VÚRV
Výzkumný ústav rostlinné výroby

METODIKA PRO PRAXI

Hodnocení potravních preferencí u hmyzích opylovatelů

Ing. Katarína Kaffková, Ph.D., Ing. Kateřina Smékalová,
Ing. Alena Votavová, Ph.D.

Hodnocení potravních preferencí u hmyzích opylovatelů

Certifikovaná metodika

Ing. Katarína Kaffková, Ph.D.
Ing. Kateřina Smékalová, Ph.D.
Mgr. Alena Votavová, Ph.D.

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 2019
© Zemědělský výzkum, spol. s.r.o., 2019

ISBN 978-80-7427-311-7

Dedikace: Metodika je výsledkem řešení projektu č. TJ02000287: „**Využití různých druhů opylovatelů v semenářství vybraných plodin“** a institucionální podpory MZ-RO 0418 a vznikla za finanční podpory Technologické agentury ČR a Ministerstva zemědělství ČR.

Autoři	**Podíl**
Ing. Katarína Kaffková, Ph.D.	45 %
Ing. Kateřina Smékalová, Ph.D.	45 %
Ing. Alena Votavová, Ph.D.	10 %

Foto Archiv autorů (pokud není uvedeno jinak)

Oponenti:
Ing. Miroslava Novotná, Střední odborné učiliště včelařské – Včelařské vzdělávací centrum, o.p.s.
Ing. Bohumil Vítek, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Abstrakt:
Opylování hmyzem je ekosystémová služba, která zajišťuje tvorbu semen a plodů u cca 75% druhů rostlin v ČR. Metodika shrnuje faktory, které ovlivňují výběr živných rostlin pro jednotlivé druhy a skupiny hmyzích opylovatelů a poskytuje vodítko k hodnocení jejich potravních preferencí pro různé účely výzkumu.

Klíčová slova: opylovatelé, metody hodnocení, pyl a nektar, atraktivita rostlinných druhů

Abstract:
Insect pollination is an ecosystem service that provides seed and fruit production in approximately 75% of plant species in the Czech Republic. This publication summarizes those factors that influence the choice of nutrient plants for individual species and groups of insect pollinators and provides instruction on evaluating their dietary preferences for various research purposes.

Keywords: pollinators, evaluation methods, pollen and nectar, attractivity of plant species

Certifikace:
Metodice bylo uděleno osvědčení MZe ČR 65101/2019-MZE-18133.
Ministerstvo zemědělství ČR doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

