

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra ochrany rostlin



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Využití kvetoucích pásů v zemědělství v souvislosti
s ovigeníí parazitoidů a jejich efektivitou v programech
biologické ochrany rostlin**

Diplomová práce

Autor práce

Bc. Jan Voženílek

Obor studia

Rostlinolékařství

Vedoucí práce

Mgr. Alena Samková, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Využití kvetoucích pásů v zemědělství v souvislosti s ovigenií parazitoidů a jejich efektivitou v programech biologické ochrany rostlin" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14. 4. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní doktorce Aleně Samkové za vedení diplomové práce, ochotu, trpělivost a vstřícnost během našich konzultací, za užitečné rady při hledání zdrojů informací a velikou pomoc a oporu při plnění pokusného experimentu k diplomové práci. Dále bych rád poděkoval panu doktorovi Janu Raškovi za pomoc při zpracování výsledků pokusného experimentu k diplomové práci.

Využití kvetoucích pásů v zemědělství v souvislosti s ovigenií parazitoidů a jejich efektivitou v programech biologické ochrany rostlin

Souhrn

Tato práce se zabývá využitím kvetoucích pásů v zemědělství a v souvislosti s výživou parazitoidů používaných v programech biologické ochrany rostlin. Úvodní část pojednává o kvetoucích pásech, jejich zařazení, historii, ekologickém významu a využití. Následná část se zabývá parazitoidy, jejich životním cyklem, využitím a zařazením do programů biologické ochrany. Rešerše je zakončena modelovými druhy, které byly použity v experimentu pro diplomovou práci.

K literárnímu přehledu byla práce doplněna o výzkum zabývající se vlivem živných rostlin pro parazitoidy v souvislosti s výživou a jejich fitness. V rámci experimentu v laboratorních podmínkách byla zaměřena pozornost na plodnost a velikost těla ve F1 a F2 generacích parazitické vosičky *Anaphes flavipes* (Förster 1841), která parazitovala na vajíčkách kohoutka (*Oulema* komplex).

Z výsledků vyplývají tyto skutečnosti. Plodnost samic *A. flavipes*, kterým byla nabídnuta potrava v podobě živných rostlin, byla statisticky průkazně vyšší ve srovnání s nekrmenými samicemi. Míra parazitace hostitelských vajíček *Oulema* komplex byla statisticky odlišná mezi krmenými a nekrmenými samicemi, přičemž nejvyšší míry parazitace dosahovaly samice, které byly krmeny hořčicí nebo pohankou. Rozdíl počtu kladených potomků do jednotlivých hostitelských vajíček nebyl zásadně ovlivněn živnými rostlinami. Výsledky poměru pohlaví zkreslovala skutečnost neurčenosti části potomků, z tohoto důvodu nelze s přesností říci, zda živné rostliny měly vliv na poměr pohlaví potomků. Podání živných rostlin mělo dále vliv na velikost potomků, v tomto případě byl statisticky prokázán jejich kladný vliv. Dále byla propočítána plodnost pro F2 generaci, která se zvýšila s podáním živných rostlin.

Veškeré experimenty byly prováděny v laboratorních podmínkách. Proto lze získané výsledky vnímat pouze orientačně pro použití ve volné přírodě, kde nám dále vstupují klimatické podmínky, jež mohou zásadně ovlivňovat fitness parazitoidů.

Klíčová slova: biologická ochrana, interakce parazitoid-hostitel, kvetoucí pásy, ovigenie, zemědělství

Use of flowering strips in agriculture in association to parasitoid ovigeny and their effectiveness in biological control

Summary

The thesis deals with the use of flowering strips in agriculture in association with the nutrition of parasitoids used in programs of biological control. The introductory part is about flowering strips, their classification, history, ecological significance and utilization. The following part deals with parasitoids, their life cycle, use and classification to programs of biological protection. The search is concluded by model species which were used in the experiment for the thesis.

To literature review the thesis was complemented by research which deals with the influence of food plants for parasitoids connected with their nutrition and fitness. Within the laboratory experiment, the attention was focused on the fertility and body size in the F1 and F2 generations of parasitoid wasp *Anaphes flavipes* (Förster 1841), which parasitized on the eggs of oak leaf beetle (*Oulema* komplex).

The results show these facts. The fertility of *A. flavipes* females, which were given nutrition in the form food plants, was statistically significantly higher in comparison with unfed females. The degree of parasitism of the host eggs of *Oulema* komplex was statistically different between fed and unfed females, while the highest degree of parasitism was achieved by females fed by mustard plants or buckwheat. The difference in numbers of offspring laid to the individual host eggs was not significantly affected by the food plants. The results of gender ratio were distorted by the fact that some offspring had uncertain gender and because of that, it is impossible to say with certainty if food plants had any effect on the gender ratio of offspring. Administration of food plants also had effect on the size of offspring, in this case a positive influence was proven. The fertility of the F2 generation was calculated, and it was increased by administration of food plants.

These results were gathered in laboratory conditions so they can be perceived as indicative for use in nature, where climatic conditions enter and can significantly affect fitness of parasitoids.

Keywords: biological protection, host-parasitoid interaction, flowering strips, ovigeny, agriculture

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Kvetoucí pásy.....	10
3.1.1 Terminologie.....	13
3.1.2 Historie využití kvetoucích pásů	14
3.1.3 Ekologický význam kvetoucích pásů v zemědělství	14
3.1.4 Kvetoucí pásy využívané v zemědělství.....	15
3.1.4.1 Regionální směsi v ČR.....	15
3.1.4.2 Návrhy a výběr regionálních směsí	16
3.1.5 Biopásy	17
3.1.6 Výběr stanoviště a realizace	18
3.1.7 Vliv biopásů na faunu.....	18
3.1.7.1 Vývoj půdní fauny a entomofauny na kvetoucích plochách	19
3.1.8 Kvetoucí pásy jako omezení chemických postřiků ve světě	21
3.1.8.1 Velká Británie.....	21
3.1.8.2 Švýcarsko	23
3.1.9 Kvetoucí pásy nejen v zemědělství.....	24
3.1.9.1 Kvetoucí pásy ve městech	24
3.1.9.2 Travobylinná společenstva ve městech	25
3.1.9.3 Smíšené trvalkové výsadby ve městech	26
3.2 Parazitoid.....	29
3.2.1 Parazitoidi <i>sensu lato</i>	29
3.2.1.1 Evoluce parazitoidů	29
3.2.1.2 Životní strategie.....	30

3.2.1.3	Interakce parazitoid–hostitel	31
3.2.2	Využití parazitoidů v programech biologické ochrany rostlin	31
3.3	Druhy použité v experimentech diplomové práce.....	34
3.3.1	Živné rostliny	34
3.3.1.1	<i>Sinapis</i> sp. (Linnaeus 1753)	34
3.3.1.2	<i>Fagopyrum</i> sp. (Miller 1754)	35
3.3.2	Škůdce – <i>Oulema</i> komplex	36
3.3.2.1	Kohoutek černý – <i>Oulema melanopus</i> (Linnaeus 1758)	36
3.3.2.2	Kohoutek – <i>Oulema duftschmidi</i> (Redtenbacher 1874)	37
3.3.2.3	Rozdílnost <i>O. melanopus</i> a <i>O. duftschmidi</i>	37
3.3.3	Parazitoid – <i>Anaphes flavipes</i> (Förster 1841)	38
4	Metodika	40
5	Výsledky	42
5.1	Počet potomků od jedné samice	42
5.2	Počet parazitovaných hostitelských vajíček.....	43
5.3	Počet potomků v jednom hostitelském vajíčku	44
5.4	Poměr pohlaví potomků	45
5.5	Velikost samic potomků.....	46
5.5.1	Dva potomci.....	47
5.5.2	Tři potomci	48
5.6	Ovlivnění plodnosti v F2 generaci	49
6	Diskuze	50
7	Závěr.....	53
8	Literatura.....	54
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	63

1 Úvod

Kvetoucí partie v krajině tvoří druhově bohatou skupinu rostlin, která poskytuje potravu a útočiště pro mnoho organismů a zvířat. Mezi rostlinami jsou druhy travní, plevelné, ale hlavně původní přírodní druhy. Tyto partie jsou nejen prospěšné pro biodiverzitu, ale také nám zkrášlují přírodu a dotváří krajinný ráz.

Druhově bohaté porosty se v soustavě zemědělského hospodaření dříve moc neuplatňovaly, v dobách minulých se dávala přednost především produkční složce. Pro rovnováhu krajiny mají značný význam, protože v těchto porostech dochází ke koloběhu hmoty. To má vliv na ostatní složky přírodního prostředí, nevyjímaje ani vodu. Z hlediska produkce má význam zatím nedoceněný. Ze širokého hlediska mají tyto porosty význam estetický při utváření krajiny. Z veřejného zájmu společnosti má význam pro zřizování trvale udržitelných a přijatelných přírodních podmínek pro lidstvo. V neposlední řadě se tyto porosty stávají genetickým zdrojem různých druhů rostlin a organismů.

Můžeme říci, že se snažíme přírodě navrátit původní tvář, která jí byla sebrána hlavně z hlediska společenského. Při přijetí koncepce o dosažení soběstačnosti ve výrobě obilnin byla spousta trvalých travních porostů, kam lze zařadit i kvetoucí porosty, rozorána. Z tohoto důvodu bylo také množství luk odvodněno a zhutněno. Další degradaci těchto ploch zapříčinilo zvyšování dávek průmyslových hnojiv.

Jak je již zřejmé, skupiny kvetoucích či lučních druhů je možné použít v mnoha oblastech. V první řadě lze kvetoucí pásy využívat v zemědělství, kde – jak již bylo nastíněno – přispívají k dotváření krajiny a napomáhají k vytváření biotopů. Nyní se mnohdy setkáváme také s použitím na venkovských zahrádkách, kde si i laická veřejnost utváří přírodní partie. Dnes již není výjimkou setkat se s podobnými výsevy i v moderně pojatých zahradách. V neposlední řadě se čím dál více rozmáhají pestré výsevy lučních květin ve městech.

Právě tato specifická skupina je v zemědělství vhodná v kombinaci s biologickou ochranou, kde získává potravu a útočiště značné množství predátorů a parazitoidů. Kvetoucí partie jsou také dobrým protierozním opatřením ve svazích, zadržují vodu a vlhkost v krajině a výrazně zhodnocují estetickou hodnotu krajinného rázu. I když se v dnešní době s těmito výsevy setkáváme čím dál více, stále se na ně hledí jako nevyužitelně produkční rostliny. V posledních letech se v souvislosti se zákazy různých chemických přípravků na ochranu rostlin mohou tyto partie využít pro obnovení a zlepšení parazitických a parazitoidních vztahů ke škůdcům. Je otázka, zda bude této možnosti využito.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je přezkoumat vliv živných rostlin na plodnost parazitické vosičky *Anaphes flavipes* pomocí nového mezigeneračního přístupu k fitness parazitoidům.

Hypotéza: Plodnost parazitické vosičky *A. flavipes* ve F1 nebo ve F2 generaci je ovlivněna příjmem potravy v podobě živných rostlin.

3 Literární rešerše

3.1 Kvetoucí pásy

Kvetoucí pásy lze zařadit do prvků biodiverzity. V knize *Zemědělství a krajina, cesty k vzájemnému souladu* (Šarapatka et al. 2008) se dozvídáme o biodiverzitě jako o širokém termínu, který zahrnuje mnoho komponentů tvořících agroekosystém. Agrobiodiverzita zahrnuje širokou řadu organismů v produkčních systémech, podílejících se na koloběhu živin, udržení úrodnosti půdy, regulaci chorob a škůdců. Dále se podílí na udržování a ochraně biotopů s planě rostoucími druhy rostlin a živočichy, na minimalizaci eroze a spoustě dalších (Novotná et al. 2001).

Biodiverzita má v zemědělství těžkou pozici, s cílem vyšších výnosů finančně výhodné plodiny se z přírody vytrácejí travnaté meze, křovinaté partie mezi lesy a mnoho dalších ploch (Kohoutek et al. 2000). Jedním z důvodů může být i pohled na tyto „neobhospodařované“ plochy jako původce různých plevelů nebo škůdců, například slimáků. Dopad těchto mizejících ploch má negativní účinek na úbytek bezobratlých, ptáků, rostlin a dalších. V těchto partiích mohou své útočiště najít i řady užitečných parazitoidů. Šarapatka et al. (2008) hovoří o propojení biodiverzity se zemědělskou produkcí jako o funkční biodiverzitě, kdy dochází k co největší rovnováze zachování vysokých výnosů a přirozených partií pro podpoření biodiverzity (Pimm et al. 2014).

V úvahu bereme také zvýšení druhové bohatosti chudých, intenzivně obhospodařovaných porostů, které lze dosáhnout i pouhou extenzifikací obhospodařování (omezení hnojení, snížení počtu pasoucích se zvířat atd.), nicméně protože na těchto plochách chybí semenná banka cílových druhů, je k obnově druhově bohatého porostu většinou nutná introdukce lučních druhů (Walker et al. 2004; Bekker et al. 2000; Bischoff 2002; Willems et al. 2001).

Přírodní plochy pomáhají ke zlepšení regulace škůdců. Jejich cílem je podpora užitečných organismů žijících dravým nebo parazitickým způsobem. Díky těmto plochám, jako jsou osévané pásy planých bylin, pásy křovin s druhově bohatými bylinnými okraji a strukturně a druhově bohaté louky, se zásadně zlepšují možnosti výživy, přezimování a rozmnožování užitečných živočichů (Pimm et al. 2014). Tyto plochy dle funkce a stanoviště mohou být založeny jako dočasné prvky v krajině, a to jako osévané pásy planých bylin nebo trvalé struktury, kam se řadí křovinaté pásy a meze (Chytrý et al. 2001).

Kvetoucí pásy by měly do 1–3 let poskytovat příslušným skupinám užitečných organismů bohatě kvetoucí struktury (Beffa 2000). Individuálním výběrem rostlin jsou užitečným

organismům poskytované dodatečné a doplňkové potravní zdroje, a to bez přímého užítku pro škůdce. Vylepšená potravní nabídka z květních nektarů, pylů a medovice vede k početnějším skupinám potomstva, delší životnosti organismů a k jejich vyšší aktivitě. Z nektaru a pylu má užitek většina prospěšných organismů (Pimm et al. 2014). Z pylu většinou profitují hlavně predátoři (slunéčka, pestřenky a zlatoočky), jen málokdy parazité.

Šarapatka et. al. (2008) zmiňuje pokusy FIBLu, při nichž bylo zjištěno, že kvetoucí pásy mohou přispívat ke snížení výskytu nebezpečných škůdců na zelinářských porostech. Zelinářské plochy nacházející se vedle květnatých pásů jsou díky parazitickým vosičkám s nižším výskytem škodlivých organismů. Jejich rozvoj je značně narušen, pokud je predátory nebo parazitoidy usmrcován již ve stadiu vajíčka nebo larev.

Funkční biodiverzitou, kam lze kvetoucí pásy zařadit, označujeme souvislost mezi biodiverzitou a zemědělskou produkcí. Jde o lepší propojení přirozených mechanismů a interakci mezi biodiverzitou a rostlinnou produkcí. Na základě těchto poznatků se vyvíjejí metody a nástroje k regulaci škodlivých organismů v zemědělství (Šarapatka et. al 2008). Tato nepřímá opatření jsou důležitou součástí integrované ochrany rostlin a považují se za důležitá především v extenzivních, hlavně v dlouhodobě udržitelných produkčních postupech. Tyto postupy jsou čím dál více omezovány používáním látek, jako jsou například pesticidy (Bischoff 2002).

Přirozenou regulaci škodlivých organismů by mohla podpořit celá řada drobných parazitických druhů skupin lumků, lumčků, chalcidek a vejcomárů. Tito zástupci ze skupiny blanokřídlých se vyvíjejí uvnitř vajíčka nebo larvy svého hostitele. Po larválním stadiu v hostiteli, kdy jej pomalu vyžírají, se vylíhne dospělý hmyz, který se živí především býložravě, ve většině případů nektarem, pylem nebo medovicí (Dunger 1968; Godfray 1994). Je zapotřebí, aby v tuto dobu byla dostatečná nabídka květů. V prvních pokusech se neukazuje jen účinnost užitečných organismů v regulaci škůdců (Šarapatka et al. 2008), ale také komplexní povaha tohoto systému, kdy je parazitace škůdců ovlivňována spoustou faktorů. Hlavní roli při parazitaci vajíček hraje například směr větru, vaječní parazitoidi jsou menší než larvální, a proto jsou více náchylní na povětrnostní podmínky. Dalším faktorem je také vzdálenost květnatých pásů od pole (Bischoff 2002).

Krajinné prvky, kam spadají i kvetoucí pásy, se významně podílejí na regulaci škůdců. Ovšem aby splňovaly jisté předpoklady, musí být zastoupeny v dostatečně vysokém počtu. Jejich vysoký počet se podílí na zlepšení šance prezimování mnoha užitečných druhů. Vydatnější výživa má za následek vyšší plodnost a mobilitu těchto živočichů (Wackers 1994; Šarapatka et al. 2008).

Kvetoucí pásy lze vnímat jako dočasné prvky, které se skládají ze souboru rychle rostoucích rostlin, jež napomáhají k rozvoji zdravých a silných populací užitečných organismů. To vše přispívá k účinnosti přirozených regulačních mechanismů v zemědělské produkci. Mohou tak být posíleny také extenzivní produkční systémy, jako jsou například snížené náklady, ekologické zemědělství, navíc vše prospívá k zachování biodiverzity.

Tato alternativní metoda ochrany rostlin se podle Šarapatky et al. (2008) setkává s pozitivními ohlasy a je vnímána jako důležitá. Dalším plusovým bodem se stává ohlas lidí, kteří holdují turistice. Ovšem v zimě se setkáváme s kritikou ve smyslu neuspořádných a neudržovaných ploch. Biodiverzita má v zemědělství další využití, například je možné z květnatých pásů některé části rostlin dále zpracovat, nebo má nepřímý užitek spočívající v prospěchu pro půdu a vodní režim (Kohoutek et al. 2000; Chytrý et al. 2001).

