ta hyne. Ovšem části dospělců se podařilo vylétnout ze strany, kde byla vrstva hlíny nedostatečně silná. Tento způsob likvidace je velmi vhodný pro zahrádkáře. Diskutovala se také možnost nahrazení vrstvy hlíny plastovou folií.

Tento způsob je velice efektivní, ale problém s biomasou zůstává. Proto se zdá metoda kompostování jako mnohem perspektivnější (Kehrli & Bacher 2004).

Kompostování zamořených listů jírovce maďalu je velmi perspektivní metoda pro města, která mají funkční kompostárny. Kompostovanou biomasu stačí překrýt alespoň 5 centimetrovou vrstvou hlíny nebo již hotového kompostu. Mortalita populace klíněnky jírovcové byla testována v laboratorních podmínkách a výsledky mortality přezimujících kukel klíněnky jírovcové dosáhly téměř 100%. Vyprodukovaný kompost může být dále využit pro ozeleňování města (Kopačka 2011).

2.3.1.6.2. Regulace klíněnky jírovcové využitím pohlavních feromonů

Využití pohlavních feromonů je velmi účinná metoda při regulaci škůdců s dlouhou tradicí v lesnictví a konvenčním zemědělství. První historicky vyrobený pohlavní feromon (bource morušového, *Bombyx mori*), byl syntetizován již v šedesátých letech dvacátého století. Velká účinnost feromonů spočívá v tom, že i několik molekul feromonu vyvolá samčí behaviorální reakci (Butenandt et al. 1959; Kaissling 1987).

Sexuální feromon je produkovaný v samičí abdominální žláze, skládající se z modifikovaných epidermálních buněk v dorzální části mezi osmým a devátým abdominálním segmentem. Identický samčí pohlavní feromon klíněnky jírovcové (8E,10Z)-Tetradecaca –8.10-dienal byl analyzován v roce 1999 v České republice týmem pana doktora Svatoše. Ten byl testován v terénu s velmi dobrými výsledky. Využití tohoto samičího feromonu v praxi je možné použít pro detekci přítomnosti několika málo jedinců, monitorování a srovnání populační hustoty ve studované oblasti i k přímé ochraně proti šíření klíněnky jírovcové (Svatos et al. 1999; Raspotnig et al. 2003; Grodner 2009; Svatos et al. 2009).

2.3.1.6.3. Regulace klíněnky jírovcové využitím pesticidů

Chemické postřiky patří mezi nejčastěji používané metody ochrany stromů proti chorobám a škůdcům. V literatuře jsou popsány účinné pesticidy proti klíněnce jírovcové (např.: Calypso 480 SC, Confidor 70 WG a Dimilin 48 SC), které jsou vytvořeny na bázi diflubenzuronu (DFB; 1- (4-chlorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl)urea). DFB je růstový regulátor využíváný proti široké škále herbivorních škůdců. Protože je netoxický pro ptáky, savce a některé důležité prasinoidy je DFB široce využíváný. V České republice, stejně jako v některých evropských státech, je Dimilin 48 SC nejčastěji využíváným pesticidem proti klíněnce jírovcové. Aby byl tento přípravek dostatečně účinný, je nutná opakovaná aplikace alespoň 3x ročně (květen, červen, červenec). Aplikace pesticidu v městském prostředí je velmi komplikovaná a finančně náročná. Všechny přípravky dosáhly účinnosti až 90% (Tsankov et al. 2000; Nejmanova et al. 2006; Kuldová et al. 2007).

2.3.1.6.4. Regulace klíněnky jírovcové využitím mikroinjektáží kmenů

Mikroinjektáže (systém: VIVID[®]II) jsou ověřeným systémem pro ochranu rostlin v městském prostředí, pro aplikování malého množství systemických insekticidů do kmene stromu. Pro aplikaci je potřebné navrtání děr na několika místech kolem celého obvodu kmene. U mladých stromků s malým obvodem kmene je tento způsob aplikace pesticidů nevhodný. Největší výhodou této metody je to, že nedochází ke kontaktu s okolním životním prostředím a minimalizuje se tak riziko zasažení necílového organismu. Největší nevýhodou injektáží je fakt, že navrtáním kmene narušujeme přirozenou ochrannou bariéru stromu a můžeme tak usnadnit průchod chorob a některých škůdců a také finanční náročnost této metody. Tento způsob aplikace systematických insekticidů je v mnoha státech Evropské unie zakázaný (Bürgés & Szidonya 2001; Ferracini & Alma 2008; Kobza et al. 2011).

Pro ochranu jírovce maďalu proti klíněnce jírovcové se v literatuře nejčastěji popisují insekticidy (Imidacloprid, Vertimec 018 EC, Confidor 200 SL a Abamectin). Jsou to látky čtvrté třídy toxicity, které poškozují nervový systém hmyzu. Tato metoda účinně redukuje populaci klíněnky jírovcové o více než 90%.

Doporučený čas aplikace je na začátku vegetační sezony po odkvetení jírovce maďalu. Rezidua těchto přípravků je možné detekovat již po prvním dni po aplikaci v pylu jírovce maďalu a jsou detekovatelná až 16 dní. Residua představují vážné nebezpečí zejména pro opylovače a všechny hmyz, který přijde s tímto pylem do kontaktu (Bürgés & Szidonya 2001; Ferracini & Alma 2008; Mesic et al. 2008; Kobza et al. 2011).

2.3.1.6.5. Perspektivní způsoby regulace klíněnky jírovcové

Využití entomopatogenní houby *Isaria fumosorosea* CCM 8367 v biologické kontrole klíněnky jírovcové je stále diskutováno. Po ošetření spadáných listů *I. fumosorosea* je schopna výrazně regulovat první generaci klíněnek na začátku vegetační sezony. Bohatost vylíhlých pazazitoidů na jaře byla nižší než v kontrole (Awad et al. 2010).

Ze složených listů jírovce maďalu bylo izolováno několik druhů entomopatogenních hub, z nichž nejdominantnější byly *Paecilomyces fumosoroseus*, *Paecilomyces farinosus* a *Beauveria bassiana*, u které byl prokázán regulační účinek u *Amphimallon solstitialis*, *Euzophera pinguis*. Perspektiva využívání entomopatogenních hub jako bioagens pro regulaci klíněnky jírovcové je zatím diskutována (Zemek et al. 2006; Quesada-Moraga et al. 2013; Erlér & Ates 2015; Sheng-yong et al. 2015).

2.3.1.7. Přirození nepřátelé regulující výskyt klíněnky jírovcové

Regulace klíněnky jírovcové přirozenými nepřáteli v Evropě je velice nízká a to umožňuje přemnožení populace každý rok. Přirozené nepřátele klíněnky jírovcové můžeme rozdělit na dvě základní skupiny: parazitoidy a predátory (Grabenweger et al. 2005).

2.3.1.7.1. Parazitoidi z řádu blanokřídlí (Hymenoptera)

Parazitoidi se vyvíjí v těle jiného hmyzu a na konci tohoto vývoje svého hostitele usmrcují a často i zkonsumují. Představují tedy velice významnou roli při udržování přirozené rovnováhy v ekosystému. Mezi nejvýznamnější parazitoidy

klíněnky jírovcové spadají druhy patřící do řádu blanokřídlí (Freise et al. 2002; Cebeci et al. 2011).

Na území České republiky žije kolem 15 000 druhů hmyzu, patřících do řádu blanokřídlých, tvoří tedy druhově nejbohatší řád naší zvířeny. Parazitoidi patří do čeledí: *Eulophidae*, *Eupelmidae*, *Pteromalidae*, *Ichneumonidae* a *Braconidae*. Všechny zaznamenané druhy parazitoidů jsou polyfágní a často fakultativní (Zahradník 1987; Toth & Lukas 2005).

2.3.1.7.1.1. Druhy parazitoidů v Evropě

Zástupci čeledi **Eulophidae** jsou nejhojněji zastoupení endoparaziti, kteří jsou schopni regulovat populaci klíněnky jírovcové. Výpis a distribuce jednotlivých druhů na území Evropy je popsán v tabulce 14. V jižní Evropě jsou nejpočetněji zastoupeny druhy: *Minotetrastichus frontalis*, *Closterocerus trifasciatus*, *Pnigalio pectinicornis* a *Pnigalio agraulis*. Zastoupení vyšší než 75% ze všech parazitoidů měl *M. frontalis*. Ve střední a severní Evropě jsou nejvíce zastoupeni *Minotetrastichus frontalis*, *Pnigalio agraulis* (Lupi 2005; Volter & Kenis 2006; Ferracini & Alma 2007; Ramert et al. 2011).

Tabulka 14: Distribuce parazitoidů čeledi Eulophidae v Evropě (Grabenweger 2003; Grabenweger 2004; Lupi 2005; Toth & Lukas 2005; Toth et al. 2006; Volter & Kenis 2006; Cebeci et al. 2011; Ramert et al. 2011; Matosevic & Melika 2012).

Jižní Evropa	Střední a Severní Evropa
<i>Minotetrastichus frontalis</i> Nees *	<i>Minotetrastichus frontalis</i> (Nees) *
<i>Closterocerus trifasciatus</i> Westwood *	<i>Closterocerus trifasciatus</i> (Westwood) *
<i>Pnigalio pectinicornis</i> L.	<i>Pnigalio pectinicornis</i> (Linnaeus)
<i>Pnigalio agraulis</i> Walker	<i>Pnigalio agraulis</i> (Walker) *
<i>Pnigalio saulius</i> Walker	<i>Pediobius saulius</i> (Walker)
<i>Chrysocharis pentheus</i> Walker	
<i>Cirrospilus talitzkii</i> Bouček	
<i>Sympiesis sericeicornis</i> Nees	
<i>Baryscapus nigroviolaceus</i> (Nees)	<i>Baryscapus nigroviolaceus</i> (Nees)
	<i>Cirrospilus diallus</i> (Walker)
	<i>Cirrospilus vittatus</i> (Walker)
	<i>Chrysocharis nephereus</i> (Walker) *
	<i>Chrysocharis nitetis</i> (Walker)
<i>Cirrospilus viticola</i> (Rondani)	
<i>Pnigalio mediterraneus</i> (Ferrière and Delucchi)	
<i>Pnigalio pectinicornis</i> (L.)	
<i>Minotetrastichus platanellus</i> (Mercet)	
<i>Chrysocharis phryne</i> (Walker)	
<i>Pediobius metallicus</i> (Nees)	

V dostupné odborné literatuře jsou popsány další méně početné čeledi parazitoidů klíněnky jírovcové (tabulka 15). Nalezené druhy byly popsány až na výjimky ve střední Evropě.

Tabulka 15: Soupis méně početných čeledí parazitoidů klíněnky jírovcové v Evropě (Toth & Lukas 2005; Toth et al. 2006; Volter & Kenis 2006).

Čeď	Druhy
Ichneumonidae	<i>Itopectis alternans</i> (Gravenhorst), <i>Scambus annulatus</i> (Kiss) a <i>Scambus annulatus</i> (Kiss)
Ichneumonidae	<i>Gelis agilis</i> (Fabricius), <i>Zatypota percontatoria</i> (Müller), <i>Scambus brevicornis</i> (Gravenhorst), <i>Itopectis clavicornis</i> (Thomson) a <i>Itopectis maculator</i> (Fabricius)
Pteromalidae	<i>Pteromalus semotus</i> (Walker) a <i>Pteromalus varians</i> (Spinola)
Eupelmidae	<i>Eupelmus urozonus</i> Dalman
Braconidae	<i>Colastes braconius</i> (Haliday)

2.3.1.7.1.2. Rozmnořování a vývoj parazitoidů

Způsob rozmnořování blanokřídých není jednotný jako u některých jiných hmyzích řádů. Nejčastěji je rozmnořování oboupohlavní (bisexuální). Oplozená samice naklade vajíčka, z nichž se vyvíjejí larvy, z larev se vyvinou pupy (kukly) a nakonec imaga (dospělci). Rozmnořování a vývoj některých parazitoidů klíněnky jírovcové je detailněji popsán dále v této kapitole (Zahradník 1987).

Minotetrastichus frontalis parazituje především na larvách klíněnky jírovcové. Vosička klade svoje vajíčka až na čtvrtý instar larvy klíněnky jírovcové (*C. ohridella*). Velmi pravděpodobně by mladší larvy neposkytly dostatek potravy pro bezproblémový vývoj, v některých případech není schopná vosička svůj vývoj dokončit. Superparasitismus byl pozorován jen příležitostně. Nicméně všechny larvy parazitoidů se zakuklily a vylíhly se dospělci. V několika případech, *M. frontalis* se vyvinul jako hyperparasitoid *P. pectinicornis* a *P. saulius*. *Minotetrastichus frontalis* přezimuje jako larva v minách spadáných listů jírovce maďalu na zemi (Lupi 2005).

Closterocerus trifasciatus je soliterní parasitoid larev a kukel klíněnky jírovcové. Zřídka se vyvíjí hyperparasiticky uvnitř kukly dalších endoparasitoidů. Larvy *Closterocerus trifasciatus* přezimují uvnitř kukly hostitele (Lupi 2005).

Pnigalio pectinicornis a *Pnigalio agraulis* jsou soliterní parazitoidi klíněnky jírovcové (*C. ohridella*). Mohou přezimovat jako sekundární parazitoidi (Boucek & Askew 1968; Lupi 2005)

Pnigalio saulius se vyvíjí primárně jako soliterní endoparasitoid. Pouze část *Pnigalio. saulius* se vyvíjí hyperparasiticky uvnitř kukly jiného parazitoida (Lupi 2005).

2.3.1.7.1.3. Důvody nízkého stupně parazitace

Parazitoidi, stejně jako klíněnka jírovcová, přezimují ve spadném listí jírovce maďalu. Parazitické vosičky se líhnou o několik dní dříve než klíněnka jírovcová a tato špatná synchronizace sníží úroveň parazitace první generace klíněnky jírovcové až o 5% (Freise & Heitland 2004; Grabenweger et al. 2007; Kopačka 2011).

Během vegetační sezóny po nakladení vajíček mohou parazitoidi napadat i vývojová stadia klíněnky jírovcové. Parazitování vajíčka nebylo zaznamenáno, avšak poslední dva ze šesti larválních instarů byly nejvíce napadány. Parazitování na klíněnce bylo poměrně nízké v rozmezí mezi 5-15% v ČR, ale parazitování v Makedonii a Srbsku je výrazně vyšší. Dominantní druhy byly *Minotetrastichus frontalis*, *Closterocerus trifasciatus* a *Pnigalio pectinicornis* (Freise et al. 2002; Grabenweger 2003; Zemek et al. 2006; Kukula-Mlynarczyk & Hurej 2007).

2.3.1.7.2. Predátoři regulující výskyt klíněnky jírovcové

Nejvýznamnější predátoři klíněnky jírovcové patří do třídy hmyz (Insecta) a do třídy ptáci (Aves). Ve třídě hmyz patří do řádů polokřídlí (Hemiptera) a rovnokřídlí (Orthoptera). Ve třídě ptáci (Aves) jsou popsání predátoři pouze do řádu pěvci (Passeriformes) (Grabenweger et al. 2005).

2.3.1.7.2.1. Polokřídlí (Hemiptera)

Campyloneura virgula (Herrich-Schaeffer) je predátor z čeledi klopuškovití (Miridae). *C. virgula* je dlouhá 3,8-4,2 mm a mezi rozpoznávací znaky patří: černá hlava, široký bledý nebo bělavý límec, široký oranžový pás přes přední polovinu

pronotum, žlutý scutellum, velké tmavě hnědé body na obou stranách břišního segmentu a rovnoměrně světle žluté nohy (Lattin & Stonedahl 1984; Kerzhner & Josifov 1999; Henry 2012).

Výskyt této plošnice je znám z většiny evropských zemí, severní Ameriky, Alžírsko a Malé Asie. *C. virgula* je predátorem mšic, roztočů, pisivek a dalších malých členovců. *C. virgula* má velkou variabilitu hostitelských stromů: javorovité (Aceraceae), ledvinkovité (Anacardiaceae), břízovité (Betulaceae), mýdelníkovité (Salicaceae) a je popsáno dalších jedenácti čeledí. Plošnice přezimuje v Anglii ve formě vajíček a v Evropě jako dospělci. Byl popsán případ, kdy dravé plošnice oslabují larvy klíněnky jírovcové (*C. ohridella*) v nepoškozených minách tím, že je sají pomocí sosáku (rustrum) skrz epidermickou vrstvu listu jírovce maďalu (Lattin & Stonedahl 1984; Kerzhner & Josifov 1999; Lupi 2005; Henry 2012).

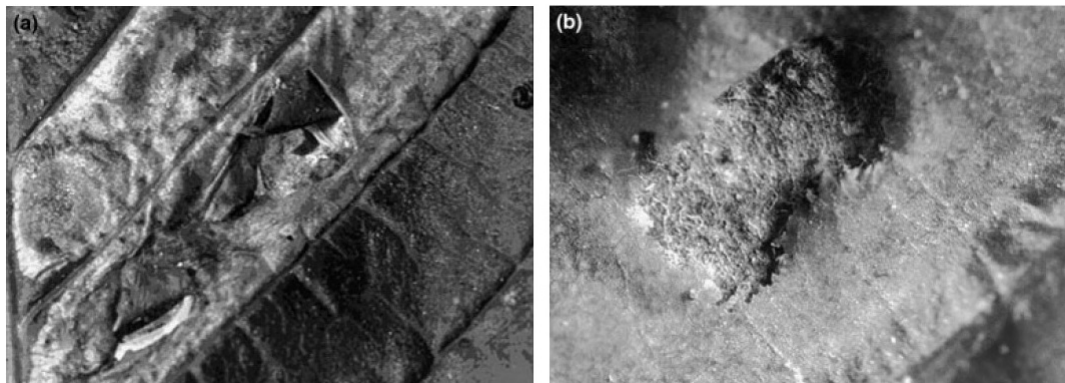
2.3.1.7.2.2. Rovnokřídlí (Orthoptera)

Mezi predátory řádu rovnokřídlí a čeledi kobylkovití (Tettigoniidae) patří kobylka jižní (*Meconema meridionale* Costa). Kobylka jižní se běžně vyskytuje v jižní a střední Evropě (Itálie, Německo, Rakousko, Švýcarsko, Velká Británie a dřívější Jugoslávie). Je to noční hmyz, dlouhý 14-17 mm (bez tykadel), živící se mšicemi a dalším drobným hmyzem (Tröger 1986; Vahed 1996; Grabenweger et al. 2005)

Kobylky jižní aktivně vyhledávají larvy klíněnky jírovcové hlavně v noci a jsou schopny je objevit i v neporuševých minách. Tyto miny otevrou (obrázek 4b) a vrhnou se na ně. Upřednostňují hlavně pozdější fáze larev (L3 a L4). Ve vzácných případech larva unikne do skryté části miny, kde přežije tento útok. Zpravidla tato larva během velice krátké doby hyne, protože takto otevřená mina přestává plnit svoje základní funkce. Provedené experimenty ukazují znatelný negativní dopad výskytu *M. meridionalena* na velikost populace klíněnky jírovcové (Tröger 1986; Vahed 1996; Grabenweger et al. 2005).