OBSAH

1. CÍL ... 1

2. VLASTNÍ POPIS METODIKY ... 1

3. ÚVOD ... 1

3.1. Opylovač a opylovatel ... 1

3.2. Hmyzí opylovatelé ... 1

3.2.1. Včela medonosná ... 3

3.2.2. Včely samotářské ... 4

3.2.3. Čmeláci ... 6

3.2.4. Dvoukřídlí – řád Diptera ... 8

3.2.5. Brouci – řád Coleoptera ... 10

3.2.6. Mravenci – čeleď Mravencovití (Formicidae), podřád Štíhlopasí (Apocrita), řád Blanokřídlí (Hymenoptera) ... 11

3.2.7. Motýli – řád Lepidoptera ... 11

3.3. Faktory ovlivňující výběr živných rostlin pro hmyzí opylovatele ... 12

3.3.1. Morfologické a fyziologické vlastnosti hmyzu ... 13

3.3.2. Morfologické a fyziologické vlastnosti květů ... 14

3.3.3. Hodnotící ukazatele nektaru ... 14

3.3.4. Hodnotící ukazatele pylu ... 16

3.3.5. Aktuální dostupnost živných rostlin ... 17

3.3.6. Vliv abiotických faktorů – počasí, půdní a klimatické podmínky, agrotechnika ... 18

3.4. Problematika hodnocení potravních preferencí ... 19

3.4.1. Cíle výzkumu ... 21

3.4.2. Základní parametry hodnocení potravních preferencí hmyzích opylovatelů ... 23

3.4.3. Praktické zkušenosti s hodnocením potravních preferencí hmyzích opylovatelů v Olomouci ... 26

3.4.4. Navrhovaný postup hodnocení ... 28

4. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ ... 31

5. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY ... 31

6. EKONOMICKÉ ASPEKTY ... 32

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ ... 33

8. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE ... 40

1. CÍL

Tato metodika si klade za cíl shrnout faktory, které ovlivňují výběr živných rostlin pro různé druhy hmyzích opylovatelů a poskytnout vodítko k hodnocení potravních preferencí různých druhů nebo skupin hmyzích opylovatelů pro různé účely výzkumu. Metodika poskytuje návod k navržení střední cesty, která při hodnocení atraktivity vybraných druhů rostlin pro různé druhy opylujícího hmyzu v polních podmínkách umožní dosažení výsledků v očekávané kvalitě s použitím co nejmenších investic finančních, materiálových i časových. Cílem metodiky je osvětlit a navrhnout způsob relevantního hodnocení potravních preferencí důležitých skupin hmyzích opylovatelů, který např. umožní včelařům a jiným chovatelům prospěšného hmyzu zjistit, jakým způsobem vylepšit pylo- a nektarodárnou pastvu na svých stanovištích.

2. VLASTNÍ POPIS METODIKY

Předložená metodika je určena pro odborníky i informovanou veřejnost z oblasti podpory a chovu hmyzích opylovatelů, včelařství a také studentům zemědělským a přírodovědných oborů se zájmem o opylující hmyz a biodiverzitu různých typů ekosystémů.
V první části metodiky uživatelé naleznou základní informace o skupinách hmyzích opylovatelů, jejich životním cyklu a požadavcích na potravu. Druhá část je věnována popisu a porovnání různých systémů hodnocení potravních preferencí opylujícího hmyzu a stručnému zhodnocení jejich výhod a nevýhod. V závěru druhé části je podrobně popsán doporučený systém hodnocení potravních preferencí hmyzích opylovatelů v polních podmínkách s praktickými radami a poznámkami. Součástí metodiky je i rozsáhlý poznámkový aparát s odkazy na vědecké prameny zabývající se podobnou problematikou.

3. ÚVOD

3.1. Opylovač a opylovatel

V odborných textech se můžeme setkat s pojmy opylovač a opylovatel, jejichž význam bývá často zaměňován. Pojem opylovač je vyhrazen producentovi pylu, tedy rostlině, která vytváří pyl pro opylení sama sebe, nebo jiných rostlin stejné odrůdy nebo druhu. Živočichy (hmyz, ptáky, netopýry a jiné), kteří pyl z květu na květ nebo z rostliny na rostlinu přenášejí, označujeme jako opylovatele. Ke stejné chybě, tedy záměně či nesprávnému použití termínů, dochází i v anglicky psané odborné literatuře – i tam by ale měly být jasně rozlišeny: opylovatel – pollinator, opylovač – pollinizer (Přidal, 2005).

3.2. Hmyzí opylovatelé

V květeně ČR je zhruba 74,3% druhů rostlin entomogamních (hmyzosnubných), 17,3% anemogamních (větrosnubných), 0,5% hydrogamních (pyl přenáší voda) a 7,9% jsou přechodné typy (Slavíková, 2002). Více než ¾ rostlinných druhů je tedy při opylení, které je