Diverzita flóry je v ekologickém zemědělství pestřejší díky rozmanitým osevním postupům. Za úbytkem diverzity flóry v zemědělství stojí používání pesticidů (Pimm et al. 2014). Výzkumy byl zjištěn ve srovnání s konvenčními plochami vyšší počet planě rostoucích a plevelných rostlin na okrajích porostů ekologicky obdělávaných ploch. Tento pokryv má za následek vliv na populaci hmyzu a poskytuje mu potravu. Příkladem výzkumu jsou výsledky z Anglie, kdy byla zjištěna větší diverzita v okolí ekologických farem (Šarapatka & Urban et al. 2006).

Kvetoucí pásy mají v první řadě poskytovat životní prostor živočichům a rostlinám v zemědělských oblastech. Tímto se také podporuje přirozená druhová rozmanitost, zabraňuje se ztrátě dalších druhů a umožňuje se rozšiřování ohrožených a nových druhů. Nárůst těchto ploch by měl mít pozitivní vliv na biodiverzitu (Šarapatka et al. 2008). V porovnání s intenzivně obhospodařovanými plochami je druhová rozmanitost květnatých pásů vyšší a nacházejí se zde i specializované druhy. Dalším pozitivním faktorem je fakt, že tyto plochy se vůbec nebo téměř vůbec nehnojí, což má za následek snížení zátěže podzemních a povrchových vod (Pimm et al. 2014).

V souvislosti se vztahem k ekologickým strukturám, v našem případě květnatým pásům a k fauně, nám vstupuje koncept potravní sítě. Čím vyšší je trofický stupeň, tím komplexnější jsou nároky příslušných organismů na tomto stupni. Například u parazitoidů řádu Hymenoptera, kteří se pohybují na horních stupních trofických vztahů, jsou všechny podřazené úrovně nezbytně nutné, aby byl možný jejich životní cyklus. Rostliny poskytující nektar a pyl a zástupci první trofické úrovně slouží jako potravní rostliny pro dospělé lumčíky. Pro rozmnožování (snůšku vajec) potřebují lumčiči hostitele, kteří pocházejí většinou z druhého trofického stupně a jako herbivoři jsou odkázáni na další potravní rostliny (Kohoutek et al. 2000). Někteří lumčiči

také parazitují zástupce třetího trofického stupně, tedy dravé druhy nebo i parazitoidy (Šarapatka et al. 2008). Tento příklad nám ukazuje, že k biodiverzitě je také zapotřebí strukturní mnohotvárnost, neboť tyto živočichové jsou odkázáni na prostorovou a časovou heterogenitu. Prostřednictvím mozaiky struktur může být životní prostor a potrava poskytnutá většímu počtu organismů (Pimm et al. 2014).

Proměna krajiny v zemědělství se ubírá správným směrem, potenciál květnatých ploch na podporu biodiverzity není ale dosud vyčerpán (Šarapatka et al. 2008). Pro udržení a rozšíření ohrožených druhů, hlavně užitečných organismů je třeba v tomto úsilí dále pokračovat a přinášet další opatření (Kohoutek et al. 2000).

3.1.1 Terminologie

Terminologie květnatých pásů je velmi rozsáhlá. Názvy se odvozují od termínu nazývaného „květnatá louka“, kde je dle české státní normy ČSN 839 001 popsán jako původní přirozený, záměrně založený nebo přisevem upravený travní porost s výrazným podílem dvouděložných bylin. V zemědělství se nejvíce setkáváme s názvy květnaté/kvetoucí pásy, květnaté/kvetoucí louky, název druhově pestré porosty se více používá v zahradní architektuře, ale můžeme se s ním setkat i v zemědělství (Novotná et al. 2001; Jakrlova 1995).

Termín louka je v zemědělství vnímán jako jednoznačně produkční porost. Dále je také louka vnímána jako přírodě blízký prvek, který nevylučuje vysoký počet druhů. V odborné literatuře není přímo definován termín „louka“ a termín „kvetoucí louka“ je také zavádějící, z tohoto důvodu je vždy potřeba tyto termíny více specifikovat (Novotná et al. 2001). Důležité je stanovit cíle a upřesnit, jakých funkcí se chce dosáhnout. Porost, který může být jedním člověkem chápán jako druhově pestré společenstvo, je jinými lidmi vnímán jako zaplevelená neudržovaná plocha, která do krajiny nebo veřejné zeleně nepatří.

Pejchal (2005) definuje přírodě blízký vegetační prvek takto: Svým charakterem, druhovou, prostorovou či věkovou strukturou se významně blíží jak rostlinným společenstvím přirozeného a polopřirozeného charakteru, tak i spontánně vzniklým společenstvím rostlin přírodě vzdáleným. Z praktického hlediska vykazuje nezanedbatelný stupeň autoregulace, respektive spontaneity, dlouhodoběji se však bez cílené péče neobejde (Chytrý et al. 2001).

Z trávnickářského hlediska třídění porostů se řadí všechny extenzivně udržované plochy travní, travobylinné i právě druhově bohaté porosty do kategorie „krajinný trávník“. Ten dle ČSN 839 031 zahrnuje extenzivně využívané či pěstované porosty na veřejné i soukromé zeleni, v krajině, u komunikací, na rekultivovaných plochách či právě druhově pestrých lučních porostech. Jedná se o trávníky s řadou využití podle účelu a stanoviště – například ochrana proti

erozi, odolnost na extrémních stanovištích, další jsou základem pro rozvoj biotopových stanovišť. Nároky na péči u těchto trávníků jsou malé až střední. Krajinový trávník definuje veškerá travní společenstva, která nejsou využívána k produkci (Novotná et al. 2001).

3.1.2 Historie využití kvetoucích pásů

Z historického hlediska lze říci, že kvetoucí pásy vychází z principů lučních ekosystémů. Většina z nich vznikala činností odlesňování pro získání prostoru pro pole a pastviny. Přirozené původní kvetoucí louky se nacházejí nad horní hranicí lesa. Rozšíření do nižších poloh bylo na úkor lesní vegetace a jejich charakter byl polopřirozených luk, která vyžadují podíl lidské práce s využitím pastevního hospodářství (Hobhouse 1997). V tomto ohledu dochází k degradaci a snižování biodiverzity původních lučních porostů.

Za nejstarší doloženou informaci o pěstování kvetoucích luk lze považovat informace z knihy *Devegetabilibus* od Alberta Magnuse z období kolem roku 1260. Z pozdního středověku můžeme použít obrazy zobrazující panu Marii s jezulátkem, která sedí na rozkvetlé louce v zahradě. Tento typ zahrady, tzv. Hortus conclusus, byl od 14. století používán pro mariánská vyobrazení. S příchodem renesance se rozkvetlé louky stávají součástí tzv. locus amoenus – líbezného místa. Ve formálním baroku se přirozená společenstva kvetoucích luk nevyužívala. Na počátku 18. století se kvetoucí louky dočkaly své oblíbenosti s příchodem anglického krajinářského stylu (Hobhouse 1997).

Na našem území se zakládání a obnově kvetoucích pásů a porostů věnuje pozornost od poloviny devadesátých let minulého století. Postupně začala klesat významnost produkční funkce trávních porostů a projevil se zájem o druhově bohaté směsi přispívající ke stabilitě ekosystému (Owen 210). Zároveň se na tom podílí fakt zvyšování se povědomí obyvatelstva o životním prostředí, významu krajiny a biodiverzity. Zakládání pestrých nektarových pásů nyní zajímá i laickou veřejnost, jež uvažuje o jejím využití kolem svých obydlí. Také se zvyšuje zájem o jejich realizaci v zemědělství.

3.1.3 Ekologický význam kvetoucích pásů v zemědělství

Na druhově pestré porosty se lze dívat z mnoha úhlů. Z jednoho hlediska bereme tyto porosty jako podporu biodiverzity, a to nejen s ohledem na rostlinné druhy, ale i mikroorganismy a živočichy, kteří v těchto porostech nalézají útočiště a potravu. Rostlinné složení je výsledkem komplexního vlivu celého ekosystému (Bischoff 2002). Většina pestrých porostů se vyznačuje vysokou proměnlivostí druhového složení. Stálejší zastoupení druhů se

udržuje pouze tam, kde nejsou vysoké konkurenční vztahy. Změny v zastoupení mohou být každoroční, cyklické, sezónní nebo mohou být trvalejšího charakteru. Druhovú skladbu pestrých květnatých luk je funkcí stanovištních podmínek a způsobu využívání intenzity porostu.

Základ druhové pestrosti je dán především zastoupením dvouděložných rostlin, které se v průběhu několika let mění. Předpokladem kvetoucích pásů je vysoký počet rostlinných i živočišných druhů. Kvetoucí porosty mají nezastupitelný protierozní význam. Nejen dobré prokořenění, ale i stratifikace a diverzita kořenové fyto-masy přispívají ke zpevnování půdy na svazích a vytváří spolu s nadzemní fyto-masou optimální ochranu proti odnosu zeminy a živin z ekosystému. Zachování druhů je závislé na zemědělském hospodaření. Používání minerálních hnojiv a přesévání luk intenzivnějšími odrůdami jetelovin a trav zapříčinilo snížení druhové pestrosti květnatých společenstev. Dřívější hojně luční druhy se pomalu staly vzácnými a ohroženými. Jako příklad lze uvést naše domácí orchideje, které jsou velmi citlivé na minerální hnojiva.

Vytváření a obhospodařování kvetoucích pásů bude ve stále větší míře odpovídat požadavkům ochrany přírody. S využitelností ve všech klimatických a půdních podmínkách se bude dařit vytvoření specifických, přírodě blízkých biotopů, kde najde útočiště a potravu spousta organismů a živočichů (Haken & Kvítek 1988).

3.1.4 Kvetoucí pásy využívané v zemědělství

Veškeré výsevy osiva do volné krajiny ovlivňují rostlinná i živočišná společenstva, ale je třeba dbát na výběr směsí účelně k typu stanoviště, regionu apod. Důležité je zachování druhové diverzity a pestrosti s přírodou v okolí. Používají se tzv. „regionální travní či bylinné směsi“, které jsou specifické druhovým složením a původem ve vysévaném regionu (Jakrllová 1995). Toto složení vychází z přirozených společenstev daného území. Dále se řídíme dle zásad pro použití těchto směsí, nepoužíváme křížence a odrůdy vzniklé polyploidizací či mutagenezí cizí a neznámé či neověřené odrůdy (Kirmer et al 2014), odrůdy invazní nebo expanzivní a odrůdy zvláště chráněné a vzácné (bez povolení orgánů ochrany přírody). Také nepoužíváme druhy a odrůdy regionálně vázané do jiných vzdálených regionů (Cabe 2006).

3.1.4.1 Regionální směsi v ČR

V současné době víme, které druhy rostlin jsou na území České republiky běžné, které jsou naopak vzácné. Málo se ví o variabilitě jednotlivých druhů. Jongepierová & Poková (2006)

uvádějí skutečnost o větší variabilitě druhů mezi sebou. U populačních studií řady druhů byly zjištěny minoritní cytotypy (tj. takové cytotypy, které se vyskytují buď na určitém území, nebo dosud nebyly kvůli řídkému stanovení počtu chromozomů zachyceny) u celé řady druhů. O některých se to vůbec nevědělo, např. o zvonku rozkladitém (*Campanula patula*) nebo hvězdnici chlumní (*Aster amellus*). Právě toto je jeden z důvodů, proč je důležité věnovat pozornost směrím, protože při špatném rozhodnutí by se mohlo rozšíření vzácných druhů snížit až zahubit. Dalším důvodem pro používání regionálních směrím je i jejich variabilita ve vlastnostech, které zatím nebyly prakticky zkoumány, např. doba klíčení, doba květu, odolnost vůči chorobám a herbivorům. Tato genetická variabilita nebude nejspíše nikdy zcela prozkoumána u všech druhů a jejich populací.

Když má nově zakládáný porost větší množství druhů než jen pár komerčních trav, urychluje se tím nástup dalších druhů, např. hmyzu a půdní fauny. Další druhy rostlin jsou zdrojem potravy pro další druhy živočichů a ty pak zase pro další (Jongepierová & Poková 2006).

3.1.4.2 Návrhy a výběr regionálních směrím

Směrím by měly odrážet charakter stanoviště, kde je chceme použít. Zejména se jedná o vlastnosti půdy a klimatu, dále o regionální specifika ve skladbě flóry migrací druhů v různých oblastech. Druhovú skladba osevních směrím proto musí být nezbytně stanovena zvlášt' pro každý typ stanoviště a každý region (Jongepierová & Poková 2006).

Druhovú složení kvetoucích pásů podle regionů zpracovaly Jongepierová a Poková (2006). Rozdělení navrhly do čtyř skupin: 1. Arhenatherion – středně vlhké oblasti nižších a podhorských poloh, 2. Bromion – oblasti s hlubší a minerální půdou v teplých oblastech, 3. Cynosurion – středně vlhká společenstva a 4. skupina – středně vlhké oblasti horských poloh.

Osevní směrím jsou dvojího typu. První jsou druhově chudé neboli komerční, tvořené převážně travami. Ty slouží hlavně k rychlému zapojení porostu např. na dálničních náspech a dalších místech, kde hrozí eroze půdy (Kirmer et al. 2014). Druhý typ představují druhově bohaté směrím s vysokým zastoupením bylin (Jongepierová & Poková 2006; Kiehl et al. 2014). Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, důležité je, aby vysévané druhy byly nejen stanovištně, ale i geograficky původní (Jongepierová & Poková 2006; Kiehl et al. 2014). Druhá podmínka je ovšem velmi obtížně zajistitelná, konkrétně v České republice je realizovatelná pouze v oblasti Bílých Karpat a v Moravském krasu. Směrím složené z původních druhů rostlin

dosahují vyšších pokryvností a přežívají déle než druhy z komerčních směsí, především na místech s nepříznivými přírodními podmínkami (Pimm et al. 2014).

3.1.5 Biopásy

Ráz a fungování agrární krajiny poznamenala intenzifikace zemědělství. Zvýšení produktivity zemědělského hospodaření s sebou přineslo spoustu environmentálních problémů. Zařadit sem můžeme úbytek biodiverzity, degradaci půdy, snížení schopnosti jímavosti vody, pokles celkové diverzity krajiny (Kirmer et al. 2018). Z tohoto důvodu nám z krajiny mizí mnoho živočichů, například ptáků, opylovačů a mnoho dalších organismů. Nesmíme opomenout úbytek rostlinných druhů. Biopásy jsou skvělým začátkem pro řešení těchto problémů a obnovení živočišných i rostlinných společenstev. Tyto pásy nejsou určeny k produkčním účelům, proto se na tyto plochy neaplikují téměř žádné pesticidy a hnojiva. Je mnoho druhů pásů, začít můžeme u jednoletých krmných biopásů a skončit u víceletých nektarodárných biopásů, které se liší zastoupením druhů (Cabe 2006).

Význam těchto pásů je velice široký, v první řadě je potřeba uvést vysokou prospěšnost pro diverzifikaci krajiny a zvýšení její rozmanitosti. Rozmanitost nám přispívá k podpoře biodiverzity. Primárně jsou biopásy významné pro širokou řadu bezobratlých živočichů, kteří v intenzivně obhospodařovaných krajinách často skomírají a ubývají. Takováto místa jsou pro ně úkrytem, prostorem pro rozmnožování, potravním stanovištěm či biokoridorem. Hlavně nektarodárné pásy mají veliký význam pro druhy opylovačů, například včely medonosné (*Apis mellifera*), ale i divoké včely, čmeláky, pestřenky či motýly (Kirmer et al. 2018). Bývají také přirozeným útočištěm četných druhů predátorů a parazitoidů škůdců polních plodin. Svou roli hrají biopásy i v podpoře ptactva.

Nesmíme zapomenout na funkci půdoochrannou, biopás nám napomáhá s bojem proti půdní erozi a díky své vegetační vrstvě také brání vysychání půdy. Pomáhat může rovněž se zlepšením úrodnosti půdy, například když jsou ve směsi použité bobovité rostliny (Cabe 2006). Ty díky hlízkovým bakteriím v symbiotické interakci na svých kořenech dokáží fixovat vzdušný dusík. Biopás tak najde uplatnění na špatně úrodných půdách a zároveň jejich úrodnost zlepší (Kirmer et al. 2014).

V neposlední řadě můžeme zmínit význam těchto biopásů ve vztahu k vodě. Jsou jedním z prvků, který může potenciálně pomáhat s infiltrací a retencí vody v půdě. Kromě toho je dobrým řešením také umístění biopásů v okolí vodních toků a ochranných pásem vod, kde je nemožné používání chemických přípravků (Kirmer et al. 2018).

3.1.6 Výběr stanoviště a realizace

Kvetoucí pás/biopás lze jednoduše popsat jako pruhové pásmo, které je oseté speciální směsí osiva. Jeho délka by měla být minimálně 30 metrů, šířka se pohybuje od 6 metrů do 24 metrů. Celkově by pásy měly mít rozlohu 750–1000 m². Zakládají se na okrajích i uvnitř půdních pozemků (Šrámek et al. 2005; Kvítek et al. 1997).

Výběr lokality by se neměl podcenit. Ideální místo je takové, k němuž je alespoň částečný přístup pro techniku a jenž umožňuje, aby volně žijící živočichové byli schopni tento porost co nejlépe využít (Kirmer et al. 2018). Založení kvetoucích ploch je nejlepší na chudších, málo obdělávaných půdách, tzn. na okrajích polí, v rozích polí, na místech špatně dostupných pro velkou techniku či na příliš suchých nebo přemokřených stanovištích (Kirmer et al. 2018).

Pečlivě připravená půda před setím je základem úspěchu pro lepší vzejití porostu. Odplevelený, urovnaný a nakypřený pozemek je ideálním základem pro setí směsí. Základní porosty kvetoucích směsí je možné vysévat běžnými secími stroji (Šrámek et al. 2005). Udržují se extenzivně, sečou se 2× až 3× ročně. Ve většině případů se pásy nehnojí a ani se zde nepoužívají chemické přípravky proti plevelům či jiným organismům (Kirmer et al. 2018).