Typické poškození min klíněnky jírovcové hmyzími predátory se vyznačuje nepravidelným okrajem díry pouze svrchní epidermické vrstvy v mině. Zpravidla je

poškozena pouze horní epidermická vrstva listu. Epidermický okraj vrstvy okolo díry byl olemovaný, jakoby byl oddělen pomocí dolní čelisti kobylek (obrázek 4) (Grabenweger et al. 2005).



Obrázek 4: Otevřené miny klíněnky jírovcové a) sýkorkami a b): kobylkou (Grabenweger et al. 2005).

2.3.1.7.2.3. Pěvci (Passeriformes)

Z dostupné literatury je patrné, že v řádu pěvci jsou pouze tři zástupci čeledi sýkorovití (*Paridae*), kteří jsou schopni alespoň částečně regulovat populaci klíněnky jírovcové. Sýkora modřinka (*Parus caeruleus*), sýkora koňadra (*Parus major*) a sýkora babka (*Parus palustris*) upřednostňují vyzobávání pozdějších stádií larev a kukel klíněnky jírovcové z uzavřených min na listech jírovce maďalu. Typický příklad takto otevřené miny je znázorněn na obrázku 4 (Zegula et al. 2002; Grabenweger et al. 2005).

Sýkory mohou snížit velikost první generace klíněnky jírovcové až o 4%. V průběhu vegetační sezony spíše vyhledávají silněji zamořené lokality, kde upřednostňují více listy s vyšší hustotou min klíněnky jírovcové. Takto zamořené stromy jsou často i mírně defoliovány. Během vegetační sezony byla nejčastěji pozorovaná sýkorka modřinka (Grabenweger et al. 2005).

2.3.2. Třásnokřídli (Thysanoptera)

Zástupci řádu Třásnokřídli mají tělo drobné, štíhlé a zploštělé (0,5-5mm). Mají čtvercovou hlavu s výraznými očima a 6-9 člennými tykadly sklopenými pod hrudí (hypognátní typ). Bodavě-savé ústní orgány jsou nesouměrné. Nohy s jedno- nebo dvoučlánkovými chodidly mají na konci vychlípený, přilnavý polštářek

(arolium). Křídla jsou stužkovitá a po obvodu široce lemovaná řasinkami. Trásněnky dobře létají a vzhledem ke své drobnosti využívají zejména vzdušných proudů. Většina druhů je vázána na rostliny. Býložravé druhy při přemnožení sáním své hostitele oslabují a mnohdy přenášejí i různé virové nákazy. Dospělci většinou přezimují v půdě. Většina druhů se rozmnožuje pohlavně. Trásnokřídli mají v porovnání s velikostí těla poměrně velká vajíčka (0,3 mm). Trásnokřídli se dělí na dva podřády trásněnky (*Terebrantia*) a truběnký (*Tubulifera*). V České republice se vyskytují 3 čeledi, které zahrnují přibližně 300 druhů (Macek 2001; Lupi 2005).

Byly nalezeny jedinci rodu truběnka (*Haplothrips*) na listech jírovce maďalu (*A. hippocastanum*). Truběnký byly nalezeny v minách, kde očividně hledaly novou kořist. Nicméně nebyly v literatuře popsány konkrétně nalezené druhy. Truběnký jsou zpravidla fytofágní, a proto můžeme předpokládat, že i tito popsaní jedinci. Truběnký nepatří mezi závažné fytofágní škůdce a nepředstavují výrazné riziko pro jírovec maďal (Lupi 2005).

2.4. Ostatní organismy na listech jírovce maďalu

Organismy, které nemají přímý vliv na stromy jírovce maďalu jsou rozděleny na dvě největší skupiny. Roztoči čeledi Phytoseiidae a pavouci. V každé skupině jsou popsány druhy vyskytující se na běžné populaci jírovce maďalu v Evropě.

2.4.1. Roztoči (Acari)

Roztoči čeledi Phytoseiidae jsou jediným popsaným zástupcem dravých roztočů na jírovci maďalu. Phytoseiidní roztoči jsou kosmopolitně rozšířeny a obývají širokou škálu listnatých stromů a keřů. Můžeme je pozorovat většinou na spodní straně listu a povrchu kůry. Struktura kůry stromů a listů (trichomy a domatia) jim poskytují ochranu. Většina phytoseidních roztočů jsou predátoři juvenilních stádií a dospělců celé řady členovců (zejména roztočů čeledi Tetranychidae a Eriophyidae) v agroekosystémech. V případě, že na listech je nedostatek kořisti, mohou se phytoseiidní roztoči krmit myceliem hub nebo pylem (Hoy & Glenister 1991; Walter & O'Dowd 1992; McMurtry & Croft 1997; Edland & Evans 1998; Kreiter et al. 2002; Kabíček 2003).

2.4.1.1. Zařazení dravých roztočů do taxonomického systému

Animalia (živočichové), **Kmen:** Arthropoda (členovci), **Třída:** Arachnida (pavoukovci), **Řád:** Mesostigmata (čmelíkovci), **Čeleď:** Phytoseiidae

Čeleď Phytoseiidae zahrnuje tři podčeledě (Typhlodrominae, Amblyseiinae a Phytoseiinae), nicméně druhy dravých roztočů obývajících jírovec maďal patří pouze do prvních dvou podčeledí (Kabíček 2003).

2.4.1.2. Druhové složení dravých roztočů na jírovci maďalu

V literatuře je popsáno pět druhů roztočů čeledi Phytoseiidae, kteří jsou rozšířeny v jižní a střední Evropě na jírovci maďalu: *Euseius finlandicus*, *Galendromus longipilus*, *Kampimodromus aberrans*, *Neoseiulella aceri*, *Typhlodromus pyri*, *Neoseiulella tiliarum* a *Phytoseius macropilis* (Kabíček 2003; Kabíček & Řeháková 2004).

2.4.1.3. Hostitelské stromy dravých roztočů čeledi Phytoseiidae

Hostitelské stromy všech dravých roztočů jsou podrobněji popsány v tabulce 16. *E. finlandicus* je dominantním dravým roztočem u většiny opadavých stromů, jako jsou například olše lepkavá, buk lesní a další. Mezi hostitelské rostliny patří některé zemědělské i nezemědělské plodiny, stromy a keře. Byla potvrzena schopnost dravých roztočů přežít ve specifických městských cenozách (Kabíček 2003; Kabíček & Povondrová 2004; Fadini et al. 2010; Barbar 2014).

Tabulka 16: Hostitelské stromy dravých roztočů obývajících jírovec maďal (Ragusa di Chiara et al. 1995; McMurry & Croft 1997; Kabíček 2003; Kabíček & Povondrová 2004; Kabíček & Řeháková 2004; Fadini et al. 2010; Barbar 2014; Vogelweith & Thiery 2017).

Druh	Hostitelské stromy
<i>Euseius finlandicus</i>	bříza bělokorá (<i>Betula pendula</i>), buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>), dub letní (<i>Quercus robur</i>), dub zimní (<i>Quercus petraea</i>), javor mléč (<i>Acer platanoides</i>), jírovec maďal (<i>Aesculus hippocastanum</i>), lípa srdčitá (<i>Tilia cordata</i>), lípa velkolistá (<i>Tilia platyphyllos</i>) a olše lepkavá
<i>Galendromus longipilus</i>	jírovec maďal (<i>Aesculus hippocastanum</i>) a olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i>)
<i>Kampimodromus aberrans</i>	jablň domáci (<i>Malus domestica</i>), jírovec maďal (<i>Aesculus hippocastanum</i>), líska obecná (<i>Corylus avellana</i>) a réva vinná (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Neoseiulella aceri</i>	javor mléč (<i>Acer platanoides</i>) a jírovec maďal (<i>A. hippocastanum</i>)
<i>Neoseiulella tiliarum</i>	jírovec maďal (<i>Aesculus hippocastanum</i>), olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i>) a vrba jíva (<i>Salix caprea</i>)
<i>Paraseiulus talbii</i>	citrusy, jírovec maďal (<i>A. hippocastanum</i>), ostružiník křovitý (<i>Rubus fruticosus</i>)
<i>Phytoseius macropilis</i>	jahodník obecný (<i>Fragaria vesca</i>) a jírovec maďal (<i>Aesculus hippocastanum</i>)
<i>Typhlodromus pyri</i>	dub letní (<i>Quercus robur</i>), jírovec maďal (<i>Aesculus hippocastanum</i>), olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i>), réva vinná (<i>Vitis vinifera</i>)

2.4.1.4. Faktory ovlivňující druhové složení a abundanci roztočů

Mezi hlavní faktory ovlivňující druhové složení a abundanci dravých roztočů na jírovci maďalu patří: potrava, struktura listu a vliv klimatických podmínek.

Jedním z potravních zdrojů dravých roztočů na složených listech jírovce maďalu jsou *Eotetranychus pruni* (Oudemans, 1931) (sviluška jablková) a další roztoči čeledi *Tydeidae*. Na listech se projevují typické symptomy přítomnosti fytofágního hmyzu. Velikost populace svilušek byla poměrně nízká, protože byla regulována dravými roztoči po celou dobu vegetační sezony (Gyenis et al. 2005).

Trichomy a domatia jsou široce rozšířeným morfologickým znakem v rostlinné říši, které obsahují ve své struktuře sekundární metabolity. Draví roztoči jsou silně ovlivněni strukturou listové plochy. Trichomy a domatia ovlivňují velikost populace a chování dravých roztočů. Například na bříze bělokoré (*Betula pendula*) a topolu osice (*Populus tremula*), které mají minimum domatií a trichomů, byli nalezeni draví roztoči jen vzácně. Struktura listu malé členovce ochraňuje před nepříznivými vlivy abiotických podmínek (včetně opuštěných min minujících druhů) a také může přispět ke zvýšení či snížení odchytu kořisti. Dále zachycování

poletujícího pylu v trichomech a domatiích může sloužit jako alternativní zdroj potravy. Množství zachyceného pylu je přímo úměrné struktuře listu (McCaskill et al. 1992; Kreiter et al. 2002; Kabíček 2003; Schmidt 2014).

Domatia poskytují úkryt proti přirozeným nepřátelům a ovlivňují vitalitu rostlin. Domatia obývají především predátoři a mikroorganismy (Walter & O'Dowd 1992).

Trichomy jsou výčnělky (chloupky) z epitermické vrstvy rostlin, které jsou přizpůsobeny své funkci (krycí, žláznaté, žahavé a absorpční) (Kincl & Faustus 1978; Procházka et al. 1998).

Vliv klimatických podmínek patří mezi velmi zásadní faktory ovlivňující velikost populace a druhovou bohatost dravých roztočů na jírovci maďalu. Tímto tématem se zabývala tato disertační práce a bude to diskutováno v druhé části práce.

2.4.1.7. Interakce dravých roztočů s fytofágními druhy

V přirozeném prostředí jsou draví roztoči důležití v prevenci proti vzniku ohnisek fytofágních druhů roztočů. Tato kapitola tedy popíše jen důležité vztahy dravých roztočů běžně se vyskytujících na jírovci maďalu a drobného fytofágního hmyzu (Hoy & Glenister 1991; Edland & Evans 1998; Puchalska & Kozak 2016).

Byla testována schopnost adaptace dravých roztočů na krmení se vajíčky klíněnky jírovcové jako alternativního potravního zdroje. Nebyla zaznamenána žádná nebo velice nízká predace u roztočů *Euseius finlandicus* a *Paraseiulus talbii*. Samice dravého roztoče *Euseius finlandicus* se nekrmily vajíčky klíněnky jírovcové vůbec, ačkoli po celou dobu pokusu aktivně vyhledávaly kořist a samice *Paraseiulus talbii* nebyla schopná po nakrmení dokončit úspěšně svůj životní cyklus. Jediný dravý roztoč, kterému by tento alternativní potravní zdroj mohl vyhovovat, byl popsán *Typhlodromips swirskii*. Nakladená vajíček jako alternativní zdroj potravy byl testován na motýlu *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae), jako následek byl zaznamenán rychlejší vývoj a vyšší reprodukční schopnost *Typhlodromips swirskii* (El-Sawi & Momen 2005; Grabenweger et al. 2005).

Široce využívaným dravým roztočem v sadech a vinicích je *Typhlodromus pyri*. Účinně redukuje populaci svilušek (Prostigmata: Tetranychidae) a hálčivců (Prostigmata: Eriophyidae). Výhodou využití *T. pyri* je trvalá introdukce dravého roztoče v sadech a vinicích. Nevýhodou aplikace dravých roztočů je omezený výběr pesticidů, který můžeme využít při chemické ochraně rostlin. Při použití nevhodného pesticidu populace *T. pyri* je zahubena (Helyer et al., 2003; Gadino et al. 2011; Praslicka et al. 2011).

Euseius finlandicus je důležitý predátor drobných fytofágních členovců, například svilušky *Schizotetranychus garmani*. Tento alternativní zdroj potravy je mimořádně vhodný a *E. finlandicus* byl určen jako biocontrol agent, především na vrbě (Puchalska & Kozak 2016).

2.4.2. Pavouci (Araneae)

V literatuře jsou poměrně dobře popsány případy, kdy se v jarním a podzimním období malý herbivorní hmyz stal hlavním potravním zdrojem pavouků. Podle autorů by mohli pavouci účinně snižovat populaci klíněnky jírovcové. Tento předpoklad se nepotvrdil, navzdory tomu, že jsou klepítnatci důležitými a efektivními predátory malých herbivorních škůdců (Sternbergs 1984; Petrova et al. 2013).

Pavouci obývající jírovec maďal patří do **Říše:** Animalia (živočichové), **Kmene:** Arthropoda (členovci), **Podkmene:** Araneae (klepítnatci), **Třídy:** Arachnida (pavoukovci), **Řádu:** Araneae (pavouci) a **Podřádu:** Araneomorphae (Petrova et al. 2013).

Nalezení a popsání pavouci na jírovcu maďalu patřili do **7 Čeledí a 15 druhů**. Soupis druhů je uveden v tabulce 17 (Petrova et al. 2013).

Tabulka 17: Soupis popsaných druhů pavouků na jírovci maďalu (Petrova et al. 2013).

Čeľad'	Druh
Araneidae	<i>Araneus diadematus</i> Clerck, 1757, <i>Araniella cucurbitina</i> (Clerck, 1757), <i>Araneus sturmi</i> (Hahn, 1831)
Clubionidae	<i>Clubiona caerulea</i> G.L.Koch, 1867, <i>Clubiona lutescens</i> Westring, 1851
Dictynidae	<i>Dictyna arundinacea</i> (Linnaeus, 1758) <i>Dictyna uncinata</i> Thorell 1856
Linyphiidae	<i>Hypomma cornutum</i> (Blackwall, 1833), <i>Hylyphantes graminicola</i> (Sundevall, 1830), <i>Kaestneria dorsalis</i> (Wider, 1834), <i>Gongylidium rufipes</i> (Linnaeus, 1758)
Philodromidae	<i>Philodromus emarginatus</i> (Schrank, 1803)
Theridiidae	<i>Theridion varians</i> Hahn, 1833, <i>Parasteatoda tepidariorum</i> (G.L.Koch, 1784)
Thomisidae	<i>Xysticus cristatus</i> (Clerck, 1757)

3. CÍLE PRÁCE

Cílem předložené disertační práce je studium interakcí mezi klíněnkou jírovcovou, houbovou chorobou *G. aesculi* a dravými roztoči čeledi Phytoseiidae. Dalším cílem je popsání vztahu vybraných organismů s některými abiotickými faktory městského prostředí.

Dílčí cíle:

- Zhodnotit populační hustotu a šíření první generace klíněnky jírovcové v městském prostředí.
- Objasnit vzájemnou interakci klíněnky jírovcové s houbovým pathogenem *G. aesculi* na listech jírovce maďalu v průběhu vegetační sezony.
- Popsat časové a prostorové změny zamoření jírovce maďalu houbovým patogenem *G. aesculi* v městském prostředí.
- Zjistit, zda zvýšená vlhkost vzduchu (např. u vodního toku) zvyšuje zamoření jírovce maďalu houbovým pathogenem *G. aesculi*.
- Zhodnotit společenstva roztočů čeledi Phytoseiidae na jírovci maďalu ve střední a jižní Evropě.
- Zjistit, zda poškození listové plochy jírovce maďalu houbovým pathogenem *G. aesculi* nebo klíněnkou jírovcovou ovlivňuje hustotu populace dravých roztočů.