podmínkou pohlavního rozmnožování těchto rostlin a tvorby jejich plodů a semen, přímo závislé na hmyzu.
Hmyz, který přenos pylu zajišťuje, tak ale nečiní s cílem květy opylovat. Z jeho pohledu se jedná pouze o jakýsi vedlejší produkt úsilí, vynaloženého na získání vlastní potravy. Hmyz navštěvuje květy hmyzosnubných rostlin kvůli nektaru (zdroj sacharidů) a pylu (zdroj bílkovin), případně dalším látkám (propolis, voda apod.) – k zachycení pylových zrn na povrchu hmyzího těla a jeho přenosu na další květy dochází mimoděk.
Na opylování, tedy přenosu pylu mezi různými květy jedné rostliny, nebo mezi květy různých rostlin téže odrůdy nebo druhu, se podílí mnoho různých druhů hmyzu. Mezi nejvýznamnější a nejefektivnější opylovatele patří včely (nadčeleď Apoidea), ke kterým řadíme včelu medonosnou, různé druhy tzv. samotářských včel i čmeláky, ale ani činnost celé řady méně známých skupin opylujícího hmyzu (motýli, brouci, ploštice, pestřenky, mouchy, třásněnky atd.) není zanedbatelná (Ollerton, 2017). Na základě morfologie a dalších vlastností květu (stavby, velikosti, barvy, vůně atd.) se dá v některých případech odhadnout předem, který opylovatel bude dominovat. Pokud opylování prováději brouci, jedná se o tzv. cantharofilii, opylování mouchami se označuje jako myofilie, opylování denními motýli se odborně označuje jako psychofilie, nočními motýli jako phalaenofilie a lišaji jako sphingofilie. Pro opylování včelami se používá výraz melittofilie (Jersáková a Tropek, 2018a).
Květy většiny druhů rostlin mohou být stejně úspěšně opyleny hned celou řadou různých druhů opylovatelů, jiné rostliny se však v průběhu evoluce tak silně přizpůsobily jednomu hmyzímu druhu, že přenést jejich pyl už žádný jiný opylovatel nedokáže. Původní spolupráce (symbióza), se tedy změnila v existenční závislost rostliny na opylovateli. Stejný vztah se ale v některých případech vyvinul i v opačném směru – opylující hmyz je se svou potravou existenčně závislý na jednom druhu živné rostliny (Jersáková a Tropek, 2018b).
Studium opylovacích poměrů a vzájemné spolupráce rostlin a opylovatelů je předmětem studia mnoha výzkumných projektů a záchranných programů pro různé druhy rostlin i živočichů v ČR (viz např. Záchranné programy AOPK ČR) i zahraničí, a to jak s ohledem na ekologii a ochranu životního prostředí, tak na zemědělskou produkci kulturních druhů rostlin. Každý rostlinný i živočišný druh, případně skupina druhů příbuzných, nebo skupina organismů sdílejících společné stanoviště, a jejich vzájemné interakce jsou však studovány s jiným záměrem, a tedy s různou pečlivostí. Získané výsledky jsou pak silně ovlivněny faktory jako četnost a délka pozorování, velikost hodnoceného stanoviště nebo počet hodnocených druhů rostlin či hmyzu, stupeň přesnosti taxonomického určení druhů apod. Cílem metodiky je tedy upozornit na základní faktory, které hodnocení potravních preferencí hmyzích opylovatelů ovlivňují, uvést příklady, jak byla daná problematika v předchozích výzkumech řešena a navrhnout střední cestu, která s použitím co nejmenších investic finančních, materiálových i časových, umožní dosažení maximálních výsledků.
Při pěstování plodin, u kterých kvalita opylení přímo ovlivňuje výnos a kvalitu sklízených plodů nebo semen, již pěstitelé záměrně zvyšují počet vhodných opylovatelů v doletové vzdálenosti k rostlinám. Týká se to například přisunování včelstev včely medonosné k polím, na kterých je pěstována řepka olejná, nebo do ovocných sadů, kde včely zajišťují kvalitní opylení třešní, jabloní, meruněk apod. V ovocných sadech se používají i zednice rezavé a zednice rohaté ze skupiny tzv. samotářských včel. Ve skleníkové výrobě jsou k opylení,

a tím navýšení výnosu rajčat a salátových okurek, již běžně používáni čmeláci, kteří významně ovlivňují i výnos u semenářských porostů různých druhů pícnin (vojtěška, různé druhy jetele apod.). Nejčastěji používaným druhem je čmelák zemní. Společným znakem těchto hmyzích opylovatelů je možnost jejich chovu, a tedy zajištění dostatečného počtu jedinců na tzv. komerční opylování.

Potravní preference komerčně používaných opylovatelů, ať již se jedná o včely medonosné, čmeláky zemní, nebo zednice, jsou již z velké míry prozkoumány. Je například obecně známo, že včely medonosné nerady opylují vojtěšku setou, protože tyčinky, které se v jejích květech při dosednutí včely vymrští, jim způsobují bolestivý úder do měkké části pod jazykem (Švamberk, 2014). Bylo zjištěno, že při opylování vojtěšky seté je čmelák více než 50x výkonnější než včela medonosná (VÚP Troubsko). Pro účely semenářské produkce minoritních plodin, nebo při záchranných programech pro různé druhy ohrožených druhů rostlin či hmyzu, závislého v některém ze stádií jeho vývoje na listech, nebo nektaru a pylu kvetoucích rostlin, však ještě stále zůstává vzájemná kompatibilita rostlin a jejich hmyzích opylovatelů poměrně neznámá.