3.1.7 Vliv biopásů na faunu

Kvetoucí pásy jsou určující pro celkový stav a rozmanitost půdního prostředí příslušných stanovišť. Poskytují životní prostředí pro řadu skupin bezobratlých živočichů z půdní fauny, tj. obyvatele povrchových a svrchních vrstev půdy, nebo pro tzv. entomofaunu a arachnofaunu, tj. zástupce různých hmyzích řádů a pavoukoců, zejména pavouků (Arachnes) a sekáčů (Opiliones). Půdní fauna hraje v kvetoucích ekosystémech významnou roli v přirozeném rozkladu organické hmoty a následném utváření svrchních půdních horizontů, také u koloběhu živin, provzdušňování půdy a promíchávání svrchních vrstev (Kirmer et al. 2018). Kvetoucí porosty přispívají k diverzifikaci entomofauny osídlující nadzemní vegetaci. Významné jsou vzájemné vazby opylovačů, zejména blanokřídlých (Hymenoptera) a bylin, dalšími jsou vztahy mezi fytofágními druhy hmyzu a nejrůznějšími rostlinnými druhy (Löbl & Smetana 2010).

Procesy vedoucí k obnově biodiverzity pomocí kvetoucích pásů jsou dlouhodobé a pro živočichy, kteří je obývají, jedním z typů tzv. sekundární sukcese. V podmínkách, kdy jsou tyto procesy na svém počátku nebo v jejich průběhu ovlivňovány, hovoříme o řízené sukcesi. Rozhodujícími faktory pro sukcesi živočišné složky (půdní fauna, epigeon, entomofauna včetně opylovačů) na osívaných plochách jsou stanovištní podmínky na počátku sukcesního vývoje, charakter okolních biotopů jako možných zdrojů migrace (Neumann 1971; Tajovský 1999)

a vlastní vývoj vegetačního krytu (Dunger 1968). Půdní živočichové, kteří se podílejí na půdotvorných procesech, jsou závislí na dostupnosti odumřelé organické hmoty. Ta právě v případě většiny půdních bezobratlých živočichů představuje hlavní zdroj potravy a současně se významně podílí na utváření životního prostředí těchto živočichů.

3.1.7.1 Vývoj půdní fauny a entomofauny na kvetoucích plochách

V prvotních sukcesních stádiích rozvoje vegetace dochází k postupnému zvyšování četnosti většiny skupin půdních živočichů oproti orným půdám (Tajovský 1993). Lze říci, že v počátečních fázích se uplatňují hlavně druhy méně náročné na stanovištní podmínky, tj. druhy euryvalentní a eurytopní, tj. druhy adaptabilní na extrémní podmínky obdělávaných půd a narušovaných nebo nestabilních biotopů, nebo druhy, které snášejí větší výkyvy stanovištních podmínek. Jako další fáze rozvoje vegetace probíhá stabilizace společenstev a začíná se zde postupně uplatňovat druh stenovalentní, tj. druh s vyššími nároky na stabilní stanovištní podmínky (Kirmer et al. 2018).

Z půdních prvoků se můžeme zmínit o krytenkách (Protozoa, Testacea). Z nich bezprostředně po počátečních fázích osévání výrazně dominují euryvalentní druhy z čeledí Cyclopyxidae, Euglyphidae, Plagiopyxidae a Trinematidae. V průběhu růstu a vývoje vegetace se stabilizuje společenstvo půdních krytenek a jeho sukcesní vývoj se zpomaluje. Rozvoj rostlinného krytu se pozitivně ukazuje na druhové diverzitě těchto prvoků (Balík 1999).

Půdní hlístice (Nematoda) jsou významnou skupinou drobných půdních živočichů. Na orných půdách převažují druhy bakteriofagií (např. rody *Panagrolaimus* a *Acrobeloides*) a druhy fungivorní (*Aphelenchoides*), na porostlých plochách se postupně uplatňují druhy omnivorní (např. rody *Aporcelaimellus* a *Eudorylaimus*) a následně také fungivorní (*Aphelenchus*) a rovněž bakteriofágní rody (*Eucephalobus* a *Panagrolaimus*) (Háněl 2003). S rozvojem vegetace narůstá druhové spektrum i počty jednotlivých druhů.

Půdní roztoči, pancířníci (*Oribatida*) jsou příkladem tzv. půdní mesofauny. Přispívají k biodegradaci organické hmoty a k tvorbě humusu. Na začátku rozvoje vegetace se v půdách objevují populace eurytopních druhů jako např. *Scheloribates laevigatus*, *Tectocepheus velatus* a heliofilního druhu *Punctoribates punctum*. V dalším procesu vývoje vegetace se začínají objevovat vzácnější suchomilné druhy, např. euryvalentní *Micropopia minus*, *Mediopia subpectinata*, *Oppiella nova* a dále xerofilní *Lucoppia burrowsi* a *Ceratozetes mediocris*. Rozvoj vegetace však není jednoznačně provázen nárůstem druhové diverzity ani početností

pancířníků (Starý 2005). Dále se zde vyskytují chvostoskoci (Collembola), kteří patří k drobnějším členovcům, kteří rozkládají organické zbytky v půdě.

Roupice (Enchytraeidae), drobní, většinou bělavě zbarvení kroužkovití červi živící se rovněž odumřelou organickou hmotou. Tuto skupinu bychom našli v nejsvrchnějších vrstvách půdy (Schlaghamerský & Kobetičová 2005).

Žížaly (Lumbricidae) jsou považovány za jednu z nejvýznamnějších skupin půdních bezobratlých. Pro svoje funkce v půdě (požírání opadu, tvorba chodeb, promíchávání vrstev aj.) jsou právem označovány jako ekosystémoví inženýři (Pižl 2002). Půdy s vegetací jsou provázeny v počátečních fázích nárůstem jejich počtů a postupným rozvojem populací podpovrchových (endogeických) a hlubinných (anesických) druhů.

U hmyzích skupin zmíníme např. larvy dvoukřídlých (Diptera), střevlíkovitých brouků (Coleoptera – Carabidae) a rovnokřídlých (Orthoptera). S nárůstem rostlinné vegetace a kořenového systému se rozvíjejí zástupci dvoukřídlých, ze kterých jsou pro rozklad organického opadu významné půdní larvy tiplic (Tipulidae) a muchnic (Bibionidae) (Frouz 1997). Ze střevlíkovitých brouků převažují eurytopní, většinou běžné druhy. Druhové zastoupení těchto ploch se odvíjí od druhové skladby příslušného regionu. Obecně lze říct, že s rozvojem vegetace se k běžným druhům postupně přidávají i vzácnější a méně časté druhy. Tento vývoj hovoří ve prospěch vytváření přirozených vegetačních prvků v krajině (Kirmer et al. 2018; Neumann 1971). Pro rozvoj rovnokřídlých a ostatních herbivorních hmyzích zástupců je významný následný management kvetoucích ploch (tj. např. intenzita kosení).

Na kvetoucích plochách se také setkáme s eurytopními, tzv. pionýrskými druhy suchozemských stejnonožců (Oniscidea), mnohonožek (Diplopoda) i stonožek (Chilopoda) (Tajovský 1993). Saprofágními zástupci jsou např. stejnonožci *Trachelipus rathkii* a *Armadillidium vulgare*, mnohonožky *Julus scandinavius*, *Polydesmus denticulatus* nebo zde najdeme dravé stonožky jako *Lamyctes emarginatus* a běžné druhy rodu. Pro vývoj společenstev všech těchto bezobratlých živočichů jsou určující možné zdroje jejich šíření, obvykle okolní biotopy. I když hustoty těchto živočichů narůstají, jejich společenstva zůstávají déle nestabilní s výraznými výkyvy v abundancích i epigeické aktivitě (Tajovský 1999; Tajovský et al. 2005).

3.1.8 Kvetoucí pásy jako omezení chemických postřiků ve světě

3.1.8.1 Velká Británie

V Anglii byl v roce 2016 založen pokus květnatých pásů v zemědělství pro podporu parazitů a parazitoidů a omezení používání pesticidů. Sledován by měl být po dobu pěti let. Dosud byly pásy divokých květin vysazovány pouze kolem polí, to znamenalo, že přirození predátoři se nemohli dostat do středu velkých polí. V tomto pokusu je právě z tohoto důvodu vyséván kvetoucí pás i doprostřed polí. Cílem pokusu je studie, která by potvrdila zvýšení parazitovanosti a parazitace, a tím důvodem by bylo možné snížení použití pesticidů na minimum (Carrington 2018).

Obavy ze škod na životním prostředí způsobených pesticidy v posledních letech rychle narůstají. Ukázalo se, že použití okrajů divokých květin přispívá k podpoře hmyzu včetně pestřenek, parazitických vos a střevlíků, zároveň snižuje počet škůdců v plodinách, a dokonce zvyšuje výnosy. Jak již bylo zmíněno, použití kvetoucích pásů na okraji polí neumožňovalo predátorům a parazitoidům dostat se do středu polí. „Pokud si představíte velikost střevlíka, je to zatraceně dlouhá procházka doprostřed pole,“ řekl profesor Richard Pywell z CEH.

Kvetoucí pásy byly vysazeny na 15 velkých farmách na orné půdě ve střední a východní Anglii. Sklizeče naváděné pomocí GPS nyní dokážou přesně sklízet plodiny, to znamená, že pruhům divokých květin zasazených uprostřed pole s plodinami se lze vyhnout a ponechat je jako útočiště pro živočichy po celý rok. Počáteční testy společnosti Pywell ukazují, že výsadba pásů 100 m od sebe dokazuje, že predátoři a parazitoidi jsou schopni napadnout mšice a jiné škůdce na celém poli (Carrington 2018). Mezi vysazené květiny patří *Leucanthemum* sp., *Trifolium incarnatum*, *Reynoutria* sp. a *Daucus carota*. V těchto polních pokusech jsou pásy široké šest metrů a zabírají pouze 2 % celkové plochy pole. Budou sledovány v celém cyklu rotace od ozimé pšenice přes řepku olejnou až po jarní ječmen. V nových zkouškách budou vědci hledat jakékoli známky toho, že přitažení divokého hmyzu do středu polí, a tedy blíže k místu, kde se stříkají pesticidy, způsobí více škody než užitku.

Podobné polní pokusy probíhají také ve Švýcarsku, kde se používají květiny jako chrpa, koriandr, pohanka, mák a kopr. Pywell řekl, že naděje spočívá v tom, že přirození predátoři a parazitoidi dokážou udržet škůdce pod kontrolou rok od roku, takže nikdy nedojde k velkým ohniskům: „To by bylo ideální – nikdy nebudete muset stříkat.“

Hlavní vědecký poradce vlády Spojeného království varoval, že předpoklad regulátorů po celém světě, že je bezpečné používat pesticidy v průmyslovém měřítku napříč krajinou, je

mylný. Následovaly další, vysoce kritické zprávy o pesticidech, včetně výzkumu, který ukázal, že většina zemědělců by mohla omezit používání pesticidů bez ztrát, a zpráva OSN, která odsuzovala „mýtus“, že pesticidy jsou nezbytné k nasycení světa (Carrington 2018).

„Nepochybně existuje prostor pro snížení používání pesticidů – to je samozřejmost,“ řekl Bill Parker, ředitel výzkumu v Radě pro rozvoj zemědělství a zahradnictví. „Pravděpodobně bude ještě hodně let, kdy škůdci nebudou problémem a používání pesticidů by se mohlo výrazně snížit. Ale přijdou roky, kdy konkrétní škůdce nebo choroba budou extrémně důležité, a to jsou chvíle, kdy pesticidy opravdu potřebujeme.“

Řekl však, že v zemědělství, kde se v současné době obvykle používají pesticidy bez ohledu na to, zda byli identifikováni škůdci, je zapotřebí „obrovský kulturní posun“. „Většina rad ohledně ochrany plodin poskytovaných ve Spojeném království pochází od agronomů spojených se společnostmi, které vydělávají peníze prodejem pesticidů,“ řekl. „Existuje komerční snaha a budou mít tendenci zaujmout profylaktický přístup“ (Carrington 2018).



Obr. č. 1 Kvetoucí pás mezi plodinami

Zdroj: <https://www.theguardian.com>

3.1.8.2 Švýcarsko

Květinové pásy specificky zaměřené na potřeby užitečného hmyzu mohou být proveditelným nástrojem pro odborníky, kteří chtějí zlepšit biologickou kontrolu škůdců na poli. Prokázaly to pokusy s tzv. „pásy květů pro užitek“ vysévané jako jednoleté pásy do plodiny na orné půdě s 13 až 16 druhy planě rostoucích a kulturních rostlin, jako je chrpa, koriandr, pohanka, mák a kopr (Tschumi et al. 2015).

Experimenty ukázaly, že hustoty škodlivého kohoutka na přilehlých polích s ozimou pšenici byly o 40–53 % nižší, než když nebyly vysévány žádné pásy květů na okraji pole. Tento nízký tlak škůdců dokonce vedl k 61% snížení poškození rostlin pšenice. Kromě antagonistů obilných brouků a mšic těží z těchto kvetoucích stanovišť další živočišné i mnohé rostlinné druhy. Aby se u jednoletých květních pásů plně rozvinul svůj účinek, je v první řadě důležité, aby byly dobře začleněny do propojených víceletých stanovišť s živými ploty, nízkovstupovými loukami a pásy divokých květů, a za druhé, aby byly kombinovány s manažerským přístupem, který chrání přínosy (Tschumi et al. 2015).

Od roku 2015 mohou zemědělci ve Švýcarsku vytvářet takzvané „květinové pásy pro opylovače a další prospěšné organismy“ jako oblasti na podporu biologické rozmanitosti za ekologickou kompenzaci. Prostřednictvím platformy „Flowering Habitats“ a společně se svými partnerskými institucemi FiBL a SBV koordinuje Agroscope další rozvoj kvetoucích stanovišť v zemědělské krajině. Pracovní skupina AGBA (Biodiverzita v zemědělství na orné půdě) si klade za cíl podporovat ekologické kompenzace v regionech pěstujících ornou půdu. Členové se podílejí na dalším vývoji směsí osiv (Tschumi et al. 2015).

3.1.8.2.1 Kohoutek na pšenici

Poskytování klíčových zdrojů parazitům a parazitoidům může zlepšit jak jejich biologickou rozmanitost, tak ekosystémové služby, které nám poskytují. Tento výzkum se zajímal o výkonnost jednoletých květních pásů zaměřených na podporu přirozené kontroly škůdců u ozimé pšenice (Tschumi et al. 2015). Květinové pásy byly experimentálně vysety podél 10 polí ozimé pšenice napříč gradientem komplexity krajiny (tj. podíl neosevní plochy do 750 m kolem ohniskových polí) a porovnány s 15 poli s kontrolními pásy pšenice. Ve výzkumu bylo zjištěno silné snížení hustoty kohoutka (larvy o 40 % a dospělci druhé generace o 53 %) a poškození rostlin způsobených kohoutkem o 61 %, na polích s květinovými pásy ve srovnání s kontrolními poli. Přirození nepřátelé měli silný výskyt v květinových pásích a částečně také na přilehlých pšeničných polích. Účinky kvetoucích pásů na přirozené

neprátele, škůdce a poškození plodin byly do značné míry nezávislé na komplexnosti krajiny (8–75 % neosevní plochy). Tato studie demonstruje vysokou účinnost jednoletých květinových pásů při podpoře hubení škůdců, snížení úrovně škůdců kohoutka pod ekonomickou hranici. Studovaný květinový pás tedy nabízí životaschopnou alternativu k insekticidům. To zdůrazňuje vysoký potenciál přizpůsobených agroenvironmentálních programů přispět k ekologické intenzifikaci a může povzbudit více zemědělců, aby takové programy přijali (Tschumi et al. 2015).

3.1.9 Kvetoucí pásy nejen v zemědělství

S kvetoucími společenstvy se v dnešní době setkáváme čím dál více i v městské a veřejné zeleni. Při uvědomění si silné urbanizace naší krajiny a zahušťování sídel přibývá zastavěných ploch. Ty mají za následek změnu vodního režimu, vznikají tepelné ostrovy města, zvyšuje se prašnost, hluk a mnoho dalších aspektů (Baroš & Martínek 2018). Pečlivým zvolením kvetoucích ploch můžeme zmírnit jejich negativní vliv a zároveň podpořit přirozenou biodiverzitu. Ve městech a veřejné zeleni je k tomuto účelu vhodné využít hned několik způsobů.

3.1.9.1 Kvetoucí pásy ve městech

Kromě tradičních zahradnických metod se v péči o městskou zeleň využívá i řízená ekologická obnova, která podporuje samovolně probíhající přírodní procesy, přispívající k cílovému druhově pestrému ekosystému. Příkladem jsou květnaté pásy ve městech. S tímto druhem se ve městech zatím setkáváme velmi málo. Kdo by si myslel, že se jedná o výsadbu dekorativních cibulovin či sezonních letniček a dalších jiných pěstovaných druhů rostlin s intenzivní celoroční péčí, tak by se pletl (Beffa 2000). Květnaté pásy jsou navrženy tak, aby byly trvalé, vyžadovaly minimum následné péče a plnily několik důležitých funkcí. Vedle esteticky zajímavého prvku kvetoucího od začátku léta do podzimu by měly zároveň podpořit biodiverzitu a bezobratlým živočichům by měly současně sloužit i jako zdroj živných a nektarodárných rostlin. Při zakládání květnatých pásů jsou velké plochy osety pouze semeny vytrvalých bylin. Do směsí určených pro výsev ve městech se ve většině případů již nepřidávají semena trav, neboť jich je v městském prostředí dostatek a do květnatých pásů se tak dokáží samy snadno dostat (Baroš & Martínek 2018).

3.1.9.2 Travobylinná společenstva ve městech

Trend zakládání společenstev rostlin vychází z ekologických principů nebo hledá inspiraci v přírodě. Kvůli snahám hledat finančně málo nákladné typy vegetačních prvků, jež by nahradily zahradnickou výsadbu, se začala využívat travobylinná společenstva rostlin. Obecně se označují jako přírodě blízké vegetační prvky a v praxi mají velmi různorodou podobu. Jednou z mnoha jsou kvetoucí luční trávníky, které jsou na rozdíl od parkových trávníků charakteristické určitým podílem dvouděložných rostlin s bohatou druhovou diverzitou a pestrostí a menší náročností na péči (Beffa 2000).