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST A VÝSLEDKY

4.1. Prostorová variabilita úrovně zamoření jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou (Lepidoptera: Gracillariidae) a počtu vylíhlých motýlů a parazitoidů z listové hrabanky v městském prostředí (Příloha I)

V této studii byla pozorována populační hustota první generace klíněnky jírovcové (*Cameraria ohridella*) v době dokončení vývoje uvnitř městského prostředí v průběhu dvou následujících vegetačních sezon. Dále byla zaznamenána mortalita kukel klíněnky jírovcové před hybernací na konci vegetační sezony a počet vylíhlých klíněnek a blanokřídlých parazitoidů z hrabanky v následném roce. Tato studie byla provedena v Českých Budějovicích. Výsledky práce demonstrují, že poškození listů způsobené první generací klíněnky jírovcové je závislé na lokalitě a klimatu v daném roce. V lokalitě, kde nebylo shrabané a odstraněné spadané listí jírovce maďalu na podzim nebo časně na jaře, byla znehodnocena až jedna pětina listové plochy jírovců minujícími housenkami první generace klíněnky jírovcové na začátku následující sezony. Byly zjištěny rozdíly v mortalitě kukel klíněnky jírovcové před hybernací mezi lokalitami. Množství vylíhlých imág klíněnky jírovcové na jaře má vzájemnou souvislost s úrovní poškození listové plochy způsobené první generací v předchozím roce. V lokalitách, kde nebyly odstraněny spadané listy jírovce, vznikla ohniska výskytu klíněnky. Nebyla zde nalezena žádná prostorová korelace mezi lokalitami, to dokazuje, že první generace klíněnek se masivně nerozšiřuje do sousedních lokalit. Dále výsledky potvrdily předchozí závěry, že se parazitoidi líhnou na jaře z hrabanky dříve než klíněnky jírovcové. Počet vylíhlých klíněnek jírovcových a blanokřídlých parazitoidů vykazuje vzájemnou pozitivní korelaci.

Publikační výstupy:

Kopačka, M. & Zemek, R. 2017. Spatial variability in the level of infestation of the leaves of horse chestnut by the horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and in the number of adult moths and parasitoids emerging from leaf litter in an urban environment. *European Journal of Entomology* 114: 42-52, DOI: 10.14411/eje.2017.007.

4.2. Interakce mezi houbovou chorobou (*Guignardia aesculi*) a klíněnkou jírovcovou (*Cameraria ohridella*) na listech jírovce maďalu (Příloha II)

Ve studii bylo pozorováno poškození složených listů jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou a houbovou chorobou *Guignardia aesculi* v průběhu celé vegetační sezony a následně byl tento vztah zkoumán. Měření probíhalo v Českých Budějovicích a podíl poškozené listové plochy byl stanoven digitální metodou. Poškození listové plochy klíněnkou jírovcovou i *G. aesculi* vykazuje vysokou variabilitu jak mezi lokalitami, tak i mezi jednotlivými měřeními během vegetační sezony. To znamená, že na poškození listové plochy mají významný vliv specifické podmínky v jednotlivých měřených lokalitách. Výsledky naznačují, že listová plocha poškozená *G. aesculi* korelovala s poškozenou listovou plochou způsobenou klíněnkou jírovcovou. Měření dále odhalilo, že kombinované poškození listů jírovce maďalu překročilo padesáti procentní hranici již v srpnu, a to způsobilo částečnou předčasnou defoliaci koruny stromu.

Publikační výstupy:

Kopačka, M. & Zemek, R. 2016: Competing for space: A case study of horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*) and leaf blotch disease (*Guignardia aesculi*). - International Congress of Entomology, Orlando (USA), September, 25-30p. DOI: 10.1603/ICE.2016.117390.

Kopačka M., Zemek R. 2018: Seasonal dynamics and the interaction between the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* and the horse chestnut leaf blotch, *Guignardia aesculi*. Manuscript to be submitted for publication.

4.3. Variabilita poškození listů jírovce maďalu houbovým patogenem *Guignardia aesculi* a vliv mikroklimatických podmínek (Příloha III a IV)

V této studii bylo sledováno prostorové rozšíření houbové choroby způsobené *Guignardia aesculi* napadající listy jírovce maďalu v městském prostředí. Dále byla studována závislost poškození listové plochy jírovce houbovou chorobou na vzdálenosti kmene měřeného stromu od vodního toku. Terénní měření probíhalo v Českých Budějovicích. Výsledky odhalily, že rozšíření *G. aesculi* je v červnu velmi nevyrovnané mezi lokalitami v každém měřeném roce. Dále výsledky naznačily, že blízkost vysazených jírovců u vodního toku, kde je vyšší vlhkost vzduchu, má pozitivní vliv na výskyt *G. aesculi* na listech jírovce. Takové stromy

trpí tedy vyšším podílem poškozené listové plochy než stromy, které jsou vysazeny dále od vodního toku. Z tohoto důvodu by měl být brán ohled na mikroklimatické podmínky při plánování a výsadbě nových jírovců.

Publikační výstupy:

Kopačka, M. & Zemek, R. 2012: The effect of microclimatic conditions on *Guignardia aesculi* infecting horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) trees. - Dendrological Days in Mlýňany Arboretum SAS 2012, Vieska nad Žitavou (Mlýňany Arboretum), September 18-19, 44-50p.

Kopačka M., Boháč, J. & Zemek R. 2018. Variability in *Aesculus hippocastanum* leaf damage caused by the fungal pathogen *Guignardia aesculi*: The effect of tree proximity to urban water bodies. In review.

4.4. Druhová diverzita a abundance roztočů čeledi Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) na jírovcí maďalu (*Aesculus hippocastanum* L.) v městském prostředí: srovnání mezi Řeckem a Českou republikou (Příloha V)

V této studii byl stanoven výskyt, druhové složení a populační hustota dravých roztočů čeledi Phytoseiidae na složených listech jírovce maďalu (*A. hippocastanum*) v České republice a Řecku. Výsledky byly vzájemně porovnány. Dále byla testována hypotéza, zda poškozená listová plocha klíněnkou jírovcovou (*C. ohridella*) či hnědou skvrnitostí listů (*G. aesculi*) má vliv na populační hustotu dravých roztočů. Vzorky byly odebírány v Českých Budějovicích a v Orestiadě. Tato studie potvrzuje, že jírovec maďal vytváří příznivé podmínky pro vývoj populace phytoseiidních roztočů během celé vegetační sezony. Dominantním druhem nejen v České republice ale také v Řecku byl *Euseius finlandicus*. *Kampimodromus aberrans* byl mnohem více zaspoupen v Řecku než v České republice. Byla zaznamenána vyšší abundance dravých roztočů v České republice ve srovnání s Řeckem. Nebyla potvrzena závislost populační hustoty dravých roztočů na poškození listové plochy jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou (*C. ohridella*) ani houbové choroby (*G. aesculi*).

Publikační výstupy:

Kopačka, M., Zemek, R., Stathakis, T.I., Broufas, G. & Papadoulis, G.T. 2016: Diversity and abundance of Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) on horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in Greece and the Czech Republic. - 8th Symposium of the European Association of Acarologists, Valencia, July 11-15, 84p.

Kopačka, M., Stathakis, T.I., Broufas, G., Papadoulis, G.T. & Zemek R. 2018: Diversity and abundance of Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) on horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in an urban environment: a comparison between Greece and the Czech Republic. *Acarologia*, In press.

4.5. Abundance a populační dynamika phytoseiidních roztočů na listech jírovce maďalu a jejich interakce s klíněnkou jírovcovou a houbovou chorobou *G. aesculi* v průběhu vegetační sezony (Příloha VI)

V této práci byla stanovena abundance, druhové složení a poměr pohlaví roztočů čeledi Phytoseiidae na jírovci maďalu a jejich změny během vegetačního období. Dále byla testována hypotéza, zda zamořená listová plocha jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou (*Cameraria ohridella*) nebo houbovou chorobou *G. aesculi* má vliv na populační hustotu phytoseiidních roztočů. Vzorky byly odebírány pětikrát z osmi studovaných lokalit v Českých Budějovicích. Celková asimilační plocha složeného listu byla měřena digitálně. Roztoči byli z listu smyti a následně determinováni. Před vyhodnocením byla přepočítána populace dravých roztočů na stejnou listovou plochu (1 dm²). Po vyhodnocení se potvrdila hypotéza závislosti populační hustoty dravých roztočů na poškození listové plochy jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou a houbovou chorobou. Poškození listové plochy vykazovalo velkou variabilitu mezi sledovanými lokalitami. Tato studie dále potvrzuje, že jírovec maďal je vhodný hostitelský strom pro vývoj populace dravých roztočů během celé vegetační sezony. Celkem bylo determinováno 8 druhů phytoseiidních roztočů, z nichž jednoznačně dominoval *Euseius finlandicus*. Poměr pohlaví byl stanoven pro *Euseius finlandicus* a *Typhlodromus pyri*.

Publikační výstupy:

Kopačka M., Zemek R. 2018. Occurrence and population dynamics of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on horse chestnut tree, *Aesculus hippocastanum* and its interaction with *Cameraria ohridella* and *Guignardia aesculi*. Manuscript to be submitted for publication.

5. DISKUZE

5.1. Prostorová variabilita úrovně zamoření jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou (Příloha I)

Klíněnka jírovcová byla poprvé pozorována v České republice v roce 1993 a během pěti let se rozšířila po celém jejím území (Liška 1997). Výsledky této studie ukázaly vysokou variabilitu poškozené listové plochy v rozmezí od 4% do 31% po vylíhnutí první generace klíněnky jírovcové. Výsledky byly úzce spojeny se studovanými lokalitami i rokem. Vysoká prostorová variabilita je také popsána ve Švýcarsku, Belgii a Polsku (Gilbert et al. 2003; Baraniak et al. 2005).

Prostorová analýza na základě Moranova indexu popisuje míru autokorelace mezi lokalitami (Chen et al. 2013). Výsledný Moranův index indikuje, že distribuce klíněnky je náhodná, to znamená, že hustota populace klíněnky jírovcové v lokalitách nesouvisí s hustotou sousedních lokalit. Podobné závěry jsou popsány v práci Baraniak et al. (2004, 2005) Tito autoři došli k závěru, že výskyt ohnisek klíněnky (kde nebylo shrabáno a odstraněno listů na podzim) nemá významný vliv na zamoření jírovců v centrech měst.

Mortalita diapauzních kukel je úzce spjata s lokalitami. Rozdíly mortality mohou být způsobeny kompetitivním vztahem v poslední generaci klíněnky jírovcové (Girardo et al. 2007). Nejvyšší mortalita byla zaznamenána v centru Českých Budějovic, kde populační hustota klíněnky byla nejnižší v průběhu vegetační sezony. Dlouhodobý faktor nebyl z našich dat zřejmý.

Termín začátku líhnutí klíněnek a jejich parazitoidů na jaře z listové hrabanky byl mezi polovinou dubna a května. Tento termín je ve střední Evropě přibližně stejný (Kehrli & Bacher 2003; Kukula-Mlynarczyk & Hurej 2007). Vztah mezi vylíhlymi parazitoidy a klíněnkou jírovcovou na jaře je ve velice úzkém vzájemném vztahu. Toto naznačuje, že lokality s vyšší populační hustotou klíněnky jírovcové (ohniska zvýšeného výskytu) mohou být považovány za dobrý zdroj parazitoidů. Tento fakt také prokazuje studie provedená ve Švýcarsku (Kehrli et al. 2005). Tento výsledek potvrzuje závěry nedávné studie, ve které autoři vyčíslili množství a

druhovou bohatost parazitoidů (Hymenoptera: Chalcididae) v České republice (Nováková et al. 2016).

5.2. Interakce mezi klíněnkou jírovcovou a *G. aesculi* na složených listech jírovce maďalu (Příloha II)

Asimilační plochu složených listů každý rok vážně poškozuje klíněnka jírovcová a houbová choroba *G. aesculi*, která se od padesátých let dvacátého století rozšířila po celém území České republiky (Kolařík 2005; Pastiráková et al 2009; Kopačka & Zemek 2012; Kopačka & Zemek 2017).

První stadium *G. aesculi* bylo zaznamenáno na Slovensku již na začátku dubna (Pastirčáková 2004). Výskyt prvních příznaků *G. aesculi* v naší studii byl také potvrzen v dubnu, protože první znekrotizovaná listová pletiva byla pozorována (v prvním měření) v květnu. *G. aesculi* přezimuje ve spadaném listí (ve formě pohlavního stadia), a proto by měl být zaznamenán zvýšený výskyt tohoto patogenu v lokalitě „Nádražní ulice“, kde se dlouhodobě neodstraňuje spadané listí na podzim (Zimmermannová 2001; Pastiráková et al. 2009). Toto se však nepotvrdilo.

V naší předchozí práci byl popsán pozitivní vztah mezi zvýšenou vlhkostí vzduchu a poškozenou listovou plochou jírovce maďalu houbovým pathogenem (Kopačka & Zemek 2012). Tento vztah byl také potvrzen v naší studii. Poškození listové plochy *G. aesculi* bylo výrazně vyšší v lokalitě „Stromovka park“, který se nachází v těsné blízkosti mokřadu, kde lze tudíž očekávat výrazně vyšší vlhkost vzduchu než v ostatních lokalitách.

V naší předchozí studii byla popsána dynamika líhnutí klíněnky jírovcové. První generace se začala líhnout na konci dubna (Kopačka & Zemek 2017), a proto celkové poškození způsobené první generací klíněnky jírovcové na listech bylo zaznamenáno (v druhém měření) až v červnu. Nejzávažněji byly poškozeny listy v lokalitě „Nádražní ulice“ (ohnisko výskytu klíněnky jírovcové). Tento fakt je poměrně dobře popsán (Baraniak 2004; Kukula-Mlynarczyk & Hurej 2007). Trend zvýšeného poškození listové plochy v této lokalitě je patrný po zbytek vegetační sezony. Studie provedená Salleo et al. (2003) odhalila, že vážně poškozené složené listy, z více než 50%, předčasně opadávají a způsobují tak částečnou defoliaci

koruny stromu. Předčasná defoliace stromu v naší studii byla zaznamenána v září (v posledním měření). Z tohoto důvodu v lokalitě „Nádražní ulice“ je nižší poškození listové plochy v září než v srpnu.

Popsané vztahy mezi herbivorním škůdcem a houbovou chorobou jsou rozděleny na konkurenční nebo mutualistické (Hatcher 1995; Friedli & Bacher 2001). V září v Bernu byla provedena obdobná studie, která popisovala negativní vzájemný vztah mezi poškozenou listovou plochou způsobenou klíněnkou jírovcovou a *G. aesculi* (Gilbert et al. 2003). Tento trend také potvrdily naše výsledky, nicméně naše studie byla prováděna po celou dobu vegetační sezony. Naše data objevila opačný, tedy pozitivní vzájemný vztah v průběhu celé vegetační sezony.

5.3. Vliv mikroklimatických podmínek na poškození složených listů jírovce maďalu *G. aesculi* (Příloha III a IV)

Houbová choroba *G. aesculi* byla zavlečena do České republiky v padesátých letech dvacátého století a postupně se rozšířila po celém území (Scaramuzzi 1954, Kolařík 2005). Dlouhodobě oslabuje stromy, nicméně dosud nebyl prokázán vztah mezi odumíráním jírovců a *G. aesculi*.

Výsledky předložené studie odhalily, že poškození listové plochy jírovců houbovým pathogenem mezi lokalitami i roky bylo velice nerovnoměrné. Podobné výsledky byly také zaznamenány v obdobných studiích (Gilbert et al. 2003; Karliński et al. 2014). Poškození listové plochy způsobené *G. aesculi* bylo měřeno v Českých Budějovicích v první polovině vegetační sezony, mezi roky 2010 a 2013. Průměrné poškození listové plochy *G. aesculi* bylo 2.99% oproti 4.25% způsobené klíněnkou jírovcovou v obdobné studii (Kopačka & Zemek 2017). Nejefektivnější způsob regulace *C. ohridella* a *G. aesculi* je shrabání zamořených listů a jejich odstranění z lokality na podzim nebo časně na jaře (Gilbert et al. 2003; Pavan et al. 2003; Snieskiene et al. 2011).

Abiotické faktory v městském prostředí, jako jsou poměr některých živin, distribuce vody v půdě a znečištění vzduchu, může ovlivnit zamoření listové plochy houbovým pathogenem (Flückiger & Braun 1999). Tato práce se zabývala otázkou,

zda zvýšená vlhkost vzduchu, způsobená blízkostí vodního toku, může ovlivnit zamoření jírovce maďalu *G. aesculi*. Výsledky potvrzují, že zvýšená vlhkost vzduchu má pozitivní efekt na výskyt tohoto pathogenu. Z tohoto důvodu by měly být brány v potaz specifické podmínky prostředí (abiotické a biotické faktory) při plánování a výsadbě jírovců v městském prostředí (Cregg & Dix 2001; Vogt et al. 2017; Simon & Lena 2016).

5.4. Vliv poškození listů jírovce na abundanci dravých roztočů (Příloha V a VI)

Aesculus hippocastanum slouží jako reservoár pro phytoseiidní roztoče především v městském prostředí (Tuovinen & Rokx 1991; Tuovinen 1994; Omeri 2009).

Výskyt čtyř druhů dravých roztočů (*Euseius finlandicus*, *Typhlodromus pyri*, *Kampimodromus aberrans* a *Neoseiulella tiliarum*) byl zaznamenán na listech jírovce maďalu ve střední a východní Evropě. *Amblyseius andersoni* a *Paraseiulus triporus* byli zaznamenáni na listech jírovce pouze ve východní Evropě (Komlovszky & Jenser 1987a,b; Ripka 1998; Gyenis et al. 2005). *Paraseiulus talbii* a *Phytoseius macropilis* nebyli na listech jírovce maďalu dosud popsáni (Ripka 2006). *E. finlandicus* byl dominantním druhem ve všech studovaných lokalitách ve střední Evropě (Kabíček & Řeháková 2004; Omeri 2009; Grabovska & Kolodochka 2014). Naše výsledky ukázaly, že v Řecku dominovali dva draví roztoči *E. finlandicus* a *K. aberrans*. Průměrná populační hustota byla vyšší v České republice a druhová diverzita byla vyšší v Řecku.

Důsledek poškození listů jírovce maďalu *Cameraria ohridella* a *Guignardia aesculi* na populační hustotu dravých roztočů byl potvrzen (Villanueva & Harmsen 1996; Villanueva & Harmsen 1998; Villanueva & Childers 2011). Opuštěné miny by mohly plnit funkci podobnou jako domatia. Někteří phytoseiidní roztoči byli pozorováni v opuštěných minách fytofágního hmyzu, které měly pozitivní efekt na abundanci (Villanueva & Harmsen 1996; Villanueva & Childers 2011). Naše výsledky tento pozitivní efekt také potvrzují.

V této práci byl také stanoven poměr pohlaví během vegetační sezony u dvou druhů dravých roztočů. Poměr pohlaví u *E. finlandicus* dosáhl v rozmezí od 68% do 81% a u *T. pyri* se pohyboval mezi 50% a 77%. Podobný poměr pohlaví byl zaznamenán také v práci (Puchalska & Kozák 2016).