Bez četných druhů opylujícího hmyzu by nebylo možné zachování druhové pestrosti a stability rostlinných společenstev jako základu biocenóz a ekosystémů (Švamberk, 2015). S ohledem na omezený rozsah této metodiky však stručně představíme jen některé z nich.

3.2.1. Včela medonosná

Včela medonosná (*Apis mellifera*) má díky svým opylovacím schopnostem v našich klimatických podmínkách zcela mimořádné postavení. Je tomu tak proto, že v těchto geografických zónách, kde se periodicky střídají období s vysokými a nízkými teplotami a období sucha i vydatnějších srážek, dokáží včely jako polyfágní druh (schopný přijímat různorodou potravu) využívat a současně i opylovat širokou škálu rostlinných druhů. Na výkyvy počasí jsou vázána období pro vývoj různých druhů rostlin více či méně příznivá a tím kolísá i pestrost a vydatnost potravy pro živočichy, včetně hmyzích opylovatelů (Švamberk, 2015). Díky životnímu cyklu a společenskému uspořádání včel medonosných, kdy v průměrném včelstvu v průběhu celého roku neklesá počet žijících a pracujících dělnic pod 10 000, jsou tyto včely schopny využít celou dobu kvetení mnoha druhů rostlin, od rychlého až bouřlivého jarního nástupu až po podzimní dokvétání. Počet dělnic ve včelstvu kolísá od 10 – 20 tisíc dělnic v předjaří, až k 50 – 60 tisícům dělnic v největším stádiu rozvoje (Veselý a kol., 2013). Jedna dělnice-létavka navštíví za minutu asi 10 květů, jeden její výlet trvá asi 10 minut a denně včela absolvuje asi 30 výletů, při kterých navštíví asi 3 000 květů. Jedno včelstvo vysílá denně asi 10 000 létavek, které tak opylí asi 30 miliónů květů (Švamberk, 2015). Vysokému podílu včely medonosné na opylování kvetoucích druhů však napomáhá také její chov.

Včela medonosná poskytuje – na rozdíl od ostatních druhů hmyzích opylovatelů – kromě opylování, jako všeobecně prospěšné ekosystémové služby, člověku i další, přímý užitek. Díky produkci medu, vosku, propolisu, mateří kašičky a rouskovaného pylu, které se lidstvo naučilo využívat již od pravěku (obr. 1), se včela medonosná stala hospodářsky významným a využívaným druhem. Její životní cyklus, rozmnožování, potravní zdroje i choroby a škůdci

jsou nejvíce prozkoumány a používá se často i jako modelový, nebo srovnávací příklad pro hodnocení dalších druhů hmyzích opylovatelů.

Obr. 1: Kresba znázorňující vybírání medu, nalezená ve španělské jeskyni Cueva de la Araña, z období 12 000 let př. n. l. (Werness, 2006).

Hagler a kol. (2011) uvádějí, že včely medonosné létají za potravou do vzdálenosti 45 – 5983 m. Průměrná vzdálenost doletu za potravou se však liší podle obtížnosti terénu, včelích plemen i velikosti včelstva. U včely medonosné kraňské (*A. mellifera carnica*) byl zjištěn průměrný dolet 1526,1 m (Steffan-Dewenter a Kuhn, 2003), včely medonosné tmavé (*A. mellifera mellifera*) létaly v červenci z malé kolonie za potravou 670 m, z velké kolonie ale jen průměrně 620 m. V srpnu se však dolet včel z malých kolonií prodlužil na 1430 m a z velkých na 2850 m (Beekman a kol., 2004).