Při navrhování travobylinných společenstev rostlin ve veřejné zeleni obcí a měst, ale i v soukromých zahradách musíme vycházet nejen z funkcí a cílů, kterých chceme dosáhnout, ale také z vlastností daného společenstva. Kobercový a parkový trávník působí hlavně klidným, někdy až sterilním dojmem, kopíruje terénní dispozice řešené plochy a sjednocuje jednotlivé kompoziční prvky. Na travobylinné a druhově pestré směsi má veřejnost nejednotný názor z hlediska estetického vnímání. Laickou veřejností je často negativně vnímán pomalý vývoj a zapojení porostu, související s nízkým podílem trav ve směsi a s doporučeným nízkým výsevkiem, tzn. v počátečním období vývoje, než se porost zapojí, je jeho struktura řídká a mezernatá. Zastoupení konkrétních taxonů bylin, z nichž mnohé rostou volně v přírodě, nezapadá do zažitého vzorce představ většiny lidí, že hezké a upravené je pouze to, co je intenzivně udržované a plně pod kontrolou zahradníka (Beffa 2000).

Květnaté trávníky jsou obohacené o letničky a bylinné směsi. Jedním z mnoha způsobů, jak využít druhově pestré směsi bylin ve městě, je použití směsi vytrvalých bylin, které jsou obohaceny o letničky. Vytvořené speciální směsi vytrvalých rostlin s podílem letniček vnášejí na místa jejich výsevu vyšší atraktivitu, a to hlavně díky výraznějšímu barevnému efektu v prvním roce po výsevu v porovnání se směsí pouze z vytrvalých rostlin. Letničky ve směsi využijí v prvním roce dostatek světla a vykvetou již v roce výsevu, čehož není většina vytrvalých rostlin ve směsi (až na výjimky) schopna. Druhý rok po výsevu se letničky na ploše samovolně přesévají, v důsledku kompetičních bojů s vytrvalými bylinami o světlo se ze směsi začínají pomalu vytrácet. V dalších letech ve směsi převažují pomaleji se vyvíjející dlouhověké trvalky (Baroš & Martínek 2018).

Štěrkové trávníky se používají na místech, kde se původně se zelení nepočítalo. Ty se používají nejen na povrch parkovišť, ale rovněž jako součást pochozích či rekultivovaných ploch. Štěrkové trávníky se obvykle navrhují v místech, kde se běžně používá pouze asfalt, beton či jiné pevné materiály. Proto zajišťují nejen ozelenění těchto ploch, ale díky své

pórovitosti a propustnosti zároveň zaručují zlepšenou retenci stanoviště. Jejich ekologický význam je zvýšen nejen vsakovací schopností při současné zatížitelnosti zpevněných vegetačních substrátů, ale také podpora biodiverzity na dané lokalitě (Beffa 2000).

Druhově pestré porosty bylin s neprodukční funkcí (např. sportovně – rekreační apod.) mají široké spektrum použití dle účelu a stanoviště. Jsou důležitým estetickým a kompozičním prvkem v zahradní a krajinářské tvorbě, přispívají ke zvýšení biodiverzity a ekologických vazeb prostředí. Do veřejných prostor přinášejí oživení, spontánnost, podvědomou vazbu člověka s přírodou, duševní harmonii a kladně tak ovlivňují psychiku člověka (Baroš & Martínek 2018).



Obr. č. 2 Květinový pás s letničkami v městské zástavbě

Zdroj: <https://www.vzmb.cz>

3.1.9.3 Smíšené trvalkové výsadby ve městech

Prostředí, ve kterém se člověk pohybuje, relaxuje či pracuje, jej významně ovlivňuje a formuje. Při zahlcení povinnostmi a starostmi již nezbývá mnoho času k trávení v přírodním prostředí. V dnešním světě je člověk čím dál více uzavřen ve vnitřních prostorách a převážně žije ve městě. I z tohoto důvodu vznikl nápad s trvalkovými záhony ve městech, mající vyšší stupeň autoregulace a extenzivní údržbu. Tyto výsadby mají koncept bez osazovacího plánu, protože se nechávají samostatně rozrůstat tak, že připomínají luční porosty. Na těchto záhonech se nesetkáváme pouze s rostlinami, které nazýváme skupinou trvalek, ale najdeme zde i dvouletky či letničky, které se samy přesévají, dále zde najdeme i hlíznaté a cibulnaté rostliny, které záhony zkrášlují hlavně v jarním období. Význam a perspektiva těchto výsadeb v městském prostředí se dá vnímat ve více úrovních. Nejvíce si samozřejmě všimneme

estetického hlediska, ale jsou zde i jiné, a to prospěšné aspekty těchto výsadeb (Bartoš & Martínek 2018).

První hledisko je podpora biodiverzity. Stejně jako kvetoucí pásy v zemědělství také tato výsadba přispívá k přirozeným přírodním procesům. Přínosy záhonů a atraktivity jednotlivých rostlin pro různé skupiny bezobratlých živočichů publikovali Kircher a Messer (2001). Jsou ovlivňovány několika faktory, jako jsou velikost dané plochy, návaznost na okolí, atraktivita rostlin z hlediska potravního, použité druhy a mnoho dalších. Umístění záhonu v návaznosti na další vegetaci v systému zeleně má veliký potenciál pro podporu a rozvoj mnoha živočichů (Bartoš & Martínek 2018; Owen 2010). Za základní faktor příznivý pro rozvoj organismů lze považovat extenzivní údržbu. Při menším množství rušivých zásahů údržby se nenarušuje vývoj mnoha organismů jako při intenzivních údržbách. Výhodou pro hmyz je i ponechání biomasy přes zimu, tam najde mnoho druhů místo pro přezimování. Další příznivý faktor představuje široká a stabilní potravní nabídka pro organismy. Sestavení záhonů je takové, aby po celý rok něco kvetlo, to slouží hlavně jako zdroj nektaru (Goody 1993). Stabilita prostředí je oproti jiným květinovým výsadbám (např. letničkovým) dlouhodobá a poskytující tak stabilnější a trvalejší zázemí pro více generací živočichů (Bartoš & Martínek 2018).

Záhony podporují hospodaření s vodou (Haken & Kvítek 1998). Jsou zakládány buď na stávajících zelených plochách nebo na dřívě zpevněných plochách, například kde dřívě byl široký chodník, je dnes chodník zúžen a na zbytku je vytvořen smíšený trvalkový záhon. U takto vytvářených záhonů je nutná dostatečná drenáž, tím se nám dešťové srážky dostávají hlouběji do půdy a nestékají pouze po zpevněné ploše do kanalizace. V neposlední řadě stejně jako dřeviny mohou i záhony ve městech snižovat prašnost.

S těmito výsadbami se ve městech setkáváme čím dál častěji a můžeme doufat, že to tak bude i nadále. Je zcela zřejmé, že i smíšené trvalkové výsadby pomáhají k přirozené biodiverzitě a neslouží pouze jako zkrášlující prvek, ale mají i své důležité funkce. Zároveň přispívají i ke zlepšení prostředí ve městech. Laická veřejnost už začala přijímat i více přírodní vzhled oproti přísně pravidelným a často udržovaným záhonům (Bartoš & Martínek 2018). I z těchto důvodů je jasné, že tyto výsadby začínají mít ve městech své místo.



Obr. č. 3 Trvalková výsadba ve městě v jarním období

Zdroj: <https://www.vzmb.cz>



Obr. č. 4 Trvalková výsadba ve městě v podzimním období

Zdroj: <https://www.vzmb.cz>

3.2 Parazitoid

Parazitoid je živočich, který se vyvíjí na hostiteli, nebo uvnitř hostitele. Přijímá z něj potravu a usmrcuje ho. Dospělé samičky volně žijících parazitoidů kladou vajíčka na mnoho hostitelů, nebo do nich, to znamená, že mohou být odpovědné za smrt více jedinců. Obecně se larvy parazitoidů živí během svého vývoje na různých vývojových stádiích členovců, či dokonce na některých zástupcích hlístů (Gauthier et al. 2000). Během vývoje zabije larva parazitoida svého hostitele. Nejvíce bývají parazitoidi zaměňováni s parazity. Parazit částečně využívá ve svůj prospěch hostitelský organismus s tím rozdílem, že hostitele většinou neusmrcuje. Parazit potřebuje pouze jednoho hostitele nebo jeho část k dokončení pohlavní zralosti (Huffaker et al. 1999). Parazitismus je druh symbiózy, kdy jeden druh nepříznivě ovlivňuje druhý, nechává hostitele žít a dočasně, nebo stále na něm cizopasí. Parazitoidi mohou svou schopností regulovat škůdce na populační hustotu pod práh ekonomického poškození (Godfray et al. 1995). Dali by se využívat jako regulátor populace škůdců (Salvo & Valladares 2007).

3.2.1 Parazitoidi *sensu lato*

Životní strategie parazitoidů patří k nejčastějšímu (10 %) způsobu života mezi živočichy (Godfray 1994). Za parazitoidy se většinou uvádí pouze zástupci hmyzu, ale i jiné skupiny mají podobnou biologii (např. hlístice či viry) (Eggleton & Gaston 1990). Kuris (1974) uvádí, že mezi parazitoidy by měli patřit i kastrátoři, ti vykastrováním hostiteli přivodí reprodukční smrt a znemožní přenos genetické informace do dalších generací. Parazitoidi si vyhledávají kořist u zástupců kmene členovců (Arthropoda) a výjimečně také hlístů (Bolton & Gauld 1996). Většina dosud popsaných druhů parazitoidů patří do řádu blanokřídlých (Hymenoptera) (Godfray 1994). Kromě blanokřídlých jsou parazitoidi i z řádu dvoukřídlých (Diptera), brouků (Coleoptera), motýlů (Lepidoptera), síťokřídlých (Neuroptera) a máme i jednoho zástupce z řádu chrostíků (Trichoptera) (Godfray 1994).

3.2.1.1 Evoluce parazitoidů

U hmyzu došlo několikrát nezávisle ke vzniku parazitismu (Eggleton & Belshaw 1992; Whitfield 1998). Parazitoidní způsob života v rámci řádu blanokřídlých (Hymenoptera) vznikl nejspíše pouze jednou, a to z mycetofágie. Mezi blanokřídlými a xylofágními brouky docházelo ke kompetici o potravu a následnému zabití brouků, nebo jejich larev (Huffaker et al. 1999). To

vedlo k postupné změně potravní strategie larev, které začaly požírat mrtvá těla brouků a využívat je jako hostitele. Blanokřídlé parazitoidy najdeme v monofyletické skupině Apocrita a také v sesterské čeledi Orussidae (Eggleton & Belshaw 1992; Quicke 1997). U dvoukřídlých (Diptera) se parazitoidní způsob života měnil nezávisle na sobě nejspíš až 21krát. Eggleton a Belshaw (1992) uvádějí dva způsoby, a to první ze saprofágie, kdy se změnila potravní specializace z uhynulého organismu na organismus umírající, a druhý z predace snížením počtu kořisti až na jednu. U brouků (Coleoptera) došlo k evoluci parazitoidů pravděpodobně celkem 14krát z mycetofágie, saprofágie a predace (Huffaker et al. 1999).

3.2.1.2 Životní strategie

Parazitoidi obecně mohou být klasifikováni jako idiobionti, ti paralyzují hostitele při kladení vajíček, což pro hostitele znamená konec vývoje. Dále jsou klasifikováni jako koinobionti, kteří hostitele paralyzují dočasně a umožní mu pokračovat ve vlastním vývoji až do té doby, než se plně vyvine larva parazitoida (Askew & Shaw 1986). Mezi idiobionty převládají většinou ektoparazitoidi, napadající pouze hostitele, kteří jsou dostatečně velcí k tomu, aby zajistili úplný vývoj jejich larev. Koinobionti jsou obvykle endoparazitoidi. Jejich larvy zůstávají nehybné v hemolymfě hostitele během celého období hostitelova růstu. Larva parazitoida odolává, nebo se vyhýbá buněčné imunitní odpovědi vyvolané hostitelem. Svým životním stylem jsou koinobionti více specializovaní (Rott & Godfray 2000). Mezi hlavní představitele koinobiontů řadíme lumky a lumčíky (Hymenoptera: Ichneumonidae a Braconidae), kteří parazitují na housenkách. Idiobiont na rozdíl od koinobionta pomocí žihadla s jedem hostitele trvale omráčí (zamezí dalšímu vývoji), nebo ihned zabije a nadále využívá jeho torzo. Mnoho idiobiontů napadá hmyz, který žije skrytě, např. minující či hálkotvorný hmyz (Jervis 2005). Často jsou též napadána stadia externě žijících hostitelů, která nejsou schopná pohybu, a to vajíčka, nebo kukly (Askew & Shaw 1986). Většina druhů obou typů parazitoidů se kuklí uvnitř hostitele (Rott & Godfray 2000).

Uvést si můžeme typického ektoparazitoida drobnou kutilku žirafika páskovaného (*Ampulex fasciata*). Vyznačuje se černým štíhlým tělem a nápadně prodlouženou předohrudí. Vyskytuje se ve starých stromech, zejména dubech. Samička loví drobné šváby (např. lesní druhy rodu *Ectobius* spp.), které omámí vpichem žihadla. Švába pak dovleče za tykadlo do štěrbin nebo díry ve dřevě, kde na něj naklade vajíčko. Larva se živí hemolymfou, kterou saje nejprve z povrchových ran, později přední částí těla pronikne do hostitele. Po několika dnech ho usmrtí a zakuklí se.

3.2.1.3 Interakce parazitoid–hostitel

Parazitoid musí objevit endofytického hostitele v jeho mikrohabitatu, to je důležité pro uskutečnění interakce parazitoid–hostitel (Djemai et al. 2004). Endofytičtí hostitelé žijí skryti v substrátu či v mině na listech (Meyhöfer & Casas 1999). Nalezení hostitele je tak pro parazitoida velmi důležitým úkolem a má hlavní vliv na jeho fitness (Djemai et al. 2004).

Parazitoidi larev nebo dospělců musejí překonávat obranné mechanismy, ať už behaviorální, mechanické nebo imunitní (Carton & Napi 2001; Feener 2000; Vinson & Iwantsch 1980; Trail 1980). U obrany vajíček jsou známy příklady rodičovské péče či způsoby kladení vajíček rodičem tak, aby byla znemožněna jejich parazitace (Gross 1993; Hilker 1994; Kudo & Ishibashi 1996).

3.2.2 Využití parazitoidů v programech biologické ochrany rostlin

Biologickou ochranou se myslí použití prospěšných organismů k omezení populace určitých škodlivých živočichů, patogenů nebo rostlin. Založena je na principu přirozeného antagonismu organismů. V biologické ochraně je možno využít mnoho organismů, a to od virů až po obratlovce (Kazda et al. 2007).

Mezi první moderní pokusy o biologickou ochranu lze zařadit výzkumy z 19. století, avšak větší rozvoj nastal až na konci 20. století. Přispěly k tomu nátlaky na alternativu chemické ochrany především z ekologického zemědělství (Driesche et al. 2008). Biologická ochrana se využívá především v sadech, na vinicích či při pěstování zeleniny.

Kazda et al. (2007) píší ve své publikaci o rozdělení způsobu využití biologické ochrany. První ze způsobů je podpora a udržování přirozeně se vyskytujících užitečných organismů. Další skupinou je introdukce nových užitečných organismů a poslední představuje umělé masové namnožení a vysazení užitečných organismů.

V době, kdy nám škůdci škodí na rostlinách, mají tito i přirození nepřátelé dostatek potravy. Je ale potřeba zajistit potravu přirozeným nepřítelům i mimo toto období (Driesche et al. 2008). V přirozených podmínkách, kdy nám v pestrých společenstvech roste nespočet druhů rostlin, není příliš velký problém najít potravu celoročně dostupnou pro larvy a dospělé užitečných druhů. Pro dravé roztoče nebo i některé druhy hmyzu, například sluněčka, je potrava dospělců stejná – mšice (Kazda et al. 2007). Avšak dospělci se většinou živí nektarem z květů a larvy jsou dravé. V umělých monokulturách nemají možnost najít dostatek potravy během celého roku, proto se těmito lokalitám vyhýbají. V těchto oblastech se snažíme vytvořit přírodní

partie, kvetoucí pásy s dostatkem potravy pro užitečné organismy po celý rok. Tato část je popsána jako podpora a udržování užitečných organismů.

Introdukce nových užitečných organismů se využívá v oblastech, kde se rozšířili noví významní škůdci. Zpravidla se toto využívá tam, kde se nevyskytují žádní přirození nepřátelé a hrozí kalamitní škody (Driesche et al. 2008). V tomto případě je na místě vytipovat vhodné organismy a pokusit se je introdukovat. Tento proces je značně složitý a musí být pečlivě zvážen, aby nový druh negativně neovlivňoval původní flóru a faunu. Kazda et al. (2007) uvádějí, že je ve světě zaznamenáno mnoho úspěšných introdukcí, ale i mnoho neúspěšných.

Metodu umělého masového namnožení a vysazení užitečných organismů lze zařadit v současnosti k nejrozšířenějším a stále se rozvíjejícím. Při potřebě je možné si vybrat u specializovaných prodejců vhodné antagonisty neboli bioagens proti celé řadě škodlivých organismů. Kazda et al. (2007) naznačují způsob vzdáleně připomínající ochranu pomocí chemických přípravků, ale toto je mnohem náročnější na znalosti pěstitele a dodržení určitých podmínek. Po vysazení užitečných organismů není zpravidla ihned pozorovatelná změna, ta přichází s odstupem několika týdnů, kdy vzniká biologická rovnováha (Primack et al. 2001; Driesche et al. 2008). Při správném použití nám biologická ochrana na rozdíl od chemické ochrany zaručuje dlouhodobou ochranu proti přesně specifikovanému škůdci či patogenu. V našich podmínkách České republiky a okolních států se tyto metody nejvíce využívají v krytých prostorách. Biologickými metodami je možné regulovat škůdce i ve venkovních podmínkách, hlavně v ovocných sadech a vinicích, kde si můžeme uvést příklad dravého roztoče *Trypodytes pyri* (Driesche et al. 2008).