6. ZÁVĚRY

Závěry disertační práce lze shrnout do následujících bodů:

- Poškození listů jírovce maďalu způsobené první generací klíněnky jírovcové je závislé na lokalitě a roku. V lokalitách, ve kterých nebylo shrabáno a odstraněno zamořené listí na podzim, mohou listy předčasně opadat.
- Mortalita kukel klíněnky jírovcové před hybernací je úzce spjatá s lokalitou.
- Parazitoidi se líhnou na jaře dříve než klíněnka jírovcová. Počet vylíhlých parazitoidů je v pozitivním vzájemném vztahu s klíněnkou jírovcovou.
- Množství klíněnek vylíhlých na jaře v lokalitě úzce souvisí s poškozenou listovou plochou způsobenou první generací klíněnky jírovcové v předchozím roce. To naznačuje dlouhodobé zatížení lokality.
- Prostorová autokorelace mezi poškozením listu a množstvím vylíhlých klíněnek v lokalitě nebyla potvrzena.
- Společná poškození listové plochy jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou a *G. aesculi* byla ovlivněna jak měřenou lokalitou, tak i datem měření v průběhu vegetační sezony.
- Poškození listové plochy jírovců houbovým patogenem *G. aesculi* pozitivně koreluje s poškozením listové plochy způsobeným klíněnkou jírovcovou.
- Poškození listové plochy jírovců houbovým patogenem *G. aesculi* vykazovalo vysokou prostorovou variabilitu i variabilitu mezi roky.
- Stromy jírovce maďalu, vysazené v těsné blízkosti řeky (nebo jiného významného zdroje vlhkosti) jsou více ohroženy zamořením houbovým patogenem *G. aesculi*. Toto zjištění by mělo být bráno v potaz při městském a krajinném plánování.
- Poškození listové plochy jírovce maďalu klíněnkou jírovcovou a *G. aesculi* v průběhu vegetační sezony významně ovlivňuje abundanci dravých roztočů.

- Jírovec maďal je velice vhodný hostitelský strom pro dravého roztoče *Euseius finlandicus* (Phytoseiidae), který v České republice jednoznačně dominoval nad ostatními dravými roztoči. V Řecku dominovaly dva druhy dravých roztočů *E. finlandicus* a *K. aberrans*.
- Abundance dravých roztočů je vyšší v České republice a druhová diverzita dravých roztočů je vyšší v Řecku.

7. LITERATURA

- Adrianova, T.V. 2006: Worldwide movement of horse chestnut (*Aesculus Hippocastanum* L.) anamorphic leaf pathogens: Monitoring in Ukraine. - 8th International Mycological Congress.
- Akimov, I.A., Zerova, M.D., Gershenson, Z.S., Narolsky, N.B., Kochanez, O.M. & Sviridov, S.V. 2003: First record of the horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) on *Aesculus hippocastanum* (Hippocastanaceae) in Ukraine. - *Vestnik Zoologii* 37(1): 3-12.
- Ale-Agha, N., Boyle, H., Braun, U., Butin, H., Jage, H., Kummer, V. & Hyeon-Dong, S. 2008: Taxonomy, host range and distribution of some powdery mildew fungi (Erysiphales). - *Schlechtendalia* 17: 39-54.
- Ale-Agha, N., Braun, U., Feige, B. & Jage, H. 2000: A new powdery mildew disease on *Aesculus* Spp. introduced in Europe. - *Cryptogamie Mycologie* 21(2): 89-92.
- Anicic, M., Spasic, T., Tomasevic, M., Rajsic, S. & Tasic, M. 2011: Trace elements accumulation and temporal trends in leaves of urban deciduous trees (*Aesculus hippocastanum* and *Tilia* Spp.). - *Ecological Indicators* 11(3): 824-830.
- Aptroot, A. 2006: Mycosphaerella and its anamorphs: 2. Conspectus of *Mycosphaerella*. - *CBS Biodiversity Series* 5: 1-231.
- Awad, M., Prenerová, E., Volter, L. & Zemek, R. 2010: Evaluation of *Isaria fumosorosea* CCM 8367 for the control of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), and effects on *Beneficia parasitoids*. - 43rd Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology.
- Awmack, C.S. & Leather, S.R. 2002: Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. - *Annual Review of Entomology* 47: 817-844.
- Banks, J.M. & Percival, G.C. 2012: Evaluation of biostimulants to control *Guignardia* leaf blotch (*Guignardia aesculi*) of horsechestnut and black spot (*Diplocarpon Rosae*) of roses. - *Arboriculture & Urban Forestry* 38(6): 258-261.

- Baraniak, E. 2004: Effect of distance between host trees and leaf litter removal on population density of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae) - Pest of chestnut (*Aesculus* Sp.) trees. - *Polish Journal of Ecology* 52(4): 569-574.
- Baraniak, E., Walczak, U. & Zduniak, P. 2005: Appearance and migration of the horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella* in relation to city size and leaf-raking, using the example of two cities in western Poland. - *Journal of Pest Science* 78(3): 145-149.
- Barbar, Z. 2014: Occurrence, population dynamics and winter phenology of spider mites and their Phytoseiid predators in a citrus orchard in Syria. - *Acarologia* 54(4): 409-423.
- Bissett, J. & Darbyshire, S.J. 1984: *Phyllosticta sphaeropsoidea*. - *Fungi Canadenses* 280: 1-2.
- Bolay, A. 2000: L'Oïdium des marronniers enhavit La suisse. Revue de suisse viticulture. - *Arboriculture et Horticulture* 32: 311–313.
- Boucek, Z. & Askew, R.R. 1968: Palearctic Eulophidae (excl. Tetrastichinae) (Hym. Chalcidoidea). - Paris: Le Francois.
- Brasahr, C.M. & Strouts, R.G. 1976: New records of *Phytophthora* on trees in Britain. - *European Journal of Forest Pathology* 6(3): 129-136.
- Braun, U. 1987: A monograph of the Erysiphales (*powdery mildews*). - *Beihefte zur Nova Hedwigia* 89: 1-700.
- Bultreys, A., Gheysen, I. & Planchon, V. 2008: Characterization of *Pseudomonas Syringae* Strains Isolated from Diseased Horse Chestnut Trees in Belgium. In: Fatmi M, Collmer A, Iacobellis NS, et Al., Eds. *Pseudomonas Syringae* Pathovars and Related Pathogens – Identification, Epidemiology and Genomics. Dordrecht, the Netherlands. - *Springer* 11: 283-293.

- Bunkina, I.A. 1991: Erysiphales (Pp. 11-142) in Nizshie Rasteniya, Griby i Mohoobraznye Sovetskogo Dal'nego Vostoka, Griby, Tom 2 Askomicety, Erizifal'nye, Klavicipital'nye, Gelocial'nye. - Leningrad: Nauka.
- Bürgés, G. & Szidonya, I. 2001: Vadgesztenyefák (*Aesculus hippocastanum*) Injektálása vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) ellen (injection of horse-chestnuts (*Aesculus hippocastanum*) against leaf miner (*Cameraria ohridella*). - *Növényvédelem* 37: 291-296.
- Buszko, J., Šefrová, H. & Laštůvka, Z. 2000: Invasive species of Lithocolletinae in Europe and their (Gracillariidae). - 11th European Congress of Lepidopterology.
- Butenandt, A., Beckmann, R., Stamm, D. & Hecker, E. 1959: Über den Sexual-Lockstoff des Seidenspinners *bombyx mori* – Reindarstellung und Konstitution. - *Z Naturforsch* 14: 283-284.
- Butin, H. & Fuhrer, E. 1994: Die Kastanien -Miniermotte (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic), ein neuer Schädling an *Aesculus hippocastanum* Nachrichtenbl. deut. - *Pflanzenschutzdienst* 46(5): 89-91.
- Caetano, M.F.F. 1985: *Guignardia aesculi* (Peck) Stew. – uma nova doença Do ‘castanheiro da Índia’ em Portugal. - *Agros* 67: 15-18.
- Campelo, M.P., Lorenzana, A. & Marcos, M.F. 2007: First report of horse chestnut powdery mildew caused by *Erysiphe flexuosa* in Castilla y León, Spain. - *Plant Disease* 91: 1513.
- Caroselli, N.E. 1953: Bleeding canker of hardwoods. - *Scientific Tree Topics* 2: 1-6.
- Cebeci, H. & Acer, S. 2007: The occurrence of some lepidopterous species on the horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) at Istanbul-belgrad forest in Turkey. - *Acta Agriculturae Slovenica* 19(2): 95-102.
- Cebeci, H.H., Grabenweger, G. & Ayberk, H. 2011: Eulophid parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), from Istanbul, Turkey. - *Türkisch Journal of Zoology* 35(5): 777-780.

- Connors, I.L. 1967: An annotated index of plant diseases in Canada. - Ottawa: Queen's Printer.
- Cornelis, P. 2008: Pseudomonas: genomics and molecular biology. - Brussel: Caister Academic Press.
- Cregg, B.M. & Dix, M.E. 2001: Tree moisture stress and insect damage in urban areas in relation to heat island effects. - *Journal of Arboriculture* 27(1): 8-17.
- Czencz, K. & Burges, G. 1996: A vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimic 1986, Lep. Lithocolletidae). - *Növényvédelem* 9: 437-445.
- Čermáková, B. & Muzíková, R. 2009: Ozelenění střechy. - Havlíčkův brod: Tiskárny Havlíčkův brod a.s..
- Dalisay, R.F. & Kuc, J.A. 1995: Persistence of induced resistance and enhanced peroxidase and chitinase activities in cucumber plants. - *Physiological and Molecular Plant Pathology* 47: 315-327.
- Deschka, G. & Dimic', N. 1986: *Cameraria ohridella* Sp. n. (Lep., Lithocolletidae) from Macedonia, Jugoslawien. - *Acta Entomologica Jugoslavica* 22: 11-23.
- Dijkshoorn-Dekker, M.W.C. 2005: Eindrapport onderzoeksprogramma Red de kastanje voor Nederland. - Wageningen: Werkgroep Aesculaap.
- Durgapal, J.C. & Singh, B. 1980: Taxonomy of Pseudomonads pathogenic to horsechestnut, wild fig and wild cherry in India. - *Indian Phytopathology* 33: 533-535.
- Edland, T. & Evans, G.O. 1998: The genus *Typhlodromus* (Acari: Mesostigmata) in Norway. - *European Journal of Entomology* 95: 275-295.
- El-Sawi, S.A. & Momen, F.M. 2005: Biology of some Phytoseiid predators (Acari: Phytoseiidae) on eggs of *Phithorimaea operculella* and *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Gelechiidae and Noctuidae). - *Acarologia* 1: 23-30.

- Erlar, F. & Ates, A.O. 2015: Potential of two entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, as biological control agents against the june beetle. - *Journal of Insect Science* 15: 44.
- Fadini, M., Venzon, M., Oliveira, H., Pallini, A. & Vilela, E.F. 2010: Response of the predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Banks) to volatiles produced by strawberry plants in response to attack by tetranychid mites (Acari: Phytoseiidae: Tetranychidae). - *Neotropical Entomology* 39(2): 248-252.
- Farr, D.F., Bills, G.F., Chamuris, G.P. & Rossman, A.Y. 1989: Fungi on plants and plant products in the United States. - Minnesota: APS Press.
- Ferracini, C. & Alma, A. 2007: Evaluation of the community of native Eulophid parasitoids on *Cameraria ohridella* Deschka and Dimic in urban areas. - *Environmental Entomology* 36(5): 1147-1153.
- Ferracini, Ch. & Alma, A. 2008: How to preserve horse chestnut trees from *Cameraria ohridella* in the urban environment. - *Crop Protection* 27(9): 1251-1255.
- Ferracini, Ch., Curir, P., Dolci, M., Lanzotti, V. & Alma, A. 2010: *Aesculus pavia* foliar saponins: defensive role against the leafminer *Cameraria ohridella*. - *Pest Management Science* 66(7): 767-772.
- Ferrini, F. & Nicese, F.P. 2002: Response of english oak (*Quercus Robour* L.) trees to biostimulants application in the urban environment. - *Journal of Arboriculture* 28(2): 70-75.
- Flint, M.L. 1998: Pests of the garden and small farm: a grower's guide to using less pesticide. - Oakland: University of California Press.
- Flückiger, W. & Braun, S. 1999: Stress factors of urban trees and their relevance for vigour and predisposition for parasite attacks. - International Symposium on Urban Tree Health.

- Freise, J. & Heitland, W. 2004: Bionomics of the horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic 1986, a pest on *Aesculus hippocastanum* in Europe (Insecta, Lepidoptera, Gracillariidae). - *Senckenbergiana Biologica* 84: 61-80.
- Freise, J.F., Heitland, W. & Tosevski, I. 2002: Parasitism of the horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* Deschka and Dimic (Lep., Gracillariidae), in Serbia and Macedonia. - *Journal of Pest Science* 75(6): 152-157.
- Friedli, J. & Bacher, S. 2001: Mutualistic interaction between a weevil and a rust fungus, two parasites of the weed *Cirsium arvense*. - *Oecologia* 129(4): 571-576.
- Gadino, A.N., Walton, V.M. & Dreves, A.J. 2011: Impact of vineyard pesticides on a beneficial arthropod, *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae), in laboratory bioassays. - *Journal of Economic Entomology* 104(3): 970-977.
- Gilbert, M. & Grégoire, J.C. 2003: Visual, semi-quantitative assessments allow accurate estimates of leafminer population densities: an example comparing image processing and visual evaluation of damage by the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* (Lep., Gracillariidae). - *Journal of Applied Entomology* 127(6): 354-359.
- Gilbert, M., Svatoš, A., Lehmann, M. & Bacher, S. 2003: Spatial patterns and infestation processes in the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella*: a tale of two cities. - *Entomologia Experimentalis et Applicata* 107: 25-37.
- Ginns, J.H. 1986: Compendium of plant diseases and decay fungi in Canada 1960 - 1980. - *Research Branch, Agriculture Canada* 1813: 1-415.
- Giordano, L., Bocca, F. & Gonthier, P. 2013: First report of the powdery mildew agent *Erysiphe flexuosa* on *Aesculus x carnea* in Italy. - *Journal of Plant Pathology* 95(2): 450.
- Girardo, S., Quicke, D.L.J. & Kenis, M. 2007: Factors favouring the development and maintenance of outbreaks in an invasive leaf miner *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae): a life table study. - *Agricultural and Forest Entomology* 9(2): 141-158.

- Glynn, C.P. & Banks, J.M. 2014: Studies of the interaction between horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*) and bacterial bleeding canker (*Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*). - *Urban Forestry & Urban Greening* 13: 403-409.
- Golosova, M. 2004: *Aesculus hippocastanum* L. condition in some countries in Europe. - *Forest Science* 1.
- Grabenweger, G. & Grill, R. 2000: On the place of origin of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lepidoptera: Gracillariidae). - *Beiträge zur Entomofaunistik* 1: 7-19.
- Grabenweger, G. 2003: Parasitism of different larval stages of *Cameraria ohridella*. - *Biocontrol* 48(6): 671-684.
- Grabenweger, G. 2004: Poor control of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), by native european parasitoids: a synchronisation problem. - *European Journal of Entomology* 101: 189-192.
- Grabenweger, G., Hopp, H., Jackel, B., Balder, H., Koch, T. & Schmolling, S. 2007: Impact of poor host-parasitoid synchronisation on the parasitism of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae). - *European Journal of Entomology* 104(1): 153-158.
- Grabenweger, G., Kehrl, P., Schlick-Steiner, B., Steiner, F., Stolz, M. & Bacher, S. 2005: Predator complex of the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella*: identification and impact assessment. - *Journal of Applied Entomology* 129(7): 353-362.
- Grabovska, S.L. & Kolodochka, L.A. 2014: Species complexes of predatory Phytoseiid mites (Parasitiformes, Phytoseiidae) in green urban plantations of Uman (Ukraine). - *Vestnik Zoologii* 48(6): 495-502.
- Green, S., Laue, B., Fossdal, C.G., A'Hara, S.W. & Cottrell, J.E. 2009: Infection of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) by *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* and its detection by quantitative real-time PCR. - *Plant Pathology* 58: 731-744.
- Grodner, J. 2009: An alternative synthesis of (8E,10Z)-Tetradeca-8,10-Dienal, sex pheromone of horse-chestnut leafminer (*Cameraria ohridella*). - *Tetrahedron* 65(8): 1648-1654.

- Grove, W.B. 1935: British stem- and leaf-fungi (Coelomycetes). - Cambridge: Walter Lewis University Press.
- Guichard, S. & Augustin, S. 2002: Acute spread in France of an invasive pest, the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lep., Gracillariidae). - *Anzeiger für Schädlingskunde* 75(6): 145-149.
- Gyenis, K., Péntzes, B. & Hegyi, T. 2005: Fitofág és ragadozó atkafajok vadgesztyénén. - *Növényvédelem* 41(4): 143-148.
- Hatcher, P.E. 1995: Three-way interactions between plant pathogenic fungi, herbivorous insects and their host plants. - *Biological Reviews* 70: 639-694.
- Hellrigl, K. 1998: On the occurrence of the robinia-leafminer, *Phyllonorycter robiniella* (Clem.) and the horse-chestnut-leafminer, *Cameraria ohridella* Desch. et Dim. (Lep., Gracillariidae) in South Tyrol. - *Anzeiger für Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz* 71(4): 65-68.
- Hellrigl, K. 2001: Neue Erkenntnisse und Untersuchungen über die Rosskastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae). - *Gredleriana* 1: 9-81.
- Helyer, N., Brown, K. & Cattlin, N.D. 2003: Biological control in plant protection. - London: Manson publishing.
- Henry, T.J. 2012: First eastern north American records of *Campyloneura virgula* (Hemiptera: Heteroptera: Miridae: Bryocorinae). - *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 114(1): 159-163.
- Hepting, G.H. 1971: Disease offorest and shade trees of the United States. - Washington D.C.: Government Printing Office.
- Holzschuh, C. 1997: Woher kommt die Roßkastanien - Miniermotte wirklich? - *Forstschztz Aktuell* 21: 11-12.