Včela medonosná je ve světě jedním z nejúčinnějších opylovatelů široké škály plodin (Maheshwari, 2003). Včely zlepšují kvalitativní i kvantitativní charakteristiky zemědělské produkce, především u různých druhů zeleniny, ovoce, ale i osiva mnoha dalších plodin, a to zejména v oblastech Severní Ameriky a Evropy, kde jsou chována a každoročně přesouvána ohromná množství včelstev. Přesto je ale nutné v širších ekologických souvislostech chápat činnost včel medonosných a jejich cílený chov pouze jako doplněk a nikoli plnohodnotnou náhradu za široké spektrum divokých opylovatlů (Garibaldi a kol., 2013). Aktivita včel medonosných sice významně přispívá k širší rostlinné biodiverzitě a zlepšení rovnováhy ekosystémů (Delaplane a Mayer, 2000), ale vzhledem ke kolísání počtu, resp. možnému úbytku včelstev v různých oblastech v důsledku jejich chorob a škůdců, a také kvůli nedokonalému opylení některých plodin včelami medonosnými, není jejich existence a činnost samospasitelná. Na rozdíl od divokých opylovatelů, jejichž druhová diverzita v důsledku úbytku přirozeného prostředí, souvisejícího s intenzivním obhospodařováním, soustavně a drasticky klesá (Kennedy a kol., 2013), je závislost včely medonosné na krajinných charakteristikách právě díky jejímu chovu menší. Pro stabilizaci rovnováhy prostředí je ale nezbytné udržovat v krajině i další opylovatele, kteří by opylovací servis zajišťovali (Hoehn a kol., 2008).

3.2.2. Včely samotářské

Kromě včely medonosné, která je jediným zástupcem tzv. společenských včel, žijícím na území ČR, se na opylení bylin, keřů a stromů podílejí také tzv. včely samotářky. Včely samotářské (solitérní) se od včel společenských liší životním stylem, který zahrnuje způsob rozmnožování, hnízdění i přezimování a míru pospolitosti a spolupráce více jedinců téhož druhu. Označení včel za solitérní však neodpovídá zcela skutečnosti, protože mnoho těchto druhů vytváří na vhodných místech hnízdní kolonie a u dalších druhů se setkáváme s přechody k sociálnímu způsobu života. Samotářské včely jsou předky sociálních včel a v ČR jich bylo zaznamenáno více než 600 druhů. Nejvíce druhů samotářek patří v mírném pásmu Evropy do rodů pískorypka (*Andrena*) a ploskočelka (*Halictus*) (Švamberk, 2015).

Samotářské druhy včel jsou pozoruhodné svým často úzkým přizpůsobením se k opylování několika druhů krytosemenných rostlin. Svoji roli hraje velikost květů poskytujících nektar a pyl, stejně jako velikost různých druhů opylujícího hmyzu, ale specializace samotářek v některých případech vyústila i ve vznik anatomických struktur, které je při opylování určitých druhů rostlin zvýhodňují. Ke známým příkladům patří některé druhy čalounic (*Megachile* sp.), které jsou přizpůsobeny k opylování vojtěšky. Část ústního ústrojí, do nějž přijímají úder napřimujících se tyčinek, mají vyztuženu chitinem, takže je pro ně opylování vojtěšky mnohem méně bolestivé, než pro včely medonosné (Švamberk, 2015). Na opylování vojtěšky se však aktivně podílí i šedosrstka tolicová (*Rhophitoides canus*) (Přidal, 2009) a včely rodu *Nomia* (Švamberk, 2014).

Na efektivitu opylování, stejně jako na sběr pylu za účelem získání potravy, má velký vliv ochlupení těla různých druhů včel. Husté ochlupení, navíc se zvláštním uspořádáním na těch částech těla, které slouží k vyčesávání pylu a jeho přenosu, je u různých druhů včel znakem jejich vyspělosti. Podle způsobu přenosu pylu lze vyspělejší druhy včel dělit na tzv. břichosběrné, přenášející vyčesaný pyl na chlupech spodní části zadečku (např. rody čalounice (*Megachile*), maltářka (*Chalicodoma*), zednice (*Osmia*) aj.) a nohosběrné, přenášející pyl na zadních končetinách (např. rody pískorypka (*Andrena*), ploskočelka (*Halictus*) aj.). K nohosběrným opylovatelům patří také čmeláci (*Bombus* spp.) a včely (*Apis* spp.), které jako nejvyspělejší druhy přenášejí pyl na zadních končetinách v podobě rousek.