Základ pro úspěšné využití biologické ochrany je přesné určení organismu, který nám poškozuje rostliny, a také vhodný výběr biologického agens. Účinky bývají zpravidla specifické, proto se používá několik prostředků proti různým škůdcům současně. Důležitým faktorem je včasné použití bioagens na základě pečlivé signalizace výskytu nebo zkušeností v předchozím období.

V biologické ochraně proti hmyzu a roztočům je možno vybrat predátory nebo parazitoidy. Vývoj larvy parazitoida probíhá v živém těle škůdce, na konci svého vývoje larvu usmrtí, tímto se liší od parazitů, kteří se živí na úkor jiného organismu, ale ve většině případů ho neusmrcují (Primack et al. 2001). Proto se parazité v biologické ochraně příliš nepoužívají. Jako příklad predátora lze uvést dravého roztoče *Phytoseilus persimilis*, který je hojně využíván u krytých kultur proti svluškám (*Tetranychus* sp.), dále drobná vosička *Encarsia formosa* je významným parazitoidem pupárií molice skleníkové (*Trialeurodes vaporariorum*). V polních podmínkách lze použít u kukuřice parazitickou vosičku *Trichogramma* sp., která parazituje

vajíčka zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*). Do biologické ochrany také řadíme použití entomofágních hub (*Verticillium*) napadajících všechna vývojová stadia živočišných škůdců, v běžném použití se ale moc neosvědčily a spíše se nevyužívají, dále také použití hád'átek (*Tylenchida*), například využití specifických druhů hlístic proti plžům (Driesche et al. 2008).

3.3 Druhy použité v experimentech diplomové práce

3.3.1 Živné rostliny

Pro výživu parazitické vosičky v experimentu diplomové práce byl použit nektar a pyl z rostlin hořčice sp. (*Sinapis* sp.) a pohanky sp. (*Fagopyrum* sp.).

3.3.1.1 *Sinapis* sp. (Linnaeus 1753)

Málo početný rod převážně jednoletých bylin z čeledě *Brassicaceae*. Tyto rostliny mají olejnatá semena ostré chuti. Pochází většinou ze severní Afriky, Asie a Evropy a už před staletími se používaly hlavně jako užitkové rostliny. Rostliny rodu hořčice rostou v důsledku úmyslného rozšíření téměř po celém světě. U nás se můžeme setkat se *S. alba*, *S. arvensis* a *S. dissecta* (Mikšík et al. 2007).



Obr. č. 5 *Sinapis* sp.

Zdroj: <http://herb-education.eu>

3.3.1.2 *Fagopyrum* sp. (Miller 1754)

Tento rod patří do čeledě *Polygonaceae*. Zahrnuje některé důležité živné rostliny, například *F. esculentum* (pohanka obecná) a *F. tataricum* (pohanka tatarská). Dohromady obsahuje 15–16 druhů rostlin. Rod pochází z indického subkontinentu, velké části Indočíny a střední a jihovýchodní Číny. Druhy byly zavlečeny na většinu kontinentů celé severní polokoule, dále v části Afriky a Jižní Ameriky (Janovská et al. 2008).



Obr. č. 6 *Fagopyrum* sp.

Zdroj: <https://ukrbn.com>

3.3.2 Škůdce – *Oulema* komplex

Kohoutky řadíme do třídy hmyzu (Insecta), řádu brouci (Coleoptera) a do čeledě mandelinkovitých (Chrysomelidae). V této práci se setkáváme s dvěma druhy kohoutka, a to kohoutek černý (*Oulema melanopus*) a kohoutek (*Oulema duftschmidi*).

3.3.2.1 Kohoutek černý – *Oulema melanopus* (Linnaeus 1758)

Imágo je 4-5 mm velké. Hlava, tykadla a chodidla jsou černé, štít a ostatní části končetin jsou červenooranžové, krovky tmavě modré nebo se zeleným nádechem a kovovým leskem. Vajíčko je veliké 1 mm, žlutavé, krátké a na obou koncích zaokrouhlené. Charakteristická larva se vyznačuje pokryvem z černého slizu a výkalů. Tělo je měkké, krátké, zavalité kyjovitého tvaru a na zádové straně velmi vyklenuté.

V půdě přezimuje ve fázi dospělce. Na jaře začínají nalétávat na všechny druhy obilnin, a to i na delší vzdálenosti. Živí se listy, vyhryzává drobné úzké proužky mezi žilkami. Po skončení žíru dospělců, oplodněné samičky, kladou vajíčka na povrch listů jednotlivě nebo ve skupinách do řady podél hlavní žilky (Gair et al. 1991). Při silném výskytu se na jednom listě může objevit až 50 kusů vajíček. Samička je schopna naklást 150–200 vajíček. Líhnutí larev přichází po 7–9 dnech a živí se podobně jako imága. Rozdílem je, že larvy vyžirají širší a delší rýhy, přičemž spodní pokožka listu zůstává neporušená. Larvy se vyvinou po 14 dnech, kdy shodí slizový povlak z těla, přelezou do půdy a zakuklí se. Asi po 30 dnech se vylíhne dospělý plně vyvinutý brouk, zůstane v půdě a přezimuje nebo koncem léta vyleze z půdy a škodí například na kukuřici. Do roka má pouze jednu generaci (Anderson & Paschke 1968; Dysart et al. 1973; Wellso & Hoxie 1988).

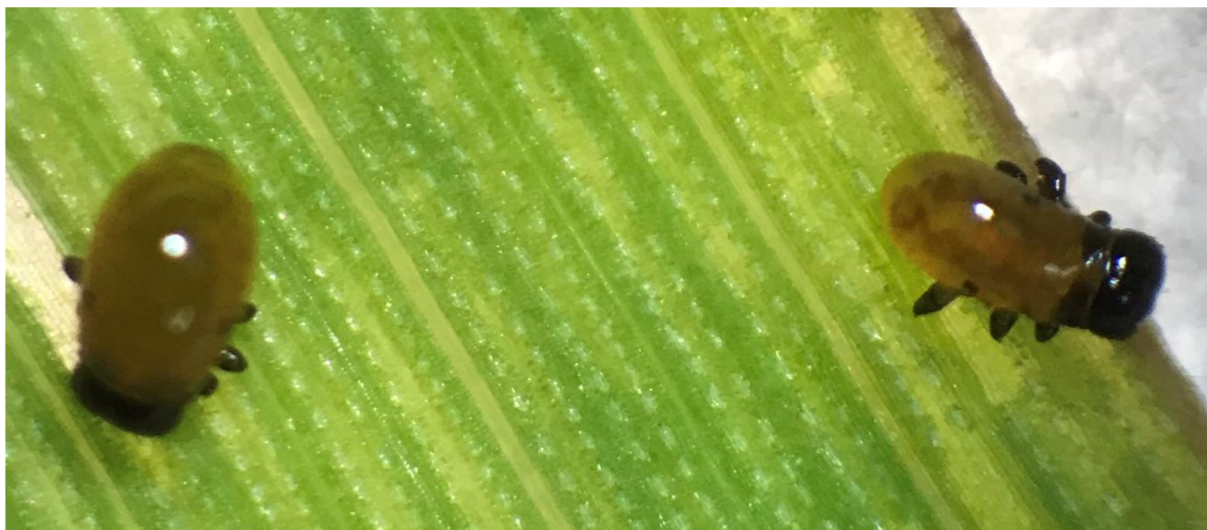
Příznaky se projevují na listech ve formě podélných požerků na listech mezi žilkami. Spodní pokožka listu zůstává neporušená. Také lze pozorovat požer larev, kteří se podobají malinkatým slimákům. Kohoutek černý napadá všechny druhy obilnin, nejvíce však škodí u ječmene setého a ova setého (Cagáň et al. 2010). Jeho rozšíření je po celé Evropě. V některých letech může být jejich žír velmi intenzivní, při kterém dochází ke snižování asimilační plochy a tím k narušení biologických procesů. V kalamitních letech může dojít ke snížení výnosu o 25 % až 50 %.

Chemická ochrana proti kohoutkům se doporučuje, když počet imág dosáhne 8 kusů a více na metr čtvereční. Další opatření se provádí na začátku líhnutí vajec, a to v průměru 0,6 a více kusů vajíček na jedno stéblo (Gair et al. 1991).

3.3.2.2 Kohoutek – *Oulema duftschmidi* (Redtenbacher 1874)

Tento druh je rozšířen od Evropy přes Střední Asii po severozápadní Čínu. S ohledem na častou záměnu s výše uvedeným kohoutkem je na některých místech potřeba výskyt překontrolovat.

Biologie je v podstatě stejná jako u *O. melanopus*. Dospělci se vyskytují celoročně a jsou aktivní od časného jara do velmi pozdního podzimu. Přezimují mezi rostlinnými zbytky, v půdě či pod kůrou. Hostitelské rostliny zahrnují řadu divokých i kulturních trav (Gair et al. 1991). Páření nastává na jaře, krátce poté začíná období krmení a kladení vajíček. Larvy se pokrývají vrstvou exkrementů a rostlinných zbytků a živí se horní vrstvou listů, kde vytvářejí dlouhé a úzké průsvitné požerky na listech. Rychle se vyvíjejí a vstupují do půdy, kde se zakuklí. Na začátku léta se vyskytuje nová generace dospělců (Cagaň et al. 2010).



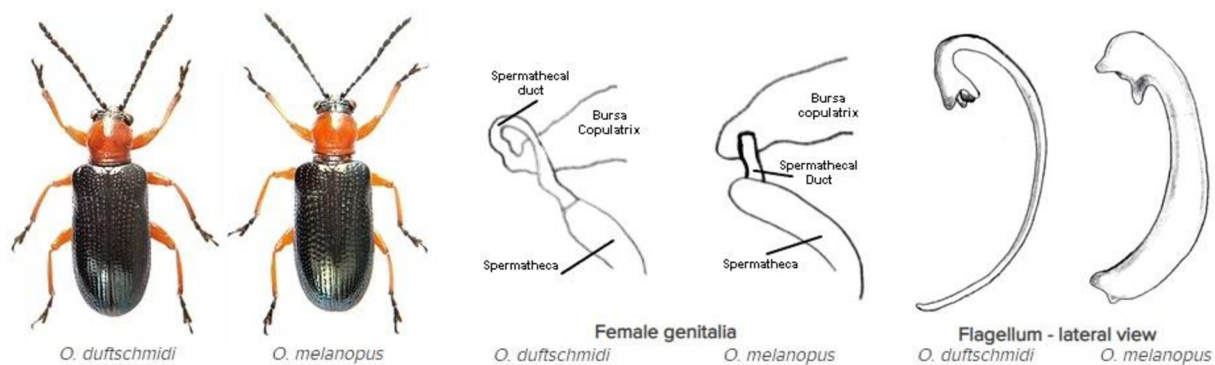
Obr. č. 7 Líhnutí *Oulema* sp.

Autor: Jan Voženílek

3.3.2.3 Rozdílnost *O. melanopus* a *O. duftschmidi*

Obecně lze říci, že většina vzorků bude muset být vypreparována. Prohlédnout se musí genitálie, aby byla identifikace druhu jistá. Břícho by mělo být vyjmuto a namočeno v KOH (nebo NaOH), dokud nebude měkké a nabobtnalé, poté se otevře bočním řezem a položí naplocho na podložní skličko. Mezi tmavou tukovou tkání bude samčí struktura zřejmá a může být odstraněna ze sklička (Gair et al. 1991). Může být přidáno více roztoku a malým otočením tkáně se odstraní hmota tukové tkáně. U samic se musí toto provádět velmi opatrně, protože zkoumané struktury jsou malé a jemné (Cagaň et al. 2010). Poté se otevře střední lalok a odhalí endofalus, který je diagnostickým znakem. Dlouhý a štíhlý má *O. melanopus*, tlustý a zkrácený

O. duftschmidi. Samice jsou choulostivější, spermatéka je dobře sklerotizovaná a bude vidět jako první, jakmile ji najdeme, identifikujeme spermatékální vývod a bursa kopulatrix. Forma a připojení spermathekálního vývodu je diagnostickým znakem u *O. melanopus*, je krátká a připojená laterálně před apexem spermatheca a bursa copulatrix, u *O. duftschmidi* je dlouhá a zakřivená a připojená k vrcholu obou struktur.



Obr. č. 8 Rozdílná morfologie druhů *Oulema*

Zdroj: <https://www.ukbeetles.co.uk/oulema-duftschmidi>

3.3.3 Parazitoid – *Anaphes flavipes* (Förster 1841)

Tato parazitická vosička patří mezi vaječné parazitoidy. Anderson & Paschke (1970) uvádějí, že velikost vajíčka *A. flavipes* je $178 \times 39 \mu\text{m}$ veliké, podlouhlé se stopkou na předním konci. V teplotách okolo 20°C se cca po 20 hodinách vytváří ve vajíčku pohyblivá larva. Dále se okolo pátého dne objevuje nehybná prepupa, následuje kukla a 10. den je vidět dospělec (Maltby et al. 1973). Líhnutí mu trvá okolo jedné hodiny, po necelé hodině od vylíhnutí může dojít ke spáření a za další dvě hodiny je samice schopna klást vajíčka. Během svého života může naklást až 20 vajíček. *A. flavipes* je známá partenogeneze, kdy nespářené samičky kladou pouze neoplozená samčí vajíčka a spářené vosičky kladou jak oplozená, tak neoplozená vajíčka v poměru pohlaví 3 : 1. Délka života se pohybuje okolo 4 až 5 dnů. Během jednoho roku má vosička dvě a více generací (Anderson & Paschke 1968; Dysart et al. 1973).

Parazitická vosička se specializuje na hostitele z mandelinkovitých brouků (Coleoptera: Chrysomelidae), v mírném pásmu parazituje zástupce rodu *Oulema* (*O. gallaeciana*, *O. melanopus*) a vzácně se vyskytuje na zástupci rodu *Lema* (*L. cyanela*, *L. trilineata*) (Anderson & Paschke 1968; Löbl & Smetana 2010). Travniny a obiloviny jsou pro tyto brouky živnými rostlinami (Dysart et al. 1973). *A. flavipes* i zástupci rodu *Oulema* se vyskytují ve stejném čase (duben až červen) hlavně v monokulturách obilnin, zde nejsou limitováni skoro žádnými zdroji. Brouci rodu *Oulema* mají pouze jednu generaci za rok, ale samička může naklást na spodní, nebo horní stranu listů rostlin až 150 vajíček. Rozšíření hostitelského spektra

A. flavipes uvádí autoři Maltby et al. (1973). Ti tvrdí, že kromě vajíček brouků rodu *Lema* a *Oulema* je vosička v laboratorních podmínkách schopna dokončit svůj vývoj i v hostitelských vajíčkách nosatce *Hypera punctata* (Scopoli 1763) a chřestovníčka *Crioceris duodecimpunctata* (Linnaeus 1758).

Jak již bylo zmíněno v kapitole o vztahu mezi parazitoidy a hostiteli, tak i zde zmíníme možné obranné mechanismy hostitele. U hostitelů rodu *Oulema* sp. píše autoři Anderson & Paschke (1968) možnost obrany hostitele jako krátkou dobu parazitace hostitelských vajíček od jejich naklazení, z důvodu, že uvnitř hostitelského vajíčka po 72 h (při 21 °C) začíná vznikat larva brouka se sklerotizovanými kusadly, jimiž by mohl poškodit vajíčko vosičky. Z tohoto důvodu musí vosička *A. flavipes* přizpůsobit svůj životní cyklus svým hostitelům.



Obr. č. 9 Samička *A. flavipes* při parazitaci hostitelského vajíčka rodu *Oulema* Autor: Jan Voženílek

4 Metodika

V lokalitě okolí Prahy–Suchdol v obilném poli s pšenicí byly pomocí individuálního sběru parazitovaných hostitelských vajíček (*Oulema* sp.) získány parazitické vosičky *Anaphes flavipes*. Vosičky byly nachovány na hostitelích (*O. melanopus* a *O. duftschmidi*) získaných na stejných lokalitách (tj. Praha–Suchdol) pomocí individuálního sběru a smýkání.

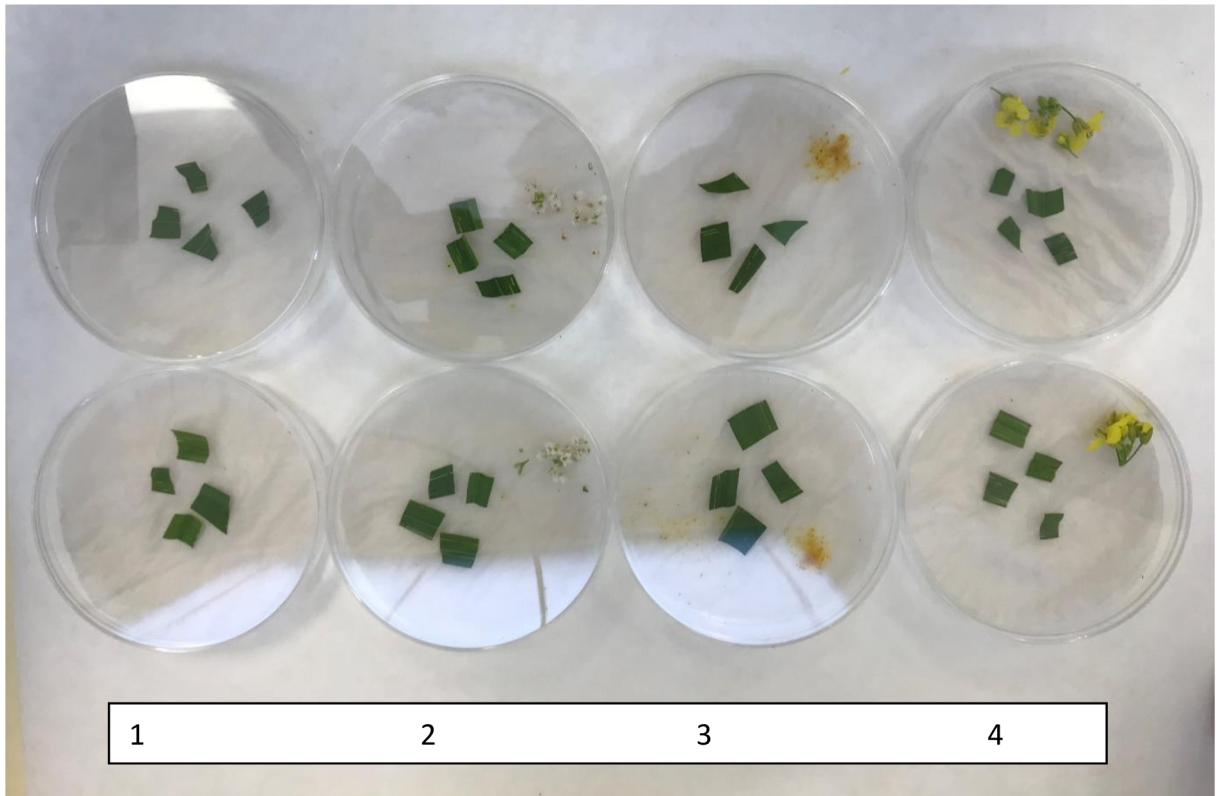
Živné rostliny byly vypěstovány ze semene (Semo; směs pro čmeláky; šarže 9946). Vyseté byly do substrátu – Profi-substrat. Pěstovány byly ve skleníkách ČZU, které patří katedře ochrany rostlin.