- Hoy, C.W. & Glenister, C.S. 1991: Releasing *Amblyseius* Spp. (Acarina: Phytoseiidae) to control thrips *Tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on cabbage. - *Entomophaga* 36: 561-573.
- Hrubík, P. 1976: Biotickí škodcovia cudzokrajných drevín. - Praha: ÚVTIZ.
- Hudson, H.J. 1987: *Guignardia* leaf blotch of horsechestnut. - *Transactions of the British Mycological Society* 89: 400-401.
- Chen, L., Meissner, R., Zhang, Y.Q., Xiao, H.J., 2013. Studies on dew formation and its meteorological factors. *Journal of Food Agriculture & Environment* 11(2): 1063-1068.
- Chen, P.C., Li, Y.Z., Xu, Y., Chi, X.Z., Yan, W. & Ju, R.T. 2007: Main pests in imported colored arbors and the occurrence. - *Forest Pest and Disease* 26: 31-34.
- Ianovici, N., Ciocan, G.V., Matica, A., Scurtu, M. & Sesan, T.E. 2012: Study on the infestation by *Cameraria ohridella* on *Aesculus hippocastanum* foliage from Timisoara, Romania. - *Annals of West University of Timișoara* 15: 67-80.
- Ing, B. & Spooner, B. 2002: The horse chestnut powdery mildew *Uncinula flexuosa* in Europe (New british record 210). - *Mycologist* 16: 112-113.
- Ivanov, B., Naceski, S., Kenis, M. & Tomov, R. 2007: *Cameraria ohridella* Desch. et Dimic in natural stands of horse-chestnut and urban environments in Republic of Macedonia. - *Plant Protection* 18: 74-78.
- Ivinskis, P. & Rimšaitė, J. 2006: The horse-chestnut leafminer (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic 1986) (Lepidoptera, Gracillariidae) in Lithuania. - *Acta Zoologica Lituanica* 16(4): 323-327.
- Johnson, O. 2005: A study of biodiversity in Uk urban tree populations. - *Arboricultural Journal* 29(1): 55-62.
- Juhásová, G. & Hamšíková, A. 1996: Fungal diseases *Ofwoody* plants at Pezinok. - *Folia Dendrologica* 1: 21-22.

- Jura, S. 2001: Určování stáří stromů. - *Silva Bohemica* 1: 19-21.
- Kabíček, J. & Povondrová, K. 2004: Phytoseiid mite communities on urban deciduous trees. - *Acta Fytotechnica et Zootechnica* 7: 119-121.
- Kabíček, J. & Řeháková, M. 2004: Phytoseiid mite community on *Aesculus hippocastanum* in the parks. - *Acta Fytotechnica et Zootechnica* 16(7): 114-115.
- Kabíček, J. 2003: Broad leaf trees as reservoirs for Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae). - *Plant Protection Science* 39: 65-69.
- Kaissling, K.E. 1987: Wright lectures on insect Olfaction. - Burnaby: Simon Fraser University.
- Karliński, L., Jagodziński, A.M., Leski, T., Butkiewicz, P., Brosz, M. & Rudawska, M. 2014: Fine root parameters and mycorrhizal colonization of horse chestnut trees (L.) in urban and rural environments. - *Landscape and Urban Planning* 127: 154-163.
- Kehrli, P. & Bacher, S. 2003: Date of leaf litter removal to prevent emergence of *Cameraria ohridella* in the following Spring. - *Entomologia Experimentalis et Applicata* 107: 159-162.
- Kehrli, P. & Bacher, S. 2004: How to safely compost *Cameraria ohridella*-infested horse chestnut leaf litter on private compost heaps. - *Journal of Applied Entomology* 128: 707-709.
- Kehrli, P., Lehmann, M. & Bacher, S. 2005: Mass-emergence devices: a biocontrol technique for conservation and augmentation of parasitoids. - *Biological Control* 32: 191-199.
- Keijzer, J., Lambertus, A.M.B., Ketelaar, T. & Lammeren, A.A.M. 2012: Histological examination of horse chestnut infection by *Pseudomonas Syringae* Pv. *aesculi* and non-destructive heat treatment to stop disease progression. - *Plos One* 7(7): e39604.
- Kenis, M. & Forster, B. 1998: Die Rosskastanien-Miniermotte: neu in der Schweiz. - *Der Gartenbau* 39: 16-17.

- Kerzhner, I.M. & Josifov, M. 1999: Cimicomorpha II: Miridae. In B. Aukema and C. Rieger, eds., Catalogue of the Heteroptera of the palaeartic region. - Amsterdam: Netherlands Entomological Society.
- Kincl, M. & Faustus, L. 1978: Základy fyziologie rostlin. - Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Kiss, L., Vajna, L. & Fischl, G. 2004: Occurrence of *Erysiphe flexuosa* (syn. *Uncinula flexuosa*) on horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) in Hungary. - *Plant Pathology* 53(2): 245.
- Klika, J. 1965: Klíč k určování rostlin. - Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Koblížek, J. 2000: Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků. - Tišnov: Sursum.
- Kobza, M., Juhasova, G., Adamcikova, K. & Onruskova, E. 2011: Tree injection in the management of horse-chestnut leaf miner. *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae). - *Gesunde Pflanzen* 62(3–4): 139-143.
- Kolařík, J. 2005: Péče o dřeviny mimo les, II. díl. - Štěchovice: VAMB Štěchovice.
- Komlovszky, I. & Jenser, G. 1987a: Az Amblyseius finlandicus Oudemans és a Phytoseius plumifer Canestrini et Fanzago ragadozó atkák gyakori előfordulása gyümölcsfákon. - *Növényvédelem* 23: 193-201.
- Komlovszky, I. & Jenser, G. 1987b: Ragadozó atkák (Acari: Phytoseiidae) előfordulása hazai gyümölcsösökben. - *Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei* 27: 475–495.
- Konarska, J., Uddling, J., Holmer, B., Lutz, M., Lindberg, F., Pleijel, H. & Thorsson, S. 2016: Transpiration of urban trees and its cooling effect in a high latitude city. - *International Journal of Biometeorology* 60(1): 159-172.
- Kopačka, M. & Zemek, R. 2012: The effect of microclimatic conditions on *Guignardia aesculi* infecting horse chestnut trees. - Dendrological Days in Mlýňany Arboretum SAS 2012

- Kopačka, M. & Zemek, R. 2017: Spatial Variability in the Level of Infestation of the Leaves of Horse Chestnut by the Horse Chestnut Leaf Miner, *Cameraria Ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and in the Number of Adult Moths and Parasitoids Emerging from Leaf Litter in an Urban Environment. - *European Journal of Entomology* 114: 42-52.
- Kopačka, M. 2011: Kompostování listů jírovce maďalu napadeného klíněnkou jírovcovou (*Cameraria ohridella*) jako technologie pro ekologickou regulaci škůdce. - Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. <http://theses.cz/id/qtquqz/>.
- Kopačka, M., Zemek, R. & Kopačka, D. 2011: Vhodná údržba městských parků přispívá k regulaci klíněnky jírovcové. - *Zahradnictví* 10: 53-54.
- Kozlov, M.V. & Zvereva, E.L. 2016: Industrial pollution affects behaviour of the leafmining moth *Stigmella lapponica*. - *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 158(1): 69-77.
- Kreiter, S., Tixier, M.S., Croft, B.A., Auger, P. & Barret, D. 2002: Plants and leaf characteristics influencing the predaceous mite *Kampimodromus aberrans* (Acari: Phytoseiidae) in habitats surrounding vineyards. - *Environmental Entomology* 31(4): 648-660.
- Kukula-Mlynarczyk, A. & Hurej, M. 2007: Incidence, harmfulness and some elements of the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic control on white horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). - *Journal of Plant Protection Research* 47(1): 53-64.
- Kuldová, J., Hrdý, I. & Janšta, P. 2007: The horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella*: chemical control and notes on parasitisation. - *Plant Protection Science* 43(2): 47-56.
- Lancaster, R. 2004: Oblíbené stromy, keře a popínivé rostliny. - Banská Bystrice: Tlačiarne BB s.r.o..
- Lattin, J.D. & Stonedahl, G.M. 1984: *Campyloneura-Virgula*, a predacious Miridae not previously recorded from the United-States (Hemiptera). - *Pan-Pacific Entomologist* 60(1): 4-7.

- Liška, J. 1997: Verbreitung der Robkastanien - Miniermotte in Tschechien. - *Forstschutz-Aktuell* 21.
- Lupi, D. 2005: A 3 year field survey of the natural enemies of the horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* in Lombardy, Italy. - *Biocontrol* 50(1): 113-126.
- Macek, J. 2001: Bezobratlí (2). Svět zvířat. - Praha: Albatros.
- Maceljiski, M. & Bertia, D. 1996: The horse chestnut leafminer - *Cameraria ohridella* Deschka et Dimiæ (Lep.: Lithocolletidae) - a new dangerous pest in Croatia. - *Fragmenta Phytomedica et Herbologica* 23: 9-18.
- Magyar, D. & Tóth, S. 2003: Data to the knowledge of the microscopic fungi in the forests around Budakeszi (Buda Hills, Hungary). - *Acta Phytopathologica Entomologica Hungarica* 38: 61-72.
- Martinovský, J. 1959: Naše rostliny – Klíč k určování. - Liberec: Státní zemědělské nakladatelství.
- Matosevic, D. & Melika, G. 2012: Diversity of parasitoid assemblages of native and alien leaf miners in Croatia. - *Sumarski List* 136(7–8): 367-376.
- McCaskill, D., Gershenzon, J. & Croteau, R. 1992: Morphology and monoterpene biosynthetic capabilities of secretory cell clusters isolated from *Glandular trichomes* of Peppermint (*Mentha piperita* L.). - *Planta* 187: 445-454.
- McMurtry, J.A. & Croft, B.A. 1997: Life styles of Phytoseiid mites and their roles in biological control. - *Annual Review of Entomology* 42: 291-321.
- Mertelik, J., Kloudova, K., Panková, I., Krejzar, V. & Kudela, V. 2013: Occurrence of horse chestnut bleeding canker caused by *Pseudomonas syringae* Pv. *aesculi* in the Czech Republic. - *Forest Pathology* 43(2): 165-167.
- Mesic, A., Barcic, J., Barcic, J.I., Milicevic, T., Duralija, B. & Culjak, T.G. 2008: A low environmental impact method to control horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* (Deschka & Dimic). - *Journal of Food Agriculture & Environment* 6(3–4): 421-427.

- Metla, Z., Voitkane, S., Seškana, R., Petrova, V. & Jankevica, L. 2013: Presence of entomopathogenic fungi and bacteria in Latvian. Population of horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella*. - *Acta Biologia Universitatis Daugavpiliensis* 13(1): 69-76.
- Milatović, I. 1956: Palež lišea divljeg kestena. - *Zasht Bilja* 38: 109-111.
- Milevoj, L. & Macek, J. 1997: Horse chestnut leafminer (*Cameraria ohridella*) in Slovenia. - *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 49(1): 14.
- Milevoj, L. 2004: The occurrence of some pests and diseases on horse chestnut, plane tree and indian bean tree in urban areas of Slovenia. - *Acta Agriculturae Slovenica* 83(2): 297-300.
- Morris, C.E., Sands, D.C., Vinatzer, B.A., Glaux, C., Guilbaud, C., Buffière, A., Yan, S., Dominguez, H. & Thompson, B.M. 2008: The life history of the plant pathogen *Pseudomonas syringae* is linked to the water cycle. - *ISME Journal* 2: 321-334.
- Neely, D. & Himelick, E.B. 1963: *Aesculus* species susceptible to leaf blotch. - *Plant Disease Report* 47: 170.
- Neely, D. 1971: Additional *Aesculus* species and subspecies susceptible to leaf blotch. - *Plant Disease Report* 55: 37-38.
- Nejmanova, J., Cvacka, J., Hrdy, I., Kuldova, J., Mertelik, J., Muck, A., Nesnerova, P. & Svatoš, A. 2006: Residues of diflubenzuron on horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) leaves and their efficacy against the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella*. - *Pest Management Science* 62(3): 274-278.
- Nováková, P., Holuša, J. & Horák, J. 2016: The role of geography and host abundance in the distribution of parasitoids of an alien pest. - *Peer J* 4: 1592.
- Omeri, I.D. 2009: Thytoseiid mites (Parasitiformes, Phytoseiidae) on plants in Trostyanets dendrological park (Ukraine). - *Vestnik zoologii* 42(3): e-7 - e-14.

- Opler, P.A. & Davis, D.R. 1981: The leafmining moths of the genus *Cameraria* associated with fagaceae in California (Lepidoptera: Gracillariidae). - Washington: Smithsonian institution press.
- Pánková, I., Krejzar, V., Mertelík, J. & Kloudová, K. 2015: The occurrence of lines tolerant to the causal agent of bleeding canker, *Pseudomonas syringae* Pv. *aesculi*, in a natural horse chestnut population in Central Europe. - *European Journal of Plant Pathology* 142: 37-47.
- Parrini, C. & Braccini, P. 2003: Il mal bianco dell'ippocastano. - *L'informatore Agrario* 17: 86–89.
- Pastiráková, K., Pastirák, M., Celar, F. & Shin, H.D. 2009: *Guignardia aesculi* on species of *Aesculus*: new records from Europe and Asia. - *Mycotaxon* 108(1): 287-296.
- Pastirčáková, K. 2004: *Guignardia aesculi* (Peck) Stewart – Fungal pathogen on *Aesculus* leaves in Slovakia. - *Acta Fytotechnica et Zootechnica* 7: 234-236.
- Pavan, F., Barro, P., Bernardinelli, I., Gambon, N. & Zandigiacomo, P. 2003: Cultural control of *Cameraria ohridella* on horse chestnut in urban areas by removing fallen leaves in autumn. - *Journal of Arboriculture* 29(5): 253-258.
- Pawsey, R.G. 1962: Leaf blotch of horse-chestnut. - *Plant Pathology* 11: 137-138.
- Peace, T.R. 1962: Pathology of trees and shrubs. - Oxford: University Press.
- Penka, M. 1985: Transpirace a spotřeba vody rostlinami. - Praha: Académia.
- Percival, G.C. 2010: Effects of systemic inducing resistance and biostimulant materials on apple scab using a detached leaf bioassay. - *Arboriculture & Urban Forestry* 36(1): 41-46.
- Péré, Ch., Augustin, S., Turlings, T.C.J. & Kenis, M. 2010: The invasive alien leaf miner *Cameraria ohridella* and the native tree *Acer pseudoplatanus*: a fatal attraction? - *Agricultural and Forest Entomology* 12(2): 151-159.

- Perminow, J., Brurberg, M., Sletten, A. & Talgø, V. 2014: *Pseudomonas syringae* Pv. *aesculi* detected on horse chestnut in Norway. - *Plant Health Progress* 15(2): 7-8.
- Petkovic, N. 1989: *Cameraria ohridella* Dimic (Lepidoptera, Lithocolletidae) new miner on horse chestnut in Serbia and it's natural enemies [*Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Lithocolletidae) nova vrsta minera na divljem kestenu u Srbiji i njegovi prirodni neprijatelji]. - Belgrade: Faculty of Forestry.
- Petrak, F. 1957: Über ein verheerendes Auftreten der Blattrollkrankheit der Rosskastanien in der südlichen Steiermark. - *Sydowia* 10: 264-270.
- Petrova, V., Voitkane, S., Jankevica, L. & Cera, I. 2013: Spider community on the horse-chestnut *Aesculus hippocastanum* L. – Preliminary results. - *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis* 13(1): 77-84.
- Phillips, A.J.L., Alves, A., Abdollahzadeh, J., Slippers, B., Wingfield, M.J., Groenewald, J.Z. & Crous, P.W. 2013: The Botryosphaeriaceae: genera and species known from Culture. - *Studies in Mycology* 76: 51-167.
- Piatek, M. 2002: *Erysiphe flexuosa*, a new for poland powdery mildew causing disease of *Aesculus hippocastanum*. - *Phytopathologia Polonica* 24: 67-71.
- Pirone, P.P., Dodge, B.O. & Rickett, H.W. 1960: Diseases and pests of ornamental plants. - New York: The Ronald Press.
- Plenk, A. 1996: Die Blattbräune der Roßkastanie - *Guignardia aesculi* Biologie und Bekämpfungsmöglichkeiten. - *Pflanzenschutzberichte* 56: 67–72.
- Pokorný, J. 1987: Trees. - Praha: Artia.
- Põldmaa, K. 2006: Two new parasitic ascomycetes on *Aesculus hippocastanum* in Estonia. - *Folia Cryptogamica Estonica* 42: 85-89.
- Praslicka, J., Schlarmannova, J., Matejovicova, B. & Tancik, J. 2011: The predatory mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent of *Eriophyes pyri* (Acari: Eriophyidae) on pear. - *Biologia* 66(1): 146-148.

- Prins, W.D. & Puplesiene, J. 2000: *Cameraria ohridella*, een nieuwe soort voor de belgische fauna (Lepidoptera: Gracillariidae). - *Phegea* 28(1): 1-6.
- Procházka, S., Machackova, I., Krekule, J. & Sebanek, J. 1998: Fyziologie rostlin. - Praha: Academia.
- Przybyl, K. 2002: More serious fungal and bacterial diseases of some trees and shrubs growing in parks. - *Biuletyn Ogrodów Botanicznych* 11: 9-20.
- Pschorn-Walcher, H. 1994: Freiland-Biologie der eingeschleppten Roßkastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic (Lep., Gracillariidae) im Wienerwald. - *Linzer Biologische Beiträge* 26(2): 633-642.
- Puchalska, E.K. & Kozak, M. 2016: *Typhlodromus pyri* and *Euseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae) as potential biocontrol agents against spider mites (Acari: Tetranychidae) inhabiting willows: laboratory studies on predator development and reproduction on four diets. - *Experimental & Applied Acarology* 68: 39-53.
- Puchberger, K.M. 1995: Zur Geschichte der ersten Ausbreitung von *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic 1986 in Österreich (Lepidoptera, Gracillariidae). - *Entomologisches Nachrichtenblatt* 1: 1-2.
- Quesada-Moraga, E., Yousef, M., Ortiz, A., Ruiz-Torres, M., Garrido-Jurado, I. & Estevez, A. 2013: *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) wound dressing for the control of *Euzophera pinguis* (Lepidoptera: Pyralidae). - *Journal of Economic Entomology* 106(4): 1602-1607.
- Radulescu, E., Negru, A. & Docea, E. 1973: Septoriozele din Romania. - Bucurest: Educated Academic Republiction Society Romania.
- Ragusa di Chiara, S., Papaioannou-Souliotis, P., Tsolakis, H. & Tsagkarakou, N. 1995: Acari *Fitoseidi* (Parasitiformes, Phytoseiidae) della grecia associati a piante forestali a diverse altitudini. - *Bollettino di Zoologia Agraria e Bachicoltura* 27(1): 85-91.