Velikost samotářských včel je rozmanitá, od několika milimetrů až do několika centimetrů (Nehasilová, 2012). Velikost včel, resp. hmotnost různých druhů, má zřejmě vliv i na vzdálenost, kterou jsou pro zisk potravy schopny překonávat. Větší a těžší druhy mají větší doletovou vzdálenost a mohou opylovat i rostliny relativně vzdálené od jejich hnízd (Gathmann a Tscharntke, 2002). Příkladem velkých a krásně vybarvených samotářek jsou drvodělky (*Xylocopa* spp.). Na území ČR jsou rozšířeny dva druhy – drvodělka fialová (*Xylocopa violacea*, obr. 2) a drvodělka potulná (syn. drvodělka velká (*Xylocopa valga*)). Ve starší odborné literatuře se uvádí jejich výskyt pouze v nejteplejších oblastech republiky, vlivem klimatických změn se však areál jejich výskytu rychle zvětšuje.

Obr. 2: Drvodělka (*Xylocopa* sp.) a zlatohlávci tmaví (*Oxythyrea funesta*) na parše saflorovité nebo-li maralím kořenu (*Rhaponticum carthamoides*)

V přírodě se samotářky objevují od časného jara až do léta. Některé druhy nejsou vybíravé a opylují široký okruh rostlin (Nehasilová, 2012). Aktivita jiných druhů však bývá spojena s rozkvětem určitých rostlin, na které se při sběru potravy specializují. Např. většina druhů rodu hedvábnice (*Colletes*) se objevuje až na konci léta a hledává potravu na vřesu (*Calluna*), máčce (*Eryngium*) a vratiči (*Tanacetum*). Výjimkou je jarní druh *Colletes cunicularius*, který se u nás vyskytuje na jívách (*Salix caprea*) (Švamberk, 2015). Specializace v opylování je u samotářek velmi významná

i pro zajištění rozmnožování řady vzácných druhů rostlin, např. toříčů (*Orphys* spp.) z čeledi vstavačovitých (Orchidaceae) (Jersáková a Tropek, 2018b).
Specializaci samotářek na určité druhy rostlin a možnost termínovat jejich líhnutí, a tím i opylovací aktivitu, lze využívat u některých cíleně pěstovaných plodin. Metoda chovu a načasování líhnutí do rozkvétajících ploch vojtěšky byla například vyvinuta u několika druhů čalounic (Švamberk, 2015), v technických izolátorech lze k opylování brukve řepáku neboli vodnice (*Brassica rapa*) použít zednici rohatou (*Osmia cornuta*) (Ladurner a kol., 2002). Příkladem všestranně použitelného opylovatele ze skupiny samotářských včel je zednice rezavá (*Osmia rufa*), jejíž laboratorní chov je poměrně nenáročný (Heistinger, 2013) a která dokáže opylit široké spektrum rostlin (Teper, 2007). Dobře snáší podmínky uzavřených prostor technických izolátorů a skleníků (Van der Steen, 1991), kde není agresivní vůči lidem (Ladurner a kol., 2002), ale je ověřeno i její použití v otevřených prostorech – sadech mandloní, jabloní a třešní (Krunic a Stanisavljevic, 2006).