Následné populace vosiček (F2 a F3 generace), udržovaných ve stálých laboratorních podmínkách, byly použity v experimentech. Každá samice parazitické vosičky byla umístěna samostatně v Petriho misce (průměr 9 cm), k dispozici měla 4 hostitele přidávané po 24 hodinách po dobu 4 dní. Petriho misky byly rozděleny do 4 skupin v závislosti na potravě: 1) živná rostlina – hořčice (n = 15); 2) živná rostlina – pohanka (n = 15); 3) pyl a med (n = 15) a 4) kontrola bez potravy (n = 15).

Po ukončení experimentu byly všechny mateřské parazitické vosičky a parazitovaná hostitelská vajíčka uloženy samostatně do 1,5 ml mikrozkuřavek typu Ependorf. Pro každou mateřskou samici bylo u každého parazitovaného hostitelského vajíčka zaznamenán počet potomků vyvíjejících se uvnitř hostitelského vajíčka, poměr jejich pohlaví a celkový počet potomků od konkrétní samice. Pomocí programu R 3. 6. 3. (R Core Team 2020) byl statisticky vyhodnocen dopad příjmu potravy v podobě živných rostlin na plodnost mateřských samic v F1 generaci. U každé ze čtyř skupin bylo náhodně vybráno 15 potomků parazitických vosiček, kteří byli v parazitovaném vajíčku, po 2 vosičkách, a to samé po 3 vosičkách (celkem 120). U těchto jedinců bylo odpreparováno jejich přední křídlo a pomocí dočasných mikroskopických preparátů z hřebíčkového oleje byla změřena velikost jejich těla (Hirox typ RH – 2000), která je založena na délce předního křídla (Samková et al. 2017). Z velikosti těla potomků v F1 generaci byla pomocí mezigeneračního přístupu navrženého v práci Samková et al. (2022), stanovena jejich plodnost v F2 generaci.

Modelové druhy:

- 1) parazitoid: *Anaphes flavipes* (Hymenoptera: Mymaridae)
- 2) škůdce: kohoutek spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) (komplex druhů *Oulema melanopus* a *Oulema duftschmidi*)
- 3) živné rostliny: 1) hořčice sp. (*Sinapis* sp.; *Brassicaceae*) a 2) pohanka sp. (*Fagopyrum* sp.; *Polygonaceae*)



Obr. č. 10 Experimentální skupiny: 1 – kontrola, 2 – pohanka, 3 – med a pyl, 4 – hořčice

Autor: Jan Voženílek



Obr. č. 11 Samičky *A. flavipes* parazitující vajíčka *Oulema* komplex

Autor: Jan Voženílek

5 Výsledky

5.1 Počet potomků od jedné samice

Počtem potomků od jedné samice je myšlen počet všech potomků nakladených jednou samicí v jedné Petriho misce. V každé Petriho misce bylo po jedné samici *A. flavipes*, která měla k dispozici 16 hostitelských vajíček ($n = 60$). Počet potomků byl statisticky průkazně vyšší mezi skupinou vosiček, které byly krmeny *hořčicí* nebo *pohankou* ve srovnání s *kontrolní* nekrmenou skupinou ($p < 0,001$) nebo se skupinou krmenou *medem a pylem* ($p = 0,027$; $p = 0,007$). Oproti tomu počet potomků nebyl statisticky odlišný mezi skupinou vosiček krmených *medem a pylem* a *kontrolní* nekrmenou skupinou ($p = 0,084$). Stejně tak se statisticky nelišil ani počet potomků mezi skupinami vosiček krmených *pohankou* versus *hořčicí* ($p = 0,611$) (viz tab. č. 1). Nejvyšší počet potomků bylo vysledován u samic krmených *Fagopyrum* sp. (pohanka), kde na jednu Petriho misku připadá průměrně 24 potomků. Nejméně potomků bylo 16 v jedné Petriho misce a nejvíce 33 potomků. U samic krmených *Sinapis* sp. (hořčice) byl průměrný počet potomků 23, nejvyšší počet potomků byl 33 a nejmenší 17. Samice, kterým byl podáván *pyl a med*, měly průměrný počet potomků 19, nejméně bylo 9 potomků a nejvíce 28 potomků. U *kontrolní* skupiny byl průměrný počet potomků 15, nejméně potomků bylo 7 a nejvíce 26 (viz tab. č. 2). Plodnost samic *A. flavipes* se oproti *kontrole* zvětšila u *medu a pylu* o 26 %, s podáním *hořčice* o 53 % a s *pohankou* o 60 %.

Tabulka č. 1 Statistické vyhodnocení počtu potomků na Petriho misku (p-hodnoty)

Autor: Jan Voženílek

	Hořčice	Kontrola	Med a Pyl
Kontrola	<0,001		
Med a Pyl	0,027	0,084	
Pohanka	0,611	<0,001	0,007

Tabulka č. 2 Počet potomků

Autor: Jan Voženílek

	Průměr	Min.	Max.	Celkem
Kontrola	15	7	29	231
Med a pyl	19	9	28	286
Hořčice	23	17	33	357
Pohanka	24	16	33	373

5.2 Počet parazitovaných hostitelských vajíček

V každé Petriho misce bylo 16 hostitelských vajíček a jedna samice *A. flavipes*, která je parazitovala. Počet parazitovaných vajíček byl statisticky průkazně vyšší mezi skupinou vosiček, které byly krmeny *hořčicí* ($p = 0,002$) nebo *pohankou* ($p < 0,001$) ve srovnání s *kontrolní* nekrmenou skupinou. Mezi skupinou krmenou *medem a pylem a pohankou* byl statisticky průkazný rozdíl ($p = 0,002$). Oproti tomu počet parazitovaných hostitelských vajíček nebyl statisticky odlišný mezi skupinou vosiček krmených *medem a pylem a kontrolní* nekrmenou skupinou ($p = 0,108$) nebo se skupinou krmenou *hořčicí* ($p = 0,052$). Stejně tak se statisticky nelišil ani počet parazitovaných hostitelských vajíček mezi skupinami vosiček krmenými *pohankou* versus *hořčicí* ($p = 0,115$) (viz tab. č. 3). Nejvyšší počet parazitovaných vajíček byl výsledován u samic krmených *pohankou*, kde na jednu Petriho misku připadá průměrně 11 parazitovaných vajíček. Nejméně parazitovaných vajíček bylo 7 a nejvyšší počet parazitovaných hostitelských vajíček byl 15. U samic krmených *hořčicí* byl průměrný počet parazitovaných hostitelských vajíček 10, nejvyšší počet 13 a nejmenší 8. U samic, kterým byl podáván *pyl a med* byl, průměrný počet parazitovaných hostitelských vajíček 9, nejméně byla 4 a nejvíce jich bylo 13. U *kontrolní* skupiny byl průměrný počet parazitovaných vajíček 7, nejmenší počet byl 4 a největší 12 vajíček (viz tab. č. 4). Z celkového počtu 960 vajíček bylo parazitováno 573 hostitelských vajíček. Parazitovatelnost samic *A. flavipes* se oproti *kontrolě* zvětšila u *medu a pylu* o 28 %, s podáním *hořčice* o 42 % a s *pohankou* o 57 %.

Tabulka č. 3 Statistické vyhodnocení počtu parazitovaných hostitelských vajíček (p-hodnoty)

Autor: Jan Voženílek

	Hořčice	Kontrola	Med a Pyl
Kontrola	0,002		
Med a Pyl	0,052	0,108	
Pohanka	0,115	<0,001	0,002

Tabulka č. 4 Počet parazitovaných hostitelských vajíček

Autor: Jan Voženílek

	Průměr	Min.	Max.	Celkem
Kontrola	7	4	12	108
Med a pyl	9	4	13	136
Hořčice	10	8	13	157
Pohanka	11	7	15	172

5.3 Počet potomků v jednom hostitelském vajíčku

V jednotlivých hostitelských vajíčkách se vyvíjel odlišný počet potomků parazitické vosičky *A. flavipes* v počtech po 1, 2, 3 nebo 4 potomcích. U počtu potomků vyvíjejících se v jednom hostitelském vajíčku nebyla statisticky průkazná data mezi žádnou ze čtyř hodnocených skupin (viz tab. č. 5). Samice u *kontrolní* skupiny kladla nejvíce po 4 jedincích do jednoho hostitelského vajíčka oproti ostatním skupinám, a to 8krát. Po jednom potomkovi na hostitelské vajíčko nejvíce kladla skupina krmená *pohankou* (33krát) a skupina *kontrolní* (32krát), oproti tomu u *hořčice* pouze 17krát. Samice krmené *pohankou* také nejvíce kladly potomky ve skupině po 2, a to 90krát. S kladením potomků ve skupině po 3 byly nejméně úspěšné samice krmené *hořčicí* (57krát) (viz tab. č. 6). Průměrně kladla samička *A. flavipes* po 2 jedincích do jednoho hostitelského vajíčka.

Tabulka č. 5 Statistické vyhodnocení jedinců vyvíjejících se v jednom hostitelském vajíčku (p-hodnoty) Autor: Jan Voženílek

	Hořčice	Kontrola	Med a Pyl
Kontrola	0,115		
Med a Pyl	0,181	0,761	
Pohanka	0,332	0,465	0,663

Tabulka č. 6 Četnost vyvíjení jedinců v jednom hostitelském vajíčku

Autor: Jan Voženílek

	1 potomek	2 potomci	3 potomci	4 potomci	Celkem
Kontrola	32	42	26	8	108
Med a pyl	23	76	33	4	136
Hořčice	17	81	57	2	157
Pohanka	33	90	44	5	172

5.4 Poměr pohlaví potomků

Poměr pohlaví potomků je zastoupení samic a samců v potomstvu. Zjišťováno bylo, zda krmené samice kladou více samic, či nikoliv. Poměr pohlaví byl statisticky průkazný mezi skupinou vosiček, které byly krmeny *pohankou* ve srovnání se skupinou *medem a pylem* ($p = 0,022$). Mezi ostatními skupinami nebyla statisticky průkazná data (viz tab. č. 7). U *kontrolní* skupiny samice *A. flavipes* nakladly 118 samic, 29 samců a 83 jedinců nebylo určeno. U skupiny krmené *medem a pylem* bylo zjištěno 125 samic, 45 samců a 116 neurčených jedinců. Skupina krmená *hořčicí* měla 164 samic, 36 samců a 158 neurčených jedinců. Samice krmené *pohankou* kladly nejvíce samic, a to 171, 32 samců a 170 neurčených potomků (viz tab. č. 8). Z celkového počtu 1247 potomků bylo rozpoznáno 578 samic, 142 samců a 527 neurčených jedinců.

Tabulka č. 7 Statistické vyhodnocení poměru pohlaví (p-hodnoty)

Autor: Jan Voženílek

	Hořčice	Kontrola	Med a Pyl
Kontrola	0,902		
Med a Pyl	0,196	0,154	
Pohanka	0,5	0,385	0,022

Tabulka č. 8 Počet potomků rozdělených dle pohlaví

Autor: Jan Voženílek

	Samice	Samci	Neurčené	Celkem
Kontrola	118	29	83	230
Med a pyl	125	45	116	286
Hořčice	164	36	158	358
Pohanka	171	32	170	373
Celkem	578	142	527	1247

5.5 Velikost samic potomků

Velikost samic byla měřena u potomků, kteří se v jednom hostitelském vajíčku vyvíjeli po 2 (n = 60) nebo 3 jedincích (n = 60). Velikost samic byla statisticky průkazně větší mezi skupinou vosiček, které byly krmeny *hořčicí* nebo *pohankou* ve srovnání s *kontrolní* nekrmenou skupinou (p < 0,001). Oproti tomu počet potomků nebyl statisticky odlišný mezi skupinou vosiček krmených *pohankou* a skupinou krmenou *medem a pylem* (p = 0,059). Stejně tak se statisticky nelišil ani počet potomků mezi skupinami vosiček krmenými *pohankou* versus *hořčicí* (p = 0,38) (viz tab. č. 9).

Tabulka č. 9 Statistické vyhodnocení velikosti samic vyvíjejících se po 2 a 3 jedincích (p-hodnoty)

Autor: Jan Voženílek

	Hořčice	Kontrola	Med a Pyl
Kontrola	<0,001		
Med a Pyl	0,006	0,007	
Pohanka	0,38	<0,001	0,059

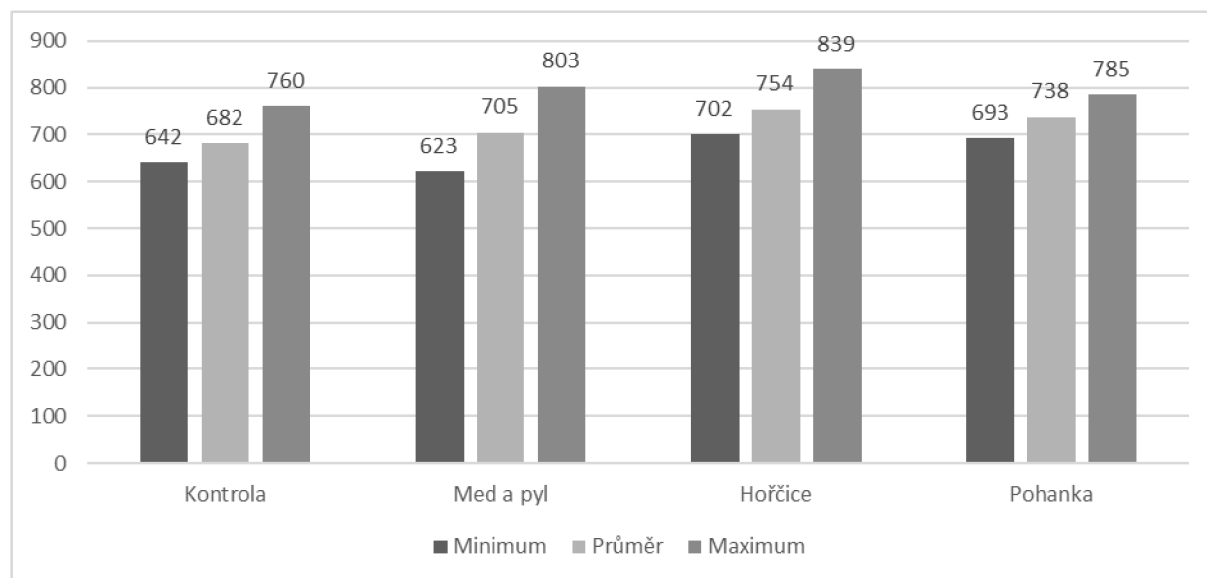
5.5.1 Dva potomci

Velikosti těla samic u dvou vyvíjejících se jedinců v jednom hostitelském vajíčku ($n = 60$) byly následující. Průměrná délka předního křídla odrážející velikost těla vosiček byla 682 μm u kontrolní nekrmené skupiny byla 682 μm . U skupiny krmené *medem a pylem* byla průměrná velikost samice 705 μm . Největší průměrná velikost byla zaznamenána u skupiny krmené *hořčicí*, a to 754 μm . Samice krmené *pohankou* měly potomky průměrně veliké 738 μm (viz tab. č. 10). Výživa *medem a pylem* způsobila zvětšení těla samičího potomstva oproti potomků u *kontroly* o 3 %, u *hořčice* o 10 % a u *pohanky* došlo ke zvětšení těla o 8 %.