- Raimondo, F., Ghirardelli, L.A., Nardini, A. & Salleo, S. 2003: Impact of the leaf miner *Cameraria ohridella* on photosynthesis, water relations and hydraulics of *Aesculus hippocastanum* leaves. - *Trees-Structure and Function* 17(4): 376-382.
- Ramert, B., Kenis, M., Karnestam, E., Nystrom, M. & Rannback, L.M. 2011: Host plant suitability, population dynamics and parasitoids of the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in southern Sweden. - *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 61(5): 480-486.
- Raspotnig, G., Schicho, R., Stabentheiner, E., Magnes, C. & Stelzl, M. 2003: Morphology of female sex pheromone gland in the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* (Lep, Gracillariidae). - *Journal of Applied Entomology* 127: 121-126.
- Rediers, H., Vanderleyden, J. & De Mot, R. 2004: *Azotobacter vinelandii*: a *Pseudomonas* in disguise? - *Microbiology* 150: 1117-1119.
- Ripka, G. 1998: New data to the knowledge on the phytoseiid fauna in Hungary (Acari: Mesostigmata). – *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 33: 395-405.
- Ripka, G. 2006: Checklist of the Phytoseiidae of Hungary (Acari: Mesostigmata). - *Folia Entomologica Hungarica* 67: 229-260.
- Salleo, S., Nardini, A., Raimondo, F., Assunta, L.G.M., Pace, F. & Giacomich, P. 2003: Effects of defoliation caused by the leaf miner *Cameraria ohridella* on wood production and efficiency in *Aesculus hippocastanum* growing in north-eastern Italy. - *Trees* 17: 367-375.
- Scaramuzzi, G. 1954: Sul seccume delle foglie d'ippocastano. – *Annali della Sperimentazione Agraria* 8: 1256-1281.
- Severoglu, Z. & Ozyigit, I.I. 2012: Powdery mildew disease in some natural and exotic plants of Istanbul, Turkey. - *Pakistan Journal of Botany* 44: 387-393.
- Sheng-yong, W.U., Yu-lin, G.A.O., Xue-nong, X.U., Mark, S.G. & Zhong-ren, L.E.I. 2015: Compatibility of *Beauveria bassiana* with *Neoseiulus barkeri* for control of *Frankliniella occidentalis*. - *Journal of Integrative Agriculture* 14(1): 98-105.

- Schmidt, O., Dujesiefken, D., Stobbe, H., Moreth, U. & Kehr, R. 2008: *Pseudomonas syringae* P.v. *aesculi* associated with horse chestnut bleeding canker in Germany. - *Forest Pathology* 38(2): 124-128.
- Schmidt, R.A. 2014: Leaf structures affect predatory mites (Acari: Phytoseiidae) and biological control: a review. - *Experimental and Applied Acarology* 62(1): 1-17.
- Schneider, R. 1961: Untersuchungen über das Auftreten der *Guignardia*-Blattbräune der Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*) in Westdeutschland und ihre Erreger. - *Phytopathology* 42: 272-278.
- Simon, P. & Lena, M. 2016: Radial growth response of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) trees to climate in Ljubljana, Slovenia. - *Urban Forestry and Urban Greening* 18: 110-116.
- Sivicek, P., Hrubik, P. & Juhasova, G. 1997: Verbreitung der Roßkastanien - Miniermotte in der Slowakei. - *Forstschutz-Aktuell* 21 (6).
- Skerman, V.B.D., McGowan, V. & Sneath, P.H.A. 1980: Approved lists of bacterial names. - *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 30: 225-420.
- Skuhřavý, V. 1998: Zur Kenntnis der Blattminen-Motte *Cameraria ohridella* Desch. & Dim. (Lep., Lithocolletidae) an *Aesculus hippocastanum* L. in der Tschechischen Republik. - *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 71(5): 81-84.
- Skuhřavý, V. 1999: Zusammenfassende Betrachtung der Kenntnisse über die Roßkastanien-Miniermotte, *Cameraria ohridella* Desch. & Dem. (Lep., Gracillariidae). - *Journal of Pest Science* 72(4): 95-99.
- Slippers, B., Burgess, T., Pavlic, D., Ahumada, R., Maleme, H., Mohali, S., Rodas, C. & Wingfield, M.J. 2009: A diverse assemblage of Botryosphaeriaceae infect Eucalyptus in native and non-native environments. - *Journal of Forest Science* 71(2): 101-110.

- Slippers, B., Summerell, B.A., Crous, P.W., Coutinho, T.A., Wingfield, B.D. & Wingfield, M.J. 2005: Preliminary studies on *Botryosphaeria* species from southern *Hemisphere Conifers* in Australasia and south Africa. - *Australasian Plant Pathology* 34(2): 213-220.
- Snieskiene, V., Stankeviciene, A., Zeimavicius, K. & Balezentiene, L. 2011: *Aesculus hippocastanum* L. state changes in Lithuania. - *Polish Journal of Environmental Studies* 20(4): 1029-1035.
- Steele, H., Laue, B.E., MacAskill, G.A., Hendry, S.J. & Green, S. 2010: Analysis of the natural infection of European horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) by *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*. - *Plant Pathology* 59: 1005-1013.
- Sternbergs, M. 1984: Spiders. - *Zinātne un Tehnika* 4: 20-22.
- Stewart, V.B. 1916: The leaf blotch disease of horse-chestnut. - *Phytopathology* 6: 5-19.
- Stigter, H., Frankenhuyzen, A. & van Moraal, L. 2000: De paardenkastanjemineermot, *Cameraria ohridella*, een nieuwe bladmineerder voor Nederland (Lepidoptera, Gracillariidae). - *Entomologische Berrichten Amsterdam* 60: 159-164.
- Stoykov, D.Y. & Denchev, C.M. 2008: *Erysiphe elevata* (Erysiphales) in Bulgaria. p. 95-96. - In: C. M. Denchev (Ed.), New records of fungi, fungus-like organisms, and slime moulds from Europe and Asia - *Mycologia Balcanica* 5: 94-95.
- Straw, N.A. & Williams, D.T. 2013: Impact of the leaf miner *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and bleeding canker disease on horse-chestnut: direct effects and interaction. - *Agricultural and Forest Entomology* 15(3): 321-333.
- Svatos, A., Kalinova, B. & Hrdy, I. 2009: *Cameraria ohridella*: 10 years of sex pheromone and kairomone research. - *Journal of Applied Entomology* 133(5): 319-327.
- Svatos, A., Kalinova, B., Hoskovec, M., Kindl, J., Hovorka, O. & Hrdy, I. 1999: Identification of a new Lepidopteran sex pheromone in picogram quantities using an antennal biodetector: (8E,10Z)-Tetradeca-8,10-Dienal from *Cameraria ohridella*. - *Tetrahedron Letters* 40(38): 7011-7014.

- Svensson, I. 2003: Anmärkningsvärda fynd av småfjärilar (Microlepidoptera) i Sverige 2003. - *Entomologisk Tidskrift* 125: 43-53.
- Szaboky, C. 1997: Verbreitung der RoBkastanien - Miniermotte in Ungarn. - *Forstschutz-Aktuell* 21(4).
- Šefrová, H. & Lastůvka, Z. 2001: Dispersal of the horse-chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 in Europe: Its course, ways and causes (Lepidoptera: Gracillariidae). - *Entomologische Zeitschrift* 111(7): 194-197.
- Takacs, A., Kiss, M., Gulyas, A., Tanacs, E. & Kantor, N. 2016: Solar permeability of different tree species in Szeged, Hungary. - *Geographica Pannonica* 20(1): 32-41.
- Thalman, C., Freise, J., Heitland, W. & Bacher, S. 2003: Effects of defoliation by horse chestnut leafminer (*Cameraria ohridella*) on reproduction in *Aesculus hippocastanum*. - *Trees-Structure and Function* 17(5): 383-388.
- Tomov, R. 2007: Pest status of alien leaf-mining moths (Lepidoptera) in Bulgaria. - *Plant Protection* 18(18): 79-81.
- Toth, P. & Lukas, J. 2005: Parasitic Ichneumonoidea on the horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Slovakia. - *Journal of Pest Science* 78(3): 151-154.
- Toth, P., Kohlmajerova, J. & Lukas, J. 2006: First records of some Chalcidoidea species (Hymenoptera) parasiting on horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae), in Slovakia. - *Biologia* 61(5): 495-496.
- Tozlu, E. & Demirci, E. 2010: First report of powdery mildew of *Aesculus hippocastanum* caused by *Erysiphe flexuosa* in Turkey. - *Australasian Plant Disease Notes* 5: 61-62.
- Treigienė, A. 2006: Species of *Phyllosticta* and their teleomorphs from Lithuania. - *Mikology Fitopatology* 40: 426-432.
- Trejtnar, M. & Vančurová, L. 2009: Dobrovolníci Zachraňují Stromy. - <http://www.kauza3.cz/dobre-kauzy/dobrovolnici-zachranuji-stromy.html> - Online:2018-02-03.

- Tröger, E. 1986: Die südliche Eichenschrecke *Meconema meridionale* Costa (Saltatoria: Ensifera: Eiconematidae) erobert die Städte am Oberrhein. - *Entomologische Zeitschrift* 96: 229-232.
- Tryjanowski, P., Panek, M. & Sparks, T. 2006: Phenological response of plants to temperature varies at the same latitude: case study of dog violet and horse chestnut in England and Poland. - *Climate Research* 32(1): 89-93.
- Tsankov, G., Mirchev, P. & Georgiev, G. 2000: Testing of insecticides to control *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic (Lepidoptera: Gracillariidae). - *Nauka Za Gorata* 37: 63-70.
- Tuovinen, T. & Rokx, J.A.H. 1991: Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) on apple trees and in surrounding vegetation in southern Finland. Densities and species composition. - *Experimental & Applied Acarology* 12: 35-46.
- Tuovinen, T. 1994: Influence of surrounding trees and bushes on the phytoseiid mite fauna on apple orchard trees in Finland. - *Agriculture, Ecosystems & Environment* 50: 39-47.
- Vahed, K. 1996: Prolonged copulation in Oak bushcrickets (Tettigoniidae: Meconematinae: *Meconema thalassinum* and *M. meridionale*). - *Journal of Orthoptera Research* 5: 199-204.
- Valade, R., Kenis, M., Hernandez-Lopez, A., Augustin, S., Mari Mena, N., Magnoux, E., Rougerie, R., Lakatos, F., Roques, A. & Lopez-Vaamonde, C. 2009: Mitochondrial and microsatellite DNA markers reveal a Balkan Origin for the highly invasive horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae). - *Molecular Ecology* 18(16): 3458-3470.
- Vegh, I. & Le Berre, A. 1991: Contribution à l'Étude Biologique Du *Guignardia aesculi* (Peck) V.B. Stewart, parasite des Marronniers. - *PHM Review Horticulture* 318: 43-46.
- Větvička, V. 2005: Stromy a keře. - Praha: Aventinum nakladatelství s.r.o..

- Villanueva, R.T. & Harmsen, R. 1998: Studies on the role of the stigmaeid predator *Zetzellia mali* in the acarine system of apple foliage. - *Proceedings of the Entomological Society of Ontario* 129: 149-155.
- Villanueva, R.T. & Harmsen, R. 1996: Ecological interactions of tarsonemid mites in apple orchards: predation of apple rust mite and use of *Phyllonorycter blancardella* mines. - *Proceedings of the Entomological Society of Ontario* 127: 99-106.
- Villanueva, R.T. & Childers, C.C. 2011: Mine-damaged leaves by *Phyllocnistis citrella* Stainton provide refuge for phytoseiids on grapefruit in Florida and Texas. - XIII: Proceedings of the International Congress.
- Vogelweith, F. & Thiery, D. 2017: Cover crop differentially affects arthropods, but not diseases, occurring on grape leaves in vineyards. - *Australian Journal of Grape and Wine Research* 23: 426-431.
- Vogt, J., Gillner, S., Hofmann, M., Tharang, A., Dettmann, S., Gerstenberg, T., Schmidt, C., Gebauer, H., Van de Riet, K., Berger, U. & Roloff, A. 2017: Citree: A database supporting tree selection for urban areas in temperate climate. - *Landscape and Urban Planning* 157: 14-25.
- Volter, L. & Kenis, M. 2006: Parasitoid complex and parasitism rates of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in the Czech Republic, Slovakia and Slovenia. - *European Journal of Entomology* 103: 365-370.
- Walter, D.E. & O'Dowd, D.J. 1992: Leaves with domatia have more mites. - *Ecology* 73(4): 1514-1518.
- Webber, J.F., Parkinson, N.M., Rose, J., Stanford, H., Cook, R.T.A. & Elphinstone, J.G. 2008: Isolation and identification of *Pseudomonas syringae* Pv. *aesculi* causing bleeding canker of horse chestnut in the UK. - *Plant Pathology* 57(2): 368-368.
- Wiech, K., Gorska, A. & Cichon, S. 2001: Obserwacje występowania szrotówka Kasztanowcowiaczka (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic) [Contribution to the knowledge of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae)]. - *Progress Plant Protection* 41(2): 446-449.

- Wilkinson, G. 1981: A history of Britain's trees. - London: Hutchinson.
- Wittenberger, G. 1998: Die Roßkastanien - Miniermotte in Nordböhmen nebst einigen Hinweisen zum Vorkommen in Schlesien. – *Nassauischer Verein für Naturkunde* 98: 75-78.
- Zahradník, J. 1987: Blanokřídlí. - Praha: Svoboda, grafický závod, n.p..
- Zegula, T., Kranz, J., Arnold, C. & Buchheim, A. 2002: Die Rosskastanien - Miniermotte *Cameraria ohridella* (Deschka & Dimic) als potenzielle Nahrungsquelle für heimische Singvögel. - *Charadrius* 38: 232-238.
- Zemek, R., Prenerova, E., Volter, L., Weyda, F. & Skuhrahy, V. 2006: Perspectives for the biological control of *Cameraria ohridella*. - *Agricultural and Applied Biological Sciences* 72(3): 521-526.
- Zimmermannová, K. & Janitor, A. 2000: Podjel fytopatogénnych húb pri usychaní a odumieraní listov pagaštana konského (*Aesculus hippocastanum* L.). - XV. Českej a Slovenskej Konferencie o Ochrane Rastlín.
- Zimmermannová, K. 2001: Houbové ochorenie listov pagaštana konského (*Aesculus hippocastanum* L.) a jeho výskyt na Slovensku. - *Folia Oecologica* 28: 153-165.
- Zimmermannová-Pastircáková, K. & Pastircak, M. 2002: *Erysiphe flexuosa* - a new species of powdery mildew for Slovakia. - *Biologia* 57(4): 437-440.
- Zimmermannová-Pastircáková, K., Adamská, I., Blaszkowski, J., Bolay, A. & Braun, U. 2002: Epidemic spread of *Erysiphe flexuosa* (north american powdery mildew of horse-chestnut) in Europe. - *Schlechtendalia* 8: 39-45.

8. SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

8.1. Seznam tabulek

Tabulka 1: Soupis druhů a hybridů čeledi <i>Aesculus</i>	- 10 -
Tabulka 2: Základní charakteristické znaky jírovce (<i>A. hippocastanum</i>)	- 11 -
Tabulka 3: Rozšíření <i>Guignardia aesculi</i> v Evropě.	- 17 -
Tabulka 4: Rozšíření <i>Guignardia aesculi</i> v Severní Americe.....	- 18 -
Tabulka 5: Rozšíření <i>Guignardia aesculi</i> v Asii.	- 18 -
Tabulka 6: Hostitelské stromy v Severní Americe, Evropě a Asii.	- 18 -
Tabulka 7: Výskyt <i>Mycosphaerella aesculi</i> v Severní Americe.	- 21 -
Tabulka 8: Výskyt <i>Mycosphaerella aesculi</i> v Evropě.....	- 21 -
Tabulka 9: Šíření <i>Erysiphe flexuosa</i> v Evropě.	- 23 -
Tabulka 10: Hostitelské stromy <i>E. flexuosa</i> v Severní Americe a Evropě.....	- 23 -
Tabulka 11: Šíření <i>Pseudomonas syringae</i> ve střední a západní Evropě.	- 25 -
Tabulka 12: Šíření klíněnky jírovcové Evropou.	- 31 -
Tabulka 13: Tvar a velikost miny na listech jírovce maďalu a velikost jednotlivých instarů klíněnky jírovcové v minách.	- 33 -
Tabulka 14: Distribuce parazitoidů čeledi Eulophidae v Evropě.....	- 39 -
Tabulka 15: Soupis méně početných čeledí parazitoidů klíněnky v Evropě	- 40 -
Tabulka 16: Hostitelské stromy dravých roztočů obývajících jírovec maďal	- 45 -
Tabulka 17: Soupis popsaných druhů pavouků na jírovci maďalu	- 48 -

8.2. Seznam obrázků

Obrázek 1: Poškození listové plochy jírovce maďalu A) houbovou chorobou <i>Guignardia aesculi</i> a B) klíněnkou jírovcovou (<i>Cameraria ohridella</i>).....	- 17 -
Obrázek 2: Typická poranění kmenu, větví a listů jírovce maďalu houbovou chorobou <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>aesculi</i>	- 26 -
Obrázek 3: Šíření klíněnky jírovcové Evropou	- 31 -
Obrázek 4: Otevřené miny klíněnky jírovcové a) sýkorkami a b): kobyolkou	- 43 -

9. SEZNAM VLASTNÍCH PUBLIKOVANÝCH PRACÍ

Publikace v časopisech s impakt faktorem:

Kopačka, M., Stathakis, T.I., Broufas, G., Papadoulis, G.T. & Zemek, R. 2018: Diversity and abundance of Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) on horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in an urban environment: a comparison between Greece and the Czech Republic. - *Acarologia*, in press, (IF2016 = 0.667)

Kopačka, M. & Zemek, R. 2017: Spatial variability in the level of infestation of the leaves of horse chestnut by the horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and in the number of adult moths and parasitoids emerging from leaf litter in an urban environment. - *European Journal of Entomology* 114: 42-52. DOI: 10.14411/eje.2017.007 (IF2016 = 1.167)

Recenzované sborníky a sborníky abstraktů z mezinárodních konferencí:

Zemek, R., **Kopačka, M.** & Šimáčková, K. 2016: Evaluation of *Isaria fumosorosea* efficacy for the control of spider mites. IOBC-WPRS Bulletin. - Proceedings of the Fifth Working Group Meeting, Castello de la Plana (Spain), September 7-10 (2015), 93-97p. ISBN 978-92-9067-304-0 120.