Tabulka č. 10 Velikost samic vyvíjejících se v hostitelském vajíčku po dvou jedincích (μm)

Autor: Jan Voženílek

	Průměr	Min.	Max.
Kontrola	682	642	760
Med a pyl	705	623	803
Hořčice	754	702	839
Pohanka	738	693	785



Obrázek č. 12 Velikost potomků samic *A. flavipes* v μm , vyvíjejících se po dvou jedincích

Autor: Jan Voženílek

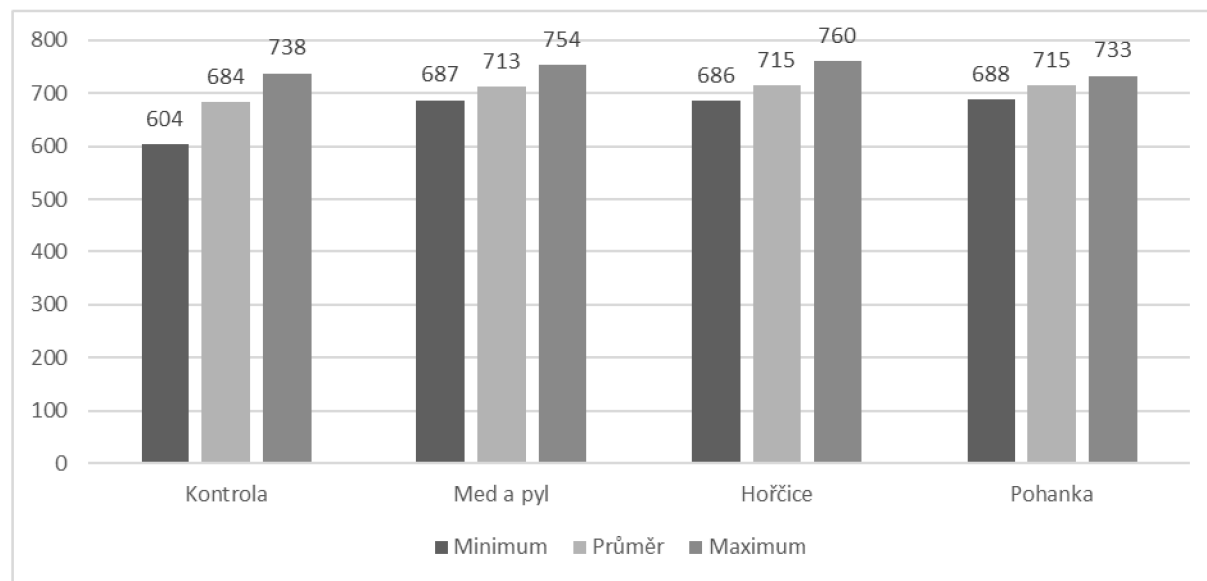
5.5.2 Tři potomci

Velikosti samic u 3 vyvíjejících se jedinců v jednom hostitelském vajíčku ($n = 60$) byly následující. Průměrná velikost u *kontrolní* nekrmené skupiny byla 684 μm . U skupiny krmené *medem a pylem* byla průměrná velikost samice 713 μm . U skupin krmených *hořčicí a pohankou* byla průměrná velikost shodná, a to 715 μm (viz tab. č. 11). Vlivem výživy *medem a pylem* se velikost samic zvýšila o 4 %, vlivem *hořčice a pohanky* šlo o zvětšení o 4,5 %.

Tabulka č. 11 Velikost samic vyvíjejících se v hostitelském vajíčku po 3 jedincích (μm)

Autor: Jan Voženílek

	Průměr	Min.	Max.
Kontrola	684	604	738
Med a pyl	713	687	754
Hořčice	715	686	760
Pohanka	715	688	733

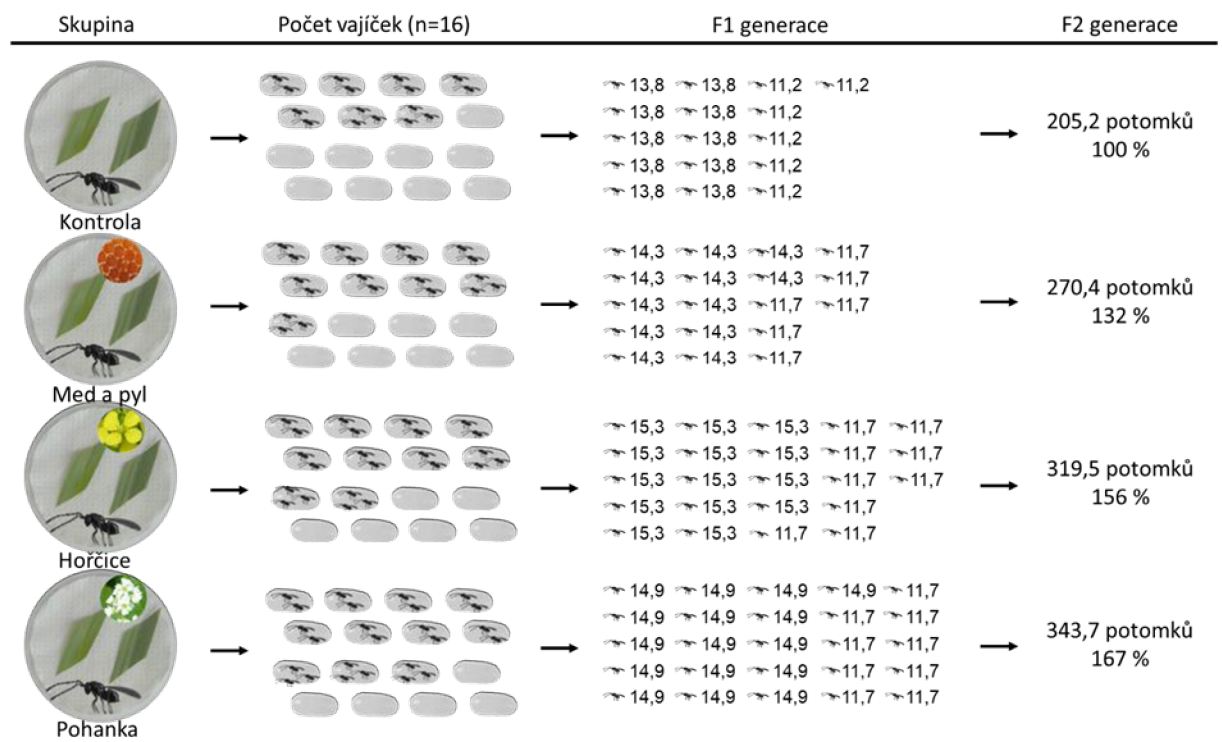


Obr. č. 13 Velikost potomků samic *A. flavipes* v μm , vyvíjejících se po 3 jedincích

Autor: Jan Voženílek

5.6 Ovlivnění plodnosti v F2 generaci

Pomocí mezigeneračního přístupu na základě metodiky Samková et al. (2022) byla vypočítána plodnost potomků v F2 generaci. Zvýšila se plodnost u skupiny vyživované medem a pylem o 32 %. Skupině, které byla podávána výživná rostlina hořčice, se zvýšila plodnost o 56 % a u skupiny krmené pohankou se plodnost F2 generace zvýšila o 67 %. Zvýšení plodnosti krmených samic v F2 generaci bylo způsobeno dvěma faktory, vyšším počtem ale také větší velikostí těla potomků v F1 generaci ve srovnání s kontrolí nekrmenou skupinou.



Obr. č. 14 Ilustrativní obrázek plodnosti v F2 generaci

Zdroj obrázků: google.com Autor: Jan Voženílek

6 Diskuze

Obecně vykazují parazitoidi značné rozdíly ve svých reprodukčních strategiích, na nichž závisí jejich úspěch. Ovlivňuje je mnoho faktorů jako ovigenie, plodnost, délka života, poměr pohlaví, partenogeneze, endo a ekto parazitoidi, polyembryonie. Parazitoidi mohou hrát hlavní roli v udržitelném zemědělství díky své schopnosti regulovat populace škůdců. Jejich ekonomický a environmentální potenciál může být zvýšený o vhodný zdroj výživy (Wäckers 2004), která přímo ovlivňuje jejich délku života (Jervis et al. 1996; Wäckers 2001) a plodnost (Lee & Heimpel 2008; Faria et al. 2008).

U některých mymaridních parazitoidů může být plodnost zvýšena krměním dospělců až o 20 % (Chantarasa-ard et al. 1984; Irvin & Hoddle 2007). Většina mymaridů je ale proovigenní, kdy plodnost není zvýšena nebo jen slabě zvýšena (Jervis et al. 2003). Podle Jervise a kol. (2001) mymaridi vykazují mnoho charakteristických rysů proovigenních druhů, a to malé tělo, krátká životnost a schopnost klást vajíčka ihned po vylíhnutí. Tyto vlastnosti zcela odpovídají *A. flavipes* (Anderson & Paschke 1968; Ellers & Jervis 2003). Bianchi & Wäckers (2008) také píše o kladných výsledcích při krmění parazitoidů v efektivnosti květních pásů.

Z mých výsledků vyplývá, že se plodnost samic *Anaphes flavipes* podáním živných rostlin zvýšila. Výsledky jsou statisticky průkazné mezi skupinami krměnými a nekrmenou kontrolní skupinou. S podáním živné rostliny pohanky se jednalo o 60% zvýšení plodnosti, u skupiny, které byla podávána hořčice, se plodnost zvýšila o 53 %, při krmění medem a pylem o 32 %, to ovšem nebylo statisticky průkazné oproti kontrolní nekrmené skupině. Faktorem, který může ovlivnit plodnost parazitoidů, je hladovějící samice, která čelí kompromisu mezi současnou a budoucí plodností a mezi plodností a přežitím (Burger et al. 2005). Samice, které nejsou schopny najít potravu nebo hostitele, mohou zaujímat dvě strategie. První je resorbovat vajíčka a snížit svou plodnost a tím prodloužit jejich životnost pro nalezení hostitele, nebo druhá strategie je zaměřena na udržení jejich plodnosti na úkor dlouhověkosti (Heimpel et al. 1997; Rosenheim et al. 2000). Nízká plodnost nekrmené kontrolní skupiny odpovídá studii Burger et al. (2005), ve které se ukázalo, že hladovějící samice vstřebávají vajíčka, tím snižují svou plodnost, ale prodlužují si svůj život.

U počtu parazitovaných hostitelských vajíček *Oulema* komplex byly zjištěny lepší výsledky s podáním živných rostlin. U kontrolní nekrmené skupiny byl počet parazitovaných vajíček nižší, tento fakt opět potvrzuje strategii samic, které nemají potravu. Nejlepších výsledků dosáhlo podání pohanky, která měla zásadní vliv při parazitovatelnosti. Z celkového

počtu 240 nabídnutých hostitelských vajíček dokázalo 15 samic parazitovat 172 hostitelských vajíček, tím pádem byly v laboratorních podmínkách schopny snížit počet hostitele o 70 %.

Další dílčí částí tohoto experimentu bylo zjištění počtu potomků v každém z parazitovaných vajíček, poněvadž počet potomků vyvíjejících se v jednom hostiteli určuje velikost těla potomků a jejich budoucí plodnost (Hardy et al. 1992; Ellers et al. 1998). Z těchto výsledků vzešlo, že nejvíce samice kladly do jednoho hostitelského vajíčka po 2 potomcích napříč všemi skupinami, to se shoduje i s výsledky (Anderson & Paschke 1968), kde samice také nejčastěji kladly 2 potomky do jednoho hostitele. V ideálních podmínkách na plodnost další generace je průměr 2 potomků na jednoho hostitele nejlepší z důvodu kladného vlivu na F2 generaci. Při naklazení 1 potomka do jednoho hostitelského vajíčka je sice potomek největší, ale v přepočtu se 2 vyvíjejícími se potomky je jejich plodnost menší. Stejně tak tomu může být při kladení více než 3 potomků do jednoho hostitelského vajíčka, kdy už jsou potomci menší a z tohoto důvodu mají i menší plodnost v F2 generaci. V přirozených venkovních podmínkách se samice snaží naklást co nejvíce potomků a rovnoměrně je rozmístit do co nejvíce hostitelů, při nedostatku hostitele naopak řeší trade-off mezi počtem potomků a jejich velikostí (Bai et al. 1992; Mayhew & Glaizot 2001).

Ovlivnění výživou parazitických vosiček a jejich plodností potomků na poměr pohlaví se v této práci musí brát pouze orientačně. Tento fakt zapříčinili potomci, kteří nebyli rozřazeni do skupin podle samic a samců, což mělo za následek zkreslení dat. Obecně platí pro gregariozní parazitoidy poměr pohlaví 3 : 1 (samice : samci), díky tomu, že samice kladou do jednoho hostitele samice i samce, kdy se samec páří se samicí po vykuklení, ušetří za samce. Oproti solitérním parazitoidům, kteří se páří náhodně v prostoru, je poměr pohlaví 1 : 1 (samice : samci) (Anderson & Paschke 1968). V jiných pracích byl prokázán pozitivní vliv krmení na poměr pohlaví potomků, kdy krmené samice měly více samičího potomstva oproti nekrmeným samicím. Vyšší počet samic v potomstvu má mimo jiné vliv na efektivnější regulaci hostitele škůdce (Hardy 1994).

Velikost potomků byla zkoumána pouze u jedinců, kteří se vyvíjeli v hostitelských vajíčkách po 2 a 3 potomcích. Pro tuto skutečnost jsem se v práci rozhodl z důvodu, že počet pro měření 4 potomků vyvíjejících se v jednom hostitelském vajíčku byl nedostatečný, stejně jako počet potomků po 1 jedinci v hostitelském vajíčku. Statisticky byl dokázán vliv živných rostlin na velikost potomků. Došlo zde ke zvětšení jedinců u 2 potomků v jednom vajíčku až o 10 % a při vývoji 3 potomků o necelých 5 %. K tomuto faktu došlo pravděpodobně vlivem výživy, kdy samice klade výživnější vajíčka, tudíž má potomek k vývoji více živin a je větší.

Pomocí získání dat byla propočítána plodnost F2 generace. Zde vyšlo zcela jasně, že podání živných rostlin výrazně ovlivní i plodnost následující generace *A. flavipes*. To je dané velikostí těla, jež se považuje za hlavní faktor, který určuje plodnost parazitoidů (Hardy 1992; Visser 1994), plodnost parazitoidů se zvyšuje s velikostí těla lineárně (Bezemer 2003; Takagi 1985), a to především u proovigenních druhů, kde plodnost roste s krměním dospělců (Jervis 2003), přičemž u *A. flavipes* je plodnost zásadně ovlivněná velikostí těla (Samková et al. 2019).

Převážná většina studií se zabývala vlivem krmění dospělců správnými rostlinami na jejich plodnost. V mé studii je sledován nejen vliv krmění na plodnost, ale také jsem se zde zaměřil na velikost potomků, která se díky krmění zvětšila pravděpodobně tím, že samice kladla výživnější či kvalitnější vajíčka. S velikostí těla potomků v F1 generaci jsem ukázal, jakou budou mít plodnost v následující F2 generaci, a to mezigeneračním přístupem podle Samkové et al. (2021). Na kterou má dopad plodnost a zvětšení těla díky krmění dospělců.

Ve většině prací je nahlíženo na populační dynamiku parazitoidů pouze z pohledu počtu jedinců na dané lokalitě (May et al. 1981; Hoddle et al. 1998). Má práce ukazuje, že důležitým faktorem pro měření plodnosti je i velikost parazitoidů, která se dá ovlivnit výživou.

Na závěr má data experimentálně potvrzují, že důležitým faktorem pro plodnost *A. flavipes* je jejich výživa. Živné rostliny zvyšovaly plodnost, počet parazitovaných vajíček, počet potomků a jejich velikost. A významně ovlivňují i plodnost v F2 generaci. Tato data byla zjišťována v laboratorních podmínkách, proto je zapotřebí je pro exteriérní použití považovat za orientační z důvodu ovlivnění klimatickými podmínkami.

7 Závěr

V práci byl sledován vliv živných rostlin na plodnost parazitické vosičky *Anaphes flavipes*, v laboratorních podmínkách. Ze získaných výsledků vyplývají následující závěry:

- vliv podání živných rostlin (hořčice a pohanka) byl statisticky průkazný na zvýšení počtu potomků od jedné samice oproti kontrolní skupině;
- plodnost samic *A. flavipes* se oproti kontrole zvětšila u medu a pylu o 26 %, s podáním hořčice o 53 % a s pohankou o 60 %;
- skupiny krmené živnými rostlinami (hořčice a pohanka) měly statisticky průkazně vyšší parazitovatelnost hostitelských vajíček;
- parazitovatelnost samic *A. flavipes* se oproti kontrole zvětšila u medu a pylu o 28 %, s podáním hořčice o 42 % a s pohankou o 57 %;
- počet potomků vyvíjejících se v jednom hostitelském vajíčku nebyl statisticky průkazný, tzn. že vliv živných rostlin neměl vliv na počet potomků v jednotlivých hostitelských vajíčkách;
- u poměru pohlaví nelze s přesností určit vypovídající hodnotu výsledků vlivem neurčitých potomků;
- zjišťován byl také vliv živných rostlin na velikost potomků;
- statisticky průkazný byl vliv živných rostlin (hořčice a pohanka), kdy potomci vykazovali větší velikost těla oproti kontrolní skupině;
- hypotézou byla otázka, zda krmení živnými rostlinami zvyšuje plodnost v F2 generaci;
- u skupiny krmené hořčicí se plodnost F2 generace zvýšila oproti kontrole o 56 %, krmení pohankou zvýšilo plodnost o 67 % a výživa medem a pylem zvýšila plodnost F2 generace o 32 % z důvodu větší velikosti těla potomků v F1 generaci;
- tato studie je jednou z prvních, která prozkoumává vliv živných rostlin na fitness parazitoidů z mezigeneračního přístupu jak z pohledu plodnosti v F1, tak i F2 generaci.