Kopačka, M. & Zemek, R. 2016: A two-year study of the distribution of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in České Budějovice, Czech Republic. - 5th International Conference for Young Researchers, Kraków, April 16-17, 97p.

Kopačka, M. & Zemek, R. 2016: Competing for space: A case study of horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*) and leaf blotch disease (*Guignardia aesculi*). - International Congress of Entomology, Orlando (USA), September, 25-30p. DOI: 10.1603/ICE.2016.117390.

Kopačka, M., Zemek, R., Stathakis, T.I., Broufas, G. & Papadoulis, G.T. 2016: Diversity and abundance of Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) on horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in Greece and the Czech Republic. - 8th Symposium of the European Association of Acarologists, Valencia, July 11-15, 84p.

Kopačka, M. & Zemek, R. 2012: The effect of microclimatic conditions on *Guignardia aesculi* infecting horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) trees. - Dendrological Days in Mlýňany Arboretum SAS 2012, Vieska nad Žitavou (Mlýňany Arboretum), September 18-19, 44-50p.

Kopačka, M. & Zemek, R. 2012: The effect of microclimatic conditions on *Guignardia aesculi* infecting horse chestnut trees. - Dendrological Days in Mlýňany Arboretum SAS, Vieska nad Žitavou (Mlýňany Arboretum), September 18-19, 53p. ISBN 978-80-971113-0-4.

Ostatní publikace:

Kopačka, M., Zemek, R. & Kopačka, D. 2011: Vhodná údržba městských parků přispívá k regulaci klíněnky jírovcové. - *Zahradnictví* 10: 53-54.

10. PŘÍLOHY

Příloha I: Spatial variability in the level of infestation of the leaves of horse chestnut by the horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and in the number of adult moths and parasitoids emerging from leaf litter in an urban environment

Citace:

Kopačka, M. & Zemek, R. 2017. Spatial variability in the level of infestation of the leaves of horse chestnut by the horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and in the number of adult moths and parasitoids emerging from leaf litter in an urban environment. *European Journal of Entomology* 114: 42-52, DOI: 10.14411/eje.2017.007.



Spatial variability in the level of infestation of the leaves of horse chestnut by the horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and in the number of adult moths and parasitoids emerging from leaf litter in an urban environment

MICHAL KOPAČKA^{1,2} and ROSTISLAV ZEMEK²

¹ University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Agriculture, Studentská 13, České Budějovice, Czech Republic; e-mail: michalkopacka@seznam.cz

² Biology Centre CAS, Institute of Entomology, Branišovská 31, České Budějovice, Czech Republic; e-mail: rosta@entu.cas.cz

Key words. Lepidoptera, Gracillariidae, *Aesculus hippocastanum*, leaf damage, population density, pest focus, parasitoids

Abstract. The horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lepidoptera: Gracillariidae) was first recorded in Europe near lake Ohrid in the former Yugoslav Republic of Macedonia in 1985 since when it has spread throughout the whole of Europe. The reasons for its spread are well documented. The aim of this study was to assess the population density of the first generation of *C. ohridella* at eight sites in the urban area of České Budějovice, Czech Republic in two consecutive years. The density was estimated visually in terms of the damage done to horse chestnut leaves by *C. ohridella* larvae at each site during the vegetative season. The results revealed high variability in the mean percentage of the leaf area damaged ranging from 1.43% to 31.00% and from 0.26% to 23.40% in 2012 and 2013, respectively. The effect of site, year and interaction between these two factors were statistically highly significant. Spatial analysis revealed no autocorrelation in damage among sites indicating that the distribution of *C. ohridella* is random and not affected by the level of infestation at neighbouring sites. In autumn, samples of leaves were collected and the mortality of diapausing pupae of *C. ohridella* determined. It ranged from 12.50% to 25.82% and from 10.31% to 22.35% in 2012 and 2013, respectively. There was no significant effect of site and year and their interaction on pupal mortality. The leaf samples were then weighed and put into photo-electors, which were placed outdoors. Numbers of adults of *C. ohridella* and hymenopteran parasitoids that emerged in spring were recorded daily. There were statistically significant associations of the total number of adults that emerged from samples in spring with both site and year as well as their interaction. The number of moths that emerged was positively correlated with the damage done by the first generation of *C. ohridella* the previous year. Similarly, the total number of parasitoids that emerged was correlated with the number of moths that emerged. The implications of these findings for the optimization of *C. ohridella* control are discussed.

INTRODUCTION

The horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lepidoptera: Gracillariidae), was recorded at Lake Ohrid in the former Yugoslav Republic of Macedonia in 1985 for the first time but it is unknown whether it is the place from which this species subsequently spread (Deschka & Dimic, 1986; Grabenweger & Grill, 2000; Valade et al., 2009) through Austria and then throughout Europe and Asia Minor (Puchberger, 1995; Guichard & Augustin, 2002; Kindl et al., 2002; Cebeci & Acer, 2007). It arrived in the Czech Republic in 1993 (Liška, 1997).

Main host plant of *C. ohridella* is the horse chestnut tree, *Aesculus hippocastanum* L., and occasionally sycamore, *Acer pseudoplatanus* L., mostly when growing in the immediate vicinity of infested horse chestnut trees. However, larval mortality during the first two instars is more than 70% on *A. pseudoplatanus*. *Cameraria ohridella* lays its

eggs on leaves of many other species of trees, e.g. *Aesculus x carnea* Hayne, *Acer platanoides* L. and *Fraxinus excelsior* L. Leaves of these species, however, contain saponins, which prevent *C. ohridella* from completing its development (Ferracini et al., 2010; Péré et al., 2010). As well as the horse chestnut leaf miner its parasitoids also overwinter in fallen leaves (Samek, 2003). In spring, the adult females of the leaf miner emerge from overwintered pupae and lay 32–82 eggs (Girardoz et al., 2007b) in the upper epidermis of the leaves of horse chestnut trees. Horse chestnut leaf miner is a multivoltine species, which usually has three overlapping generations in the middle of Europe (Skuhřavý, 1999; Santi et al., 2000). The number of eggs is independent of generation (Girardoz et al., 2007b). Some of the pupae in each generation enter diapause. The proportion entering diapause increases with increase in the damage to the leaves of horse chestnut (Samek, 2003).

Příloha II: Seasonal dynamics and the interaction between the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* and the horse chestnut leaf blotch, *Guignardia aesculi*

Citace:

Kopačka M., Zemek R. 2018: Seasonal dynamics and the interaction between the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* and the horse chestnut leaf blotch, *Guignardia aesculi*. Manuscript to be submitted for publication.

1 **Seasonal dynamics and the interaction between the horse chestnut**
2 **leafminer, *Cameraria ohridella* and the horse chestnut leaf blotch,**
3 ***Guignardia aesculi***

4

5 Michal Kopačka^{1,2}, Rostislav Zemek¹

6

7 ¹ Biology Centre CAS, Institute of Entomology, Branišovská 31, České Budějovice,
8 Czech Republic

9

10 ² University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Agriculture,
11 Studentská 13, České Budějovice, Czech Republic

12

13 **Abstract**

14 The horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), is
15 an invasive pest of *Aesculus hippocastanum* which has spread through Europe since
16 1985. The horse chestnut leaf blotch, *Guignardia aesculi* (Botryosphaerales:
17 Botryosphaeriaceae) is a fungal disease which also seriously damage horse chestnut
18 trees in Europe, mainly where high leaf wetness and poor air circulation in dense
19 crowns regularly occur. The interaction between the pest and the fungus has not been
20 sufficiently described yet. Therefore, the aim of the present study was to assess horse
21 chestnut leaf damage inflicted by both *C. ohridella* and *G. aesculi* during vegetative
22 season and estimate their interaction. The survey was conducted in the town of České
23 Budějovice in the Czech Republic (48° 59' N, 14° 29' E). The total size of the survey
24 area was 858 hectares which was divided into 8 sites and the damage to leaf area was
25 measured five times from May to September 2013. The results revealed significant
26 effect of sampling site and period of sampling on damage caused by both *C.*
27 *ohridella* and *G. aesculi*. The overall damage to leaves exceeded 50% in no-raking
28 sites in August and was accompanied by a partial premature defoliation. Correlation
29 analysis showed that infestation by *C. ohridella* had a positive effect on *G. aesculi*

30 damage. The damaged assessment and the relationship between *G. aesculi* and *C.*
31 *ohridella* are discussed.

32

33 **Key words:**

34 *Aesculus hippocastanum*, fungal disease, insect pest, competition, urban environment

35

36 **Introduction**

37 The horse chestnut leaf blotch, *Guignardia aesculi* (Peck) Stewart
38 (Botryosphaeriales: Botryosphaeriaceae) is a fungal disease which is widely spread
39 on three continents: North America, Asia and Europe. *G. aesculi* spread in Europe
40 and the Czech Republic probably in 50's of 20th century (Pastiráková et al. 2009,
41 Ianovici et al. 2012). The fungus is in asexual stage during vegetation season, like a
42 parasite of assimilation area of horse chestnut tree while it overwinters in sexual stage
43 on fallen leaves, like saprophyt (Zimmermannová & Janitor 2000, Zimmermannová
44 2001). *G. aesculi* infects many species of genera *Aesculus* (Bissett & Darbyshire
45 1984, Chen et al. 2007, Pastiráková et al. 2009). The horse chestnut tree, *Aesculus*
46 *hippocastanum* L. (Sapindales: Sapindaceae) planted as an ornamental tree in Europe
47 since 17th century is now the most abundant species of *Aesculus* in all big cities in the
48 Czech Republic (Kopačka 2011, Kopačka & Zemek 2012). The first stadium of *G.*
49 *aesculi* infection is water-soaked irregular areas on the epidermis layer. This
50 symptom can be observed in Central Europe already at the beginning of April, and
51 then it spreads rapidly (Pastirčáková 2004). The damaged horse chestnut leaf area by
52 *G. aesculi* during vegetation season is obvious (Zimmermannová 2001, Pastiráková
53 et al. 2009). The higher air humidity has a positive effect on leaf damage caused by
54 *G. aesculi* (Kopačka & Zemek 2012).

55

56 Horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lepidoptera:
57 Gracillariidae), was described for the first time in 1985 near Ohrid lake which was
58 extended between Macedonia and Albania (Deschka & Dimic' 1986). *C. ohridella*
59 was spread in all countries of Europe during less than three decades. In the Czech
60 Republic it was recorded in 1993. After 2004, horse chestnut leaf miner has spread in

Příloha III: Variability in *Aesculus hippocastanum* leaf damage caused by the fungal pathogen *Guignardia aesculi*: The effect of tree proximity to urban water bodies

Citace:

Kopačka M., Boháč, J. & Zemek R. 2018. Variability in *Aesculus hippocastanum* leaf damage caused by the fungal pathogen *Guignardia aesculi*: The effect of tree proximity to urban water bodies. In review.

1 **Variability in *Aesculus hippocastanum* leaf damage caused by the**
2 **fungal pathogen *Guignardia aesculi*: The effect of tree proximity to**
3 **urban water bodies**

4

5 Michal KOPAČKA^{3,4}, Jaroslav BOHÁČ⁴, Rostislav ZEMEK^{1,2,3*}

6

7 ¹Arthropod Ecology and Biological Control Research Group, Ton Duc Thang
8 University, Ho Chi Minh City, Vietnam

9

10 ²Faculty of Applied Sciences, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City,
11 Vietnam

12

13 ³Institute of Entomology, Biology Centre CAS, Ceske Budejovice, Czech Republic

14

15 ⁴University of South Bohemia, Faculty of Agriculture, Studentská 13, 370 05 České
16 Budějovice, Czech Republic, e-mails: michalkopacka@seznam.cz,
17 jardaboh@seznam.cz

18

19 *Corresponding author, Phone No: +420 387775227, Fax No: +420 385310354, E-
20 mail Address: rostislav.zemek@tdt.edu.vn

21

22 **Abstract**

23

24 Horse chestnut, *Aesculus hippocastanum*, is an important ornamental tree species
25 planted in many European countries. Its ornamental function as well as the vigor of
26 trees are negatively affected by horse chestnut leaf blotch, *Guignardia aesculi*, a
27 serious fungal disease that reduces the assimilation area and causes the early drop of
28 infected leaves. The aim of the present study was to analyze the temporal changes
29 and spatial distribution patterns of this pathogen within the urban landscape and test
30 the hypothesis that water bodies in the vicinity of horse chestnut trees have an effect
31 on the percentage of leaf area destroyed by the fungus. The study was conducted in
32 České Budějovice, Czech Republic, over four consecutive years (2010-2013). The
33 leaf damage inflicted by *G. aesculi* to horse chestnut trees was visually estimated at
34 the beginning of July each year. The obtained results showed that although
35 symptoms of fungus infestation were observed at all study sites, the mean percentage
36 of leaf area damaged varied significantly among sites, ranging from 0.90% to 6.57%.
37 Significant differences were also observed among years. The results further revealed
38 that the closer to a water body a horse chestnut tree was located, the greater the
39 damage inflicted by fungus. Based on these findings, we can recommend the
40 consideration of local climatic conditions when planning sites for the planting of new
41 *A. hippocastanum* trees in the urban environment. Sites in close proximity to water
42 bodies should be avoided, as higher levels of air humidity stimulate the growth of
43 *G. aesculi*.

44

45

46 **Key words:** horse chestnut leaf blotch; diseases; microclimatic conditions; humidity,
47 spatial distribution

48

49

50

Příloha IV: The effect of microclimatic conditions on *Guignardia aesculi* infecting horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) trees.

Citace:

Kopačka, M. & Zemek, R. 2012: The effect of microclimatic conditions on *Guignardia aesculi* infecting horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) trees. - Dendrological Days in Mlýňany Arboretum SAS 2012, Vieska nad Žitavou (Mlýňany Arboretum), September 18-19, 44-50p.

THE EFFECT OF MICROCLIMATIC CONDITIONS ON *GUIGNARDIA AESCULI* INFECTING HORSE CHESTNUT (*AESCULUS HIPPOCASTANUM*) TREES

Kopačka, Michal¹ – Zemek, Rostislav²

¹University of South Bohemia, České Budějovice, mail: michalkopacka@seznam.cz

²Biology Centre of Academy of Sciences of the Czech Republic, České Budějovice, mail: rosta@entu.cas.cz

KOPAČKA, M. – ZEMEK, R., 2012: The effect of microclimatic conditions on *Guignardia aesculi* infecting horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) trees. In Proceedings of Papers: International scientific conference "Dendrological Days in Mlýňany Arboretum SAS 2012", 18-19 September 2012. Vieska nad Žitavou: Mlýňany Arboretum SAS. p. 44-50. ISBN 978-80-971113-1-1

Abstract

Aesculus hippocastanum trees in middle Europe are attacked by the horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella*, and fungal disease *Guignardia aesculi* every year. The fungus can cause even death of infected trees. The aim of our work was to verify the hypotheses that water bodies in vicinity of horse chestnut trees have an effect on leaf damage inflicted by *G. aesculi*. The study was carried out in city České Budějovice, the Czech Republic, in June 2011. Three composed leaves were collected from each sample tree and the proportion of leaf area damaged by the fungus was estimated. In addition, the distance to water stream (i.e. source of humidity) was measured. The results revealed that in average 7.19% of the leaf area was damaged by *G. aesculi* ranging from 0 to 25%. The proportion of damaged leaf area negatively correlated with distance to water stream. Based on the results we can recommend to consider local climatic conditions when new *A. hippocastanum* trees are planted. From *G. aesculi* control point of view it appears that it is better to avoid high humidity sites. Additional measurements are, however, needed to verify this conclusion before it is adopted in public open space management.

Key words: *Aesculus hippocastanum*, *Guignardia aesculi*, diseases, horse chestnut, damage, control

Introduction

Trees of horse chestnut, *Aesculus hippocastanum*, are threaten by unamiable abiotic and biotic conditions throughout whole year, which also correlates with worsening state of environment.

The weakening of natural functions of horse chestnuts in Europe during vegetation period is caused by specific diseases and pests. The horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* belongs to the most significant pests of *A. hippocastanum*. The most important disease is a fungus *Guignardia aesculi*, which damages leaves and bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*, which depresses natural defensiveness of a tree.

The horse chestnut leafminer is a pest of unknown origin, which was first described in 1985 at lake Ohrid in Macedonia (VALADE et al., 2009). During almost 20 years it spread throughout whole Europe and even today causes significant health problems on horse chestnut trees. Natural enemies are not able to control it sufficiently. In the Czech Republic, Slovak Republic and Slovenia there are in total 12 species of hymenopteran parasitoids (VOLTERRA and KENIS, 2006). Parasitoids hatch several days sooner than horse chestnut leafminer *C. ohridella* and they don't have notable influence on parasitization of the first generation of

Příloha V: Diversity and abundance of Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) on horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in an urban environment: a comparison between Greece and the Czech Republic

Citace:

Kopačka, M., Stathakis, T.I., Broufas, G., Papadoulis, G.T. & Zemek R. 2018: Diversity and abundance of Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) on horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in an urban environment: a comparison between Greece and the Czech Republic. *Acarologia*, In press.

1 **Diversity and abundance of Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) on**
2 **horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in an urban**
3 **environment: a comparison between Greece and the Czech Republic**

4

5 Michal Kopačka¹, Theodoros I. Stathakis², Georgios Broufas³, Georgios Th.
6 Papadoulis², Rostislav Zemek^{4,5*,6}

7

8 ¹ University of South Bohemia, Faculty of Agriculture, Studentská 13, 37005 České
9 Budějovice, Czech Republic; michalkopacka@seznam.cz

10

11 ² Agricultural University of Athens, Laboratory of Agricultural Zoology and
12 Entomology, Iera Odos 75, 118 55 Athens, Greece; teodore_@otenet.gr,
13 gpapadoulis@aua.gr

14

15 ³ Democritus University of Thrace, Department of Agricultural Development,
16 Pantazidou 193, 68 200 Orestiada, Greece; geobroufas@gmail.com

17

18 ⁴ Arthropod Ecology and Biological Control Research Group, Ton Duc Thang
19 University, Ho Chi Minh City, Vietnam

20

21 ⁵ Faculty of Applied Sciences, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City,
22 Vietnam; rostislav.zemek@tdt.edu.vn

23

24 ⁶ Biology Centre of the Czech Academy of Sciences, Institute of Entomology,
25 Branišovská 31, 37005 České Budějovice, Czech Republic

26 *corresponding author

27

28 **Abstract**

29 Horse chestnut, *Aesculus hippocastanum* L. (Sapindaceae), is a large deciduous tree
30 native to a small area in the Pindus Mountain mixed forests and the Balkan mixed
31 forests of Southeast Europe. It was introduced to most countries in Europe mainly for
32 ornamental purposes. The aim of the present study was to assess the occurrence,
33 species composition and population densities of phytoseiid mites on
34 *A. hippocastanum* in countries where this tree species is autochthonous and to
35 compare them with Central Europe. In addition, we tested whether the horse chestnut
36 leaf miner, *Cameraria ohridella* or the horse chestnut leaf blotch, *Guignardia aesculi*
37 has any effect on Phytoseiidae population density. Leaf samples were collected in the
38 cities of České Budějovice, Czech Republic and Orestiada, Greece in September
39 2013 and 2015, respectively. Thirty compound leaves were randomly taken from tree
40 branches up to 2.5 m above ground in both localities. Mites were collected by
41 washing the leaves in ethanol and were then mounted in lactic acid and identified. A
42 total of 441 specimens of phytoseiid mites belonging to six species (*Euseius*
43 *finlandicus*, *Neoseiulella tiliarum*, *Kampimodromus aberrans*, *Paraseiulus talbii*,
44 *Phytoseius macropilis* and *Typhlodromus (Typhlodromus) pyri*) were collected.
45 A significantly higher population density of Phytoseiidae was found in České
46 Budějovice. The density was not affected by the horse chestnut leaf miner,
47 *Cameraria ohridella* or the horse chestnut leaf blotch, *Guignardia aesculi*. *Euseius*
48 *finlandicus* was the predominant species in both České Budějovice (96.8%) and
49 Orestiada (48.4%) where, however, it competed with *K. aberrans* (42.9%).

50

51 **Key words:** *Aesculus hippocastanum*; predatory mites; *Cameraria ohridella*;
52 *Guignardia aesculi*; community; city parks

53

54

Příloha VI.: Occurrence and population dynamics of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on horse chestnut tree, *Aesculus hippocastanum* and its interaction with *Cameraria ohridella* and *Guignardia aesculi*

Citace:

Kopačka M., Zemek R. 2018. Occurrence and population dynamics of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on horse chestnut tree, *Aesculus hippocastanum* and its interaction with *Cameraria ohridella* and *Guignardia aesculi*. Manuscript to be submitted for publication.

1 **Occurrence and population dynamics of predatory mites (Acari:**
2 **Phytoseiidae) on horse chestnut tree, *Aesculus hippocastanum* and its**
3 **interaction with *Cameraria ohridella* and *Guignardia aesculi***

4

5 Michal Kopačka^{1,2}, Rostislav Zemek¹

6

7 ¹ Biology Centre CAS, Institute of Entomology, Branišovská 31, České Budějovice,
8 Czech Republic

9

10 ² The University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Agriculture,
11 Studentská 13, České Budějovice, Czech Republic

12

13 **Abstract**

14 The mites of family Phytoseiidae inhabit a wide range of trees and shrubs and are
15 very important natural enemies of phytophagous pests. Horse chestnut trees are
16 attacked by leaf mining moth, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lepidoptera:
17 Gracillariidae) and fungal disease *Guignardia aesculi* (Peck) V.B. Stewart
18 (Botryosphaerales: Botryosphaeriaceae) in Europe every year. The effect of damage
19 inflicted to horse chestnut leaves by these two organisms on phytoseiid mites during
20 vegetation season has not been documented yet. We therefore assessed species
21 composition and seasonal changes of Phytoseiidae abundance and analysed its
22 relationship to the leaf area damaged by *C. ohridella* and *G. aesculi*. Samples of
23 thirty compound leaves at each of eight sampling sites in urban environment (České
24 Budějovice, Czech Republic) were collected randomly from horse chestnut tree
25 branches up to 2.5 m five times during vegetation season in 2013. The total size of
26 assimilation leaf area and its damage by *C. ohridella* and *G. aesculi* were measured
27 using digital method. All mites of family phytoseiidae were collected by washing
28 technique in ethanol and subsequently, they were determined. A total of 13,903
29 specimens of phytoseiid mites were collected with eight species found: *Euseius*
30 *finlandicus*, *Typhlodromus pyri*, *Amblyseius andersoni*, *Kampimodromus aberrans*,
31 *Phytoseilus macropilis*, *Neoseiulella tiliarum*, *Paraseiulus triporus* and *Paraseiulus*

32 *talbii*. *Paraseiulus talbii* and *P. macropilis* were recorded on leaf of horse chestnut
33 for the first time in the Czech Republic. The predominant species was *E. finlandicus*
34 which represented 96.25% of phytoseiid mites. The density of mites per one
35 compound leaf was in average 2.53, 10.40, 23.54, 11.59 and 9.27 on sampling dates
36 between May and September, respectively. The density of mites was significantly
37 affected by both *C. ohridella* and *G. aesculi*. The possible interactions between leaf
38 miner or fungal disease and abundance of phytoseiid mite is discussed.

39

40 **Key words:** Abundance, community, horse chestnut leafminer, leaf blotch, damage

41

42 **Introduction**

43 The horse chestnut tree, *Aesculus hippocastanum* L., (Sapindales: Sapindaceae) is a
44 widespread tree in European countries. The place of origin is on the territory of
45 Epirus and the foothills of the Pindus in the northwest of Greece. Horse chestnut
46 trees have been planted in Europe since the seventeenth century primarily as an
47 ornamental tree. At the present time, the assimilation leaf area of its compound
48 leaves is destroyed by the horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* Deschka &
49 Dimic (Lepidoptera: Gracillariidae) and the horse chestnut leaf blotch, *Guignardia*
50 *aesculi* (Peck) V.B. Stewart. *C. ohridella* was first described in 1985 in Macedonia
51 near Lake Ohrid (Deschka and Dimic' 1986) and later has spread throughout the
52 territory of Europe and then to Asia mirror (Prins and Puplesiene 2000; Cebeci and
53 Acer 2007). In 1993, *C. ohridella* was observed for the first time in the Czech
54 Republic (Liška 1997). Horse chestnut leaf miner has up to three generation in
55 central Europe during vegetation season. The last generation overwinters like
56 diapausing pupae in fallen leaves of horse chestnut (Pschorn-Walcher 1994).
57 *Guignardia aesculi* is fungal disease occurred in three continents: Europe, Asia, and
58 North America. It attacks a wide range of species trees of family *Aesculus* (Bissett
59 and Darbyshire 1984; Chen et al. 2007; Pastiráková et al. 2009). During vegetation
60 period the fungus is in the asexual stage, like a parasite of leaf assimilation area. In
61 winter is in a sexual stage like saprophyt on fallen leaves. Although the necrosis
62 impairs the aesthetic function of trees, it does not affect the vitality of horse chestnut

Příloha VII: Vhodná údržba městských parků přispívá k regulaci klíněnký jírovcové

Citace:

Kopačka, M., Zemek, R. & Kopačka, D. 2011: Vhodná údržba městských parků přispívá k regulaci klíněnký jírovcové. - *Zahradnictví* 10: 53-54.

dání zeleně, ale i při plánování pěstebních zásahů.

Základní kostru zeleně je možné definovat jako soustavu ploch, linií a bodů. Plochy v tomto smyslu pojetí reprezentují parky, historické zahrady, arboreta apod., linie uliční stromořadí, zeleň podél komunikací a body představují především soliterně rostoucí stromy a keře.

Jiným kritériem pro rozdělení zeleně může být její funkční typ. V případech, kdy zeleň plní hlavní funkci, rozlišujeme např. parky, ochrannou zeleň, uliční stromořadí, zeleň na hřbitovech a další. Pokud zeleň plní doprovodnou nebo doplňkovou funkci, mluvíme o zeleni sportovních areálů, školních a kulturních zařízení,

dopravních staveb a železničních tratí apod.

Dalšími kritérii rozdělení zeleně mohou být také přístupnost pro veřejnost, ochranný režim z pohledu památkové péče, intenzitní třída údržby apod.

Všechny tyto parametry slouží k tomu, aby bylo v rámci územně plánovací dokumentace možné postihnout zá-

sadní kvalitativní kritéria řešeného území a aby bylo možné na základě získaných informací sestavit optimální režim údržby, péče, obnovy a rozvoje spravovaných ploch.

Text a foto

Ing. Jaroslav Kolařík, Ph.D.,
Ing. Andrea Szórádová, Rosice

Vhodná údržba městských parků přispívá k regulaci klíněnky jírovcové

Good maintenance of city parks contributes to the control of horse chestnut leaf-miner

Souhrn

Klíněnka jírovcová každoročně poškozují listovou plochu jírovců, omezuje tak základní funkce listů, a tím stromy oslabuje. Tato práce se zabývá monitorováním stupně poškození jírovců larvami klíněnky na katastrálním území České Budějovice. Výsledky dokumentují, že jedním z hlavních předpokladů úspěšné regulace škůdce je plošná a důkladně provedená likvidace listů jírovců s přezimujícími kuklami klíněnky jírovcové.

Summary

The horse chestnut leaf-miner, *Cameraria ohridella*, causes serious damage to leaf surface of horse chestnuts, thus limiting main functions of leaves and weakens the trees. The present paper deals with monitoring of damage level caused by larvae of this pest. The results demonstrate that one of the main pre-requisites for successful control of this pest is areal and thoroughly made removal of leaves with overwintering pupae of the leaf-miner.

Naše oblíbené stromy – jírovice – lidově nazývané kaštiny, byly vysazovány v posledních desetiletích převážně do center měst a příměstských parků jako okrasné dřeviny pro svoji krásnou, bohatě rozvětvenou korunu a nápadná květenství. Stromy jírovců, zejména druhu *Aesculus hippocastanum*, se postupně staly neodmyslitelnou dominantou mnoha míst nejen České republiky, ale i dalších států Evropy.

Častý cíl napadení

Jírovice jsou každodenně vystavovány nepříznivým vlivům prostředí, jako je například prach a nejrůznější chemické látky spojené s místem stanoviště. Dalším stresovým faktorem v případě jírovice maďalu je intenzivní poškozo-

vání jejich listové plochy klíněnkou jírovcovou, *Cameraria ohridella* a houbovou chorobou *Guignardia aesculi*. Listy pak nemohou plnit své základní funkce, jako je například fotosyntéza a transpirace, ale také ztrácejí schopnost regulovat podmínky v koruně stromu, jako je světlo, vítr, vlhkost ovzduší a teplotní gradienty.

Klíněnka jírovcová je osmimilimetrový motýlek s prostým životním cyklem. Samička klíněnky naklade vajíčka na vnější stranu listu, z nich se vylíhne housenka, která v něm vyžírá rozsáhlé dutiny (miny). Po několika týdnech se tato housenka zakuklí. Z kukel vylétnou imaga klíněnky, ty se páří, kladou vajíčka a životní cyklus se může opakovat až třikrát za rok. Mezi přirozené

nepřítele klíněnky patří v České republice 12 druhů parazitoidů z řádu Hymenoptera. Tito ji však nestačí dostatečně regulovat.

Chemicky lze škůdce regulovat ošetřováním jírovců insekticidem na bázi diflubenzuronu (Dimilin 48 SC), který se aplikuje na jaře od začátku kladení vajíček do začátku líhnutí larev, a to při teplotách nad 15 °C. Lze také využít lapáky, ve kterých se používá jako atraktant samičí feromon (8E, 10Z)-tetradeca-8,10-dienal. Dalším důležitým obdobím regulování klíněnky jírovcové je podzim. Kukly klíněnky jírovcové přezimují ve spadáných listech a můžeme je shrabat a dále spalovat při vysokých teplotách ve spalovnách komunálního odpadu nebo

kompostovat. Všechny metody regulace klíněnky jsou velmi nákladné, ale jejich kombinací a při důkladném a plošném provedení lze dosáhnout úspěchu.

Mapování v Českých Budějovicích

Cílem této práce bylo zmapovat napadení jírovců klíněnkou na modelovém území katastru České Budějovice a na základě těchto výsledků stanovit kritická místa, kterým je pro zabránění šíření škůdce nutné věnovat větší pozornost. Katastrální území Českých Budějovic bylo rozděleno na menší lokality (obr. 1). Začátkem června 2010, v době vylétnutí první generace klíněnky jírovcové, byl proveden odběr 30 vzorků listů

Rádková inzerce

Nabídka

Mladé rostliny *Asparagus spr.* 2,50 – 6 Kč, dvouletý 10 – 25 Kč, *Delosperma* – oheň Granady, 'Vitod' 15 Kč, *Solanum jasminum* 5 a 10 Kč, *Clematis* – žlutý 'Tängutica', dvouletý 15 Kč, bílý, červený, modrý, fialový, růžový – 35 Kč, Trubač 20 Kč, *Buxus* od 15 Kč, Lipka pokojová, roční 25 – 50 Kč, dvouletá od 60 Kč.

Vše posíláme na dobírku, minimální odběr 200 Kč

Kontakt

Jan Hofman,
Horní Leska 3a, 669 02 Znojmo
Mobil: 606 191 149, Tel.: 515 222 963 po 20 hod.
Web: <http://hofman.euweb.cz>

Příloha VIII: Evaluation of *Isaria fumosorosea* efficacy for the control of spider mites

Citace:

Zemek, R., **Kopačka, M.** & Šimáčková, K. 2016: Evaluation of *Isaria fumosorosea* efficacy for the control of spider mites. IOBC-WPRS Bulletin. - Proceedings of the Fifth Working Group Meeting, Castello de la Plana (Spain), September 7-10 (2015), 93-97p. ISBN 978-92-9067-304-0 120.

Evaluation of *Isaria fumosorosea* efficacy for the control of spider mites

Rostislav Zemek¹, Michal Kopačka^{1,2}, Kateřina Šimáčková¹

¹Biology Centre CAS, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice, Czech Republic; ²University of South Bohemia, Faculty of Agriculture, Studentská 13, 37005 České Budějovice, Czech Republic
E-mail: rosta@entu.cas.cz

Abstract: Microbial biopesticides targeting the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, might become an alternative to broad-spectrum chemicals and thus contribute to sustainable crop production. The aim of this paper was to assess the efficacy of entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* (syn. *Paecilomyces fumosoroseus*) spray applications against *T. urticae* under both laboratory and greenhouse conditions. Blastospores were obtained by submerged cultivation in growth media using an orbital shaker. In the laboratory experiment, blastospores were applied at concentration 4×10^7 mL⁻¹ using Potter spray tower to leaf discs with spider mite eggs or adult females. In the small scale greenhouse trial the fungus suspension was applied twice to bean plants infested with spider mites using a hand sprayer. The results revealed that under laboratory conditions *T. urticae* females showed higher susceptibility to the pathogen (92.1% mortality) compared to eggs (53.5% mortality). Symptoms of mycosis were observed on most of cadavers. Greenhouse experiment failed to confirm these results and no effect on spider mite density was found compared to control. The likely reason was extremely high temperature during summer period when the experiment was carried out.

Key words: *Tetranychus urticae*, entomopathogenic fungi, biological control, mycoinsecticide

Introduction

Spider mites (Acari: Tetranychidae) are significant herbivorous pests of many crops among which economically most important is the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. This pest is able to feed on more than 1,000 different host plant species (Chant, 1985; Bolland *et al.*, 1998). *T. urticae* is also known to develop resistance to acaricides very quickly. A prospective solution to the resistance problem could be to develop microbial biopesticides targeted against this pest as an alternative to broad-spectrum chemicals.

A number of mycoinsecticides and mycoacaricides have been developed worldwide since the 1960s. Products based on *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, *Isaria fumosorosea* (WIZE) Brown & Smith, and *B. brongniartii* (Saccardo) are the most common among the 171 products available (Faria & Wraight, 2007). Entomopathogenic fungus *I. fumosorosea* has a worldwide distribution, and its natural occurrence in soil samples was reported from many countries. It is a species with a relatively wide host range across several insect orders, including Acari. Various strains are successfully used in the biocontrol and several commercially produced mycopesticides based either on *I. fumosorosea* alone or in combination with other entomopathogenic species have been developed in America, Asia or Europe (Zimmermann, 2008). In this paper we assessed the efficacy of new strain of *I. fumosorosea* isolated in the Czech Republic which was found to be highly virulent

Příloha IX: Abstrakty a postery z mezinárodních konferencí

Kopačka, M. & Zemek, R. 2016: A two-year study of the distribution of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in České Budějovice, Czech Republic. - 5th International Conference for Young Researchers, Kraków, April 16-17, 97p. (**Strana 197**).

Kopačka, M. & Zemek, R. 2016: Competing for space: A case study of horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*) and leaf blotch disease (*Guignardia aesculi*). - International Congress of Entomology, Orlando (USA), September, 25-30p. DOI: 10.1603/ICE.2016.117390 (**Strana 199**).

Kopačka, M., Zemek, R., Stathakis, T.I., Broufas, G. & Papadoulis, G.T. 2016: Diversity and abundance of Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) on horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in Greece and the Czech Republic. - 8th Symposium of the European Association of Acarologists, Valencia, July 11-15, 84p. (**Strana 201**).