8 Literatura

- Anderson R. C., Paschke, J. D., 1968, The biology and ecology of *Anaphes flavipes* (Hymenoptera: Mymaridae), an exotic egg parasite of the cereal Leaf beetle. *Annals of the Entomological Society of America* 61 (1), 1–5
- Anderson R. C., Paschke J. D., 1970, Factors affecting the post release dispersal of *Anaphes flavipes* (Hymenoptera: Mymaridae), with notes on its post release development, efficiency and emergence. *Annals of the Entomological Society of America* 63 (3), 820–828
- Askew R.R., Shaw M.R., 1986, Parasitoid communities: their size structure and development. *Insect parasitoids*. 225–264 In: Waage, J.; Greathead, D.J. (Eds.). Academic Press Inc. (London) Ltd., London, UK. 315
- Bai B., Luck R. F., Forster L., Stephens B., Janssen J. M., 1992, The effect of host size on quality attributes of the egg parasitoid, *Trichogramma pretiosum*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 64 (1), 37–48.
- Balík V., 1999, Testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda) succession on abandoned fields. - In: Tajovský K. & Pižl V. [eds.], *Soil Zoology in Central Europe*, Institute of Soil Biology AS CR České Budějovice, 7–11
- Baroš A., Martínek J., 2018, *Smíšené trvalkové výsadby*, Profi press, Praha, ISBN 978-80-86726-84-7
- Beffa D. T. M., 2000, *Wiesenblumen (Die natürliche Blütenpracht am Wegrand)*, Neuer Kaiser Verlag München, ISBN 3704321869
- Bekker R. M., Verweij G. L., Bakker J. P., Fresco L. F. M., 2000, Soil seed bank dynamics in hayfield succession. - *Journal of Ecology* 88, 594–607
- Bezemer T. M., Mills N. J., 2003, Clutch size decisions of a gregarious parasitoid under laboratory and field conditions. *Anim. Behav.* 66, 1119–1128
- Bianchi F. J., Wäckers, F. L., 2008, Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. *Biological control*, 46 (3), 400-408
- Bischoff A., 2002, Dispersal and establishment of floodplain grassland species as limiting factors in restoration. - *Biological Conservation* 104, 25–33
- Bolton B., Gauld I. D., 1996 *The Hymenoptera*. Oxford University Press
- Burger J., Kormany A., van Lenteren J. C., Vet L., 2005, Importance of host feeding for parasitoids that attack honeydew-producing hosts. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 117, 147–154

- Cabe, 2006, Making contrans work for wildlife: how to encourage biodiversity in urban parks. Cabe, London, ISBN 1-84633-007-6
- Cagaň L. a kolektiv, 2010, Choroby a škodcovia poľných plodín, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, ISBN 978-80-552-0354-6
- Carrington D., 2018, Stripes of wildflowers across farm fields could cut pesticide spraying, Dostupné: <https://www.theguardian.com/environment/2018/jan/31/stripes-of-wildflowers-across-farm-fields-could-cut-pesticide-spraying>
- Carton Y., Nappi A. J., 2001, Immunogenetic aspects of the cellular immune response of *Drosophila* against parasitoids. *Immunogenetics* 52, 157–167
- Djemai I., Casas J., Magal Ch., 2004, Parasitoid foraging decisions mediated by artificial vibrations. *Animal behavior* 67, 567–571
- Driesche V. R., Hoddle M., Center T., 2008, Control of pests and weeds by natural enemies: an introduction to biological control, Blackwell publishing, Victoria, ISBN 978-1-4051-4571-8
- Dunger W., 1968, Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohlentagebaues. – Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums, Forschungsstelle Görlitz 43, 1–256
- Dysart R. J., Maltby H. L., Brunson M. H., 1973, Larval parasites of *Oulema melanopus* in Europe and their colonization in the United States. *Entomophaga* 18 (2), 133–167
- Eggleton P., Belshaw R., 1992, Insect parasitoids – an evolutionary overview. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 337, 1–20
- Eggleton P., Gaston K. J., 1990, Parasitoid species and assemblages – convenient definitions or misleading compromises. *Oikos*, 59, 417–421
- Ellers J., Van Alphen J. J., Sevenster J. G., 1998, A field study of size–fitness relationships in the parasitoid *Asobara tabida*. *Journal of Animal Ecology*, 67 (2), 318–324
- Ellers J., Jervis M., 2003, Body size and the timing of egg production in parasitoid wasps. *Oikos*, 102 (1), 164–172
- Faria C. A., Weäackers F. L., Turlings T. C. J., 2008 The nutritional value of aphid honeydew for non-aphid parasitoids. *Basic and Applied Ecology* 9, 286–297
- Feener J. R., Donald H., 2000, Is the assembly of ant communities mediated by parasitoids? *Oikos* 90 (1), 79–88.
- Frouz J., 1997, Changes in communities of soil dwelling dipteran larvae during secondary succession in abandoned fields. - *European Journal of Soil Biology* 33, 57–65
- Gair R., Jenkins E. E. J., Lester E. 1991, Cereal pests and diseases, Farming press ltd, ISBN 0-85236-164-5

- Goody J., 1993, *The culture of flowers*, Cambridge, Cambridge university press
- Godfray H. C. J., 1994 *Parasitoids: Behavioral and evolutionary ecology*. Princeton University Press
- Godfray H. C. J., Agassiz D. J. L., Nash D. R., Lawton J. H., 1995, The recruitment of parasitoid species to two invading herbivores. *Journal of Animal Ecology* 64, 393–402
- Gross P., 1993, Insect behavioral and morphological defenses against parasitoid. *Annual Review of Entomology* 38, 251–273
- Haken D., Kvítek T., 1988, Vývoj lučních porostů v diferencovaných podmínkách vodního a živného režimu. *Rostliná výroba*, 34, 199–207
- Háněl L., 2003, Recovery of soil nematode populations from cropping stress by natural secondary succession to meadow land. - *Applied Soil Ecology* 22, 255–270
- Hardy I. C., 1994, Sex ratio and mating structure in the parasitoid Hymenoptera. *Oikos*, 3–20
- Hardy I. C. W., Griffiths, N. T., Godfray, H. C. J., 1992, Clutch size in a parasitoid wasp: a manipulation experiment. *J. Anim. Ecol.* 61, 121–129
- Heimpel G. E., Rosenheim J. A., Kattari D., 1997, Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid *Aphytis melinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83, 305–315
- Hilker M., 1994, Egg deposition and protection of eggs in Chrysomelidae. Novel aspects of the biology of Chrysomelidae. Springer Netherlands, 263–276
- Hobhouse P., 1997, *Plants in garden history: an illustrated history of plants their influence, on garden styles – from ancient Egypt to the present day*, London, Pavilion Books Ltd
- Hoddle M. S., Van Driesche R. G., Elkinton J. S., Sanderson J. P., 1998, Discovery and utilization of *Bemisia argentifolii* patches by *Eretmocerus eremicus* and *Encarsia formosa* (Beltsville strain) in greenhouses. *Entomol. Exp. Appl.* 87, 15–28
- Huffaker B. C., Gutierrez P. A., 1999, *Ecological entomology*, John Wiley & Sons, Inc, Canada, ISBN 0-471-24483-X
- Chantarasa-ard S., Hirashima Y., Miura T., 1984, Effects of temperature and food on the development and reproduction of *Anagrus incarnatus* Haliday (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of the rice planthoppers. *Esakia* 22, 145–158
- Chytrý M., Kučera T., Kočí M., 2001, *Katalog biotopů České republiky*, Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 307
- Irvin N. A., Hoddle M. S., 2007, Evaluation of floral resources for enhancement of fitness of *Gonatocerus ashmeadi*, an egg parasitoid of the glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca vitripennis*. *Biological Control* 40, 80–88

- Janovská D., Kalinová J., Michalová A., 2008, Metodika pěstování pohanky obecné v ekologickém a konvenčním zemědělství. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, ISBN 978-80-7427-000-0
- Jakrlova J., 1995, Travní porosty v zemědělské krajině, Veronica, 9-11
- Jervis M. A., Kidd N. A. C., Heimpel G. E., 1996, Parasitoid adult feeding behaviour and biological control – a review. *Biocontrol News and Information* 17, 11–26
- Jervis M. A., Heimpel G. E., Ferns P. N., Harvey J. A., Kidd N. A., 2001, Life-history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of ‘ovigeny’. *Journal of Animal Ecology*, 70 (3), 442–458
- Jervis M. A., Ferns P. N., Heimpel G. E., 2003, Body size and the timing of egg production in parasitoid wasps: a comparative analysis. *Functional Ecology*, 17 (3), 375–383
- Jervis A. M., 2005, *Insects as natural enemies, a practical perspective*, Springer, The Netherlands, ISBN 1-4020-1734-0
- Jongepierová I., Poková H., 2006, Obnova travních porostů regionálních směsí. Metodická příručka pro ochranu přírody a zemědělskou praxi. Veselí nad Moravou: ZO ČSOP Bílé Karpaty. ISBN 80-903444-4-5
- Kazda J., Prokinová E., Ryšánek P., 2007, Škůdci a choroby rostlin, Euromedia group, Praha, ISBN - 978-80-242-1886-1
- Kiehl K., Kirmer A., Jeschke D., Tischew S., 2014, Restoration of Species-Rich Field Margins and Fringe Communities by Seeding of Native Seed Mixtures, in: *Guidelines for Native Seed Production and Grassland Restoration*. Cambridge Scholars Publishing, 246–275
- Kircher W., Messer U., 2001, Exotic perennials and the insect World. Evaluating the meaning of plant’s origin for the local fauna. *Yearbook, Windishh, International hardy plant union*
- Kirmer A., Jeschke D., Kiehl K., Tischew S., 2014, *Praxisleitfaden zur Etablierung und Aufwertung von Säumen und Feldrainen*. Eigenverlag Hochschule Anhalt, Bernburg. ISBN 978-3-86011-075-1
- Kirmer A., Rydgren K., Tischew S., 2018, Smart management is key for successful diversification of field margins in highly productive farmland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 251, 88–98
- Kohoutek A., Odstrčilová V., Komárek P., Šrámek P., Ševčíková M., 2000, Zvyšování biodiverzity travních porostů přisevy plané flóry. - In: Vodička, J., Drobná, O. & Pudivítrová, J. [eds.]: *Agroregion 2000 – Revitalizace agrární politiky – strategie pro předvstupní období do EU*. Sekce FYTO: Trvale udržitelné hospodaření v zemědělské krajině. Sborník referátů z III.

- mezinárodní vědecké konference Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, 30. 8. – 1. 9. 2000, dotisk, 3
- Kudo S., Ishibashi E., 1996, Maternal defence of a leaf beetle is not effective against parasitoids but is against pedestrian predators. *Ethology* 102 (4), 560–567
- Kuris A. M., 1974, Trophic interactions – similarity of parasitic castrators to parasitoids. *Quarterly Review of Biology*, 49, 129–148
- Kvítek T. a kolektiv, 1997, Udržení, zlepšení a zakládání druhově bohatých luk, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha
- Lee J. C., Heimpel G. E., 2008, Floral resources impact longevity and oviposition rate of a parasitoid in the field. *Journal of Animal Ecology* 77, 565–572
- Löbl I., Smetana, A., 2010, Catalogue of palearctic Coleoptera, Vol. 6. Stenstrup: Apollo Books, 924
- Maltby H. L., Burger T. L., Holmes M. C., Dewitt P. R., 1973, The use of an unnatural host, *Lema trilineata trivittata* for rearing the exotic egg parasite *Anaphes flavipes*. *Annals of the Entomological Society of America*. 66 (2), 298–301
- May R. M., Hassell M. P. Anderson, R. M., Tonkyn D. W., 1981, Density dependence in host-parasitoid models. *J. Anim. Ecol.* 50, 855–865
- Mayhew P. J., Glaizot O., 2001, Integrating theory of clutch size and body size evolution for parasitoids. *Oikos*, 92 (2), 372–376
- Meyhöfer R., Casas J., 1999, Vibratory stimuli in host locations by parasitic wasp. *Journal of Insect Physiology* 45, 967–971, sec. rec. from Djemai I., Casas J., Magal Ch., 2004, Parasitoid foraging decisions mediated by artificial vibrations. *Animal behavior* 67, 567–57
- Mikšík V., a kol., 2007, Hořčice – pěstitelský rádce, Kurent s.r.o., Praha, ISBN 978-80-87111-01-7
- Neumann U., 1971, Die Sukzession der Bodenfauna (Carabidae [Coleoptera], Diplopoda und Isopoda) in den forstlich rekultivierten Gebieten des Rheinischen Braunkohlenreviers. - *Pedobiologia* 11, 193–226
- Novotná et al., 2001, Úvod do pojmosloví v ekologii krajiny. – Enigma a Ministerstvo životního prostředí, Praha, 399 p
- Owen J., 2010, Wildlife of a garden, A thirty-year study, RHS media Petersborough, ISBN 9781907057120
- Pejchal M., 2005, Rostliny a čas v zahradní a krajinářské architektuře. In *Čas v životě, zahradě, krajině*. Praha: Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu, s. 17–21. ISBN 80-902910-9-0.

- Pimm S. L., Clinton N. J., Abell R., Brooks T., Gittleman J. L., Joppa L. N., Raven P. H., Roberts C. M., Sexton J.O., 2014, The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* 344: 1246752 doi: 10.1126/science.1246752
- Pižl V., 2002, Žížaly České republiky. - Sborník Přírodovědného klubu v Uherském Hradišti, Suppl. 9, 154
- Primack R. B., Kindlmann P., Jersáková J., 2001, Biologické principy ochrany přírody. - Portál, Praha, 349
- Quicke D.L.J., 1997, Parasitic wasps. Chapman and Hall, London
- Rosenheim J. A., Heimpel G. E., Mangel M., 2000, Egg maturation, egg resorption and the costliness of transient egg limitation in insects. *Proceedings of the Royal Society of London B* 267, 1565–1573
- Rott A. S., Godfray H.C.J., 2000, The structure of leafminer-parasitoid community. *The Journal of Animal Ecology* 69, 274–289
- Rychnovská M. a kolektiv, 1985, Ekologie lučních porostů, Praha, Akademie Praha, 291 s
- Salvo A., Valladares G. R., 2007, Leafminer parasitoids and pest management. *Ciencia e Investigación Agraria* 34, 125–142
- Samková A., Janšta P., Huber J. T., 2017, *Anaphes flavipes*: redescription, neotype designation, and comparison with *A. nipponicus* (Hymenoptera: Chalcidoidea: Mymaridae). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*, 57 (2), 677–712
- Samková A., Hadrava J., Skuhrovec J., Janšta P., 2019, Effect of adult feeding and timing of host exposure on the fertility and longevity of the parasitoid *Anaphes flavipes*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 167 (11), 932–938
- Samková A., Raška J., Hadrava J., Skuhrovec, 2022, An intergenerational approach to parasitoid fitness determined using clutch size. *Scientific Reports*, 12 (1), 1–8
- Schlaghamerský J., Kobetičová K., 2005, A small annelid community (Enchaetidae, Tubificidae, Aelosomatidae) during meadow restoration on arable land and in a nearby well-preserved meadow. - *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences – Biology. Ecology* 54, 323–330
- Starý J., 2005, Influence of grass sowing on oribatid mite communities (Acari: Oribatida) in initial successive stages during rich meadow recovery. - In: Tajovský K., Schlaghamerský J. & Pižl V. [eds.]: *Contributions to Soil Zoology in central Europe I*. Institute of Soil Biology AS CR, České Budějovice, 155–161
- Šarapatka B., Niggli U, a kolektiv, 2008, *Zemědělství a krajina, cesty k vzájemnému souladu*, Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-1885-8

- Šarapatka B., Urban J., a kolektiv 2006, Ekologické zemědělství v praxi, PRO-BIO Šumperk. ISBN 978-80-903583-0-0
- Šrámek P., Kašparová J., Ševčíková M. & Jongepierová I., 2005, Výběr vhodných způsobů zakládání a ošetřování lučních porostů s vysokou druhovou biodiverzitou. - In: Šrámek P., Kašparová J. & Ševčíková M., Závěrečná zpráva projektu NAZV QD 0006, Neperiodická zpráva o jednotlivých výsledcích, Oseva PRO VST Zubří, 21
- Tajovský K., 1993, Diversity and structure of millipede communities (Diplopoda) in four different biotopes. - *Ekológia*, Bratislava, 12, 277–283
- Tajovský K., 1999, Epigeic activity of millipedes (Diplopoda) in an abandoned field. - In: Tajovský K. & Pižl V. [eds.]: *Soil Zoology in Central Europe*, Institute of Soil Biology AS CR, České Budějovice, 351–356
- Tajovský K., Pižl V., Starý J., Balík V., Frouz J., Schlaghamerský J., Háněl L., Rusek J., Kalčík J., 2005, Development of soil fauna in meadows restored on arable land: Initial phases of successional development. - In: Tajovský K., Schlaghamerský J. & Pižl V. [eds.] *Contributions to Soil Zoology in Central Europe I*, Institute of Soil Biology AS CR, České Budějovice, 181–186
- Takagi M., 1985 The reproductive strategy of the gregarious parasitoid, *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Oecologia*. 68, 1–6
- Trail D. R. S., 1980, Behavioral interactions between parasites and hosts: host suicide and the evolution of complex life cycles. *American Naturalist* 116 (1), 77–91
- Tschumi M., Albrecht M., Entling M. H., Jacot K., 2015, High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage *Proc. R. Soc. B*. 2822015136920151369 <http://doi.org/10.1098/rspb.2015.1369>
- Vinson S. B., Iwantsche G. F., 1980, Host suitability for insect parasitoids. *Annual Review of Entomology* 25 (1), 397–419
- Visser M. E., 1994, The importance of being large: the relationship between size and fitness in females of the parasitoid *Aphaereta minuta* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Anim. Ecol.* 63, 963–978
- Wäckers F. L., 2001, A comparison of nectar-and honeydew sugars with respect to their utilization by the hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata*. *Journal of Insect Physiology* 47, 1077–1084
- Wäckers F. L., 2004, Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control* 29, 307–314

- Walker J. W., Stevens P. A., Stevens D. P., Mountford J. O., Manchester S. J., Pywell R. F., 2004, The restoration and re-creation of species-rich lowland grassland on land formerly managed for intensive agriculture in the UK. - *Biological Conservation* 119, 1–18.
- Whitfield J.B., 1998, Phylogeny and evolution of host-parasitoid interactions in hymenoptera. *Annual Review of Entomology*, 43, 129–151
- Willems J. H., 2001, Problems, approaches, and result in restoration of Dutch calcareous grassland during the last 30 years. - *Restoration Ecology* 9, 147–154

Statistický program:

R. Core Team, 2020, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vídeň.

Normy:

ČSN 839 001, Sadovnictví a krajinářství – Terminologie – Základní odborné termíny a definice, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1999, 40 s., Třídící znak: 839001

ČSN 839 031, Technologie vegetačních úprav v krajině – Travníky a jejich zakládání, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006, 12 s., Třídící znak: 839031

Obrázky:

<https://www.theguardian.com/environment/2018/jan/31/stripes-of-wildflowers-across-farm-fields-could-cut-pesticide-spraying> Obr. č. 1 staženo 14. 3. 2022

<https://www.vzmb.cz/nase-cinnost/kvetinove-zahony/> Obr. č. 2, 3, 4 staženo 14. 3. 2022

http://herb-education.eu/angoldvd/alapmodulok/mustar/menu1_eng.html Obr. č. 5 staženo 14. 3. 2022

<https://ukrbin.com/index.php?id=305330&lang=0> Obr. č. 6 staženo 14. 3. 2022

<https://www.ukbeetles.co.uk/oulema-duftschmidi> Obr. č. 8 staženo 14. 3. 2022

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

FIBL – Research Institute of Organic Agriculture – Výzkumný ústav ekologického zemědělství (Švýcarsko)

SBV – Výzkumný ústav ekologického zemědělství (Švýcarsko)