3.2.3. Čmeláci

Také čmeláci (*Bombus* spp.) jsou vzhledem ke své druhové rozmanitosti, rozlehlému teritoriu výskytu a pestré tělesné stavbě různých druhů i příslušníků jednotlivých kast velmi všestrannými opylovateli. Výsledky studie o výskytu pylových zrn ve výkalech čmeláka zemního (*B. terrestris*) v přírodě např. dokládají přítomnost pylových zrn rostlin z 28 čeledí (Teper, 2006).
V České republice bylo popsáno 38 druhů čmeláků a pačmeláků, kteří jsou řazeni do společného rodu *Bombus*. Mnohé z těchto druhů jsou však vzácné, některé již dokonce pravděpodobně vyhynulé. Mezi nejhojnější čmeláky patří v ČR čmelák zemní (*Bombus terrestris*), čmelák hájový (*B. lucorum*), čmelák zahradní (*B. hortorum*), čmelák skalní (*B. lapidarius*), čmelák úhorový (*B. ruderarius*), čmelák luční (*B. pratorum*), čmelák rolní (*B. pascuorum*), čmelák rokytový (*B. hypnorum*) a čmelák lesní (*B. sylvarum*) (Smékalová a kol., 2018). Všechny druhy čmeláků žijí sociálním způsobem v jednoleté kolonii, kterou na jaře zakládá jediná oplozená samička, která ve vhodném úkrytu přečkala zimní období. V létě, v době největšího rozvoje, je ve velkých čmeláčích hnízdech v přírodě obvykle 100 – 200, výjimečně až 500 dělnic (Švamberk, 2015).
Mohutnější tělesná konstituce a silné hrudní svaly, jejichž třesením čmeláci udržují svoji tělesnou teplotu i stabilní teplotu v hnízdě, z nich dělá hmyz poměrně odolný k nízkým teplotám. Čmeláci jsou rozšířeni i ve velmi chladných oblastech planety (Grónsko, Nová Země, Čukotka, Aljaška …), z celkem asi 300 popsaných druhů čmeláků žijí však jen dva v tropech (Švamberk, 2015). Příkladem otužilosti čmeláků jsou poměrně velké dělnice druhu *B. polaris*, které jsou schopny shánět potravu i při téměř mrazivých teplotách (Couvillon a kol., 2010). Také v podmínkách ČR jsou čmeláci schopni létat a tedy i opylovat i v chladnějším a vlhčím počasí než drobnější včely (Ptáček a Votavová, 2013).
Také u čmeláků, stejně jako u samotářských včel, došlo k vývoji jistých fyziologických zvláštností, které je při sběru nektaru či pylu oproti jiným druhům hmyzu zvýhodňují. Čmeláci navštěvují např. rostliny z čeledi lilkovitých (Solanaceae), kterým se včely vyhýbají. Jako jediní jsou totiž čmeláci schopni bzučet tak silně, že bzučením způsobené vibrace uvolní pylová zrna z prašníků. Ne všichni čmeláci však bzučí stejně. Bzukot čmeláčích dělnic s vyšší

hmotností, má i větší amplitudu (rozkmit), přičemž větší amplituda a delší trvání bzukotu uvolní pylu podstatně více (De Luca a kol., 2013). Dostupnost potravy určuje také fyziognomie čmeláků, např. délka jazyka vůči délce květu (Macdonald, 2003). Ve srovnání např. se včelou medonosnou mají čmeláci jazyk delší, a proto mohou lépe využívat nektar, který je uložen v hlubších částech květů. Typickým příkladem jsou dlouhé květní trubky rostlin z čeledí bobovité (různé druhy jetele, vikve, vojtěška aj.) a hluchavkovité (hluchavky, šalvěje aj.), pro které jsou hlavními opylovateli právě čmeláci (Denisow a Bożek, 2008; Jabłoński, 2001). I mezi čmeláky jsou však v délce jazyka značné rozdíly a ty se pak promítají do spektra jejich oblíbených rostlin. Pro skupinu čmeláků s krátkým jazykem jsou atraktivní druhy jako agastache (*Agastache rugosa, A. foeniculum*) a štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*), pro skupinu čmeláků s dlouhým jazykem jsou atraktivní druhy jako šanta hroznovitá (*Nepeta mussinii*), brutnák lékařský (*Borago officinalis*) a svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia*; obr. 3) (Patten a kol., 1993).

Obr. 3: Čmelák skalní (*Bombus lapidarius*) na svazence vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia*)

Bylo zjištěno, že všechny druhy čmeláků, pozorované v německé studii (*Bombus humilis, B. hypnorum, B. lucorum, B. pascuorum, B. pratorum, B. terrestris*), sbírají pyl s podobnou kvalitou bílkovin. Pyl různých druhů rostlin se ale může výrazně lišit jak v koncentraci celkového proteinu, tak v podílu jednotlivých aminokyselin, které výsledné bílkoviny skládají. Podíly esenciálních aminokyselin však bývají ve čmeláčí potravě přibližně stejné. Výjimkou je čmelák skalní *B. lapidarius*, který preferuje pyl s nejvyšší koncentrací metioninu, ale s nižším poměrem argininu, lyzinu a γ-aminomáselné kyseliny (Kriesell a kol., 2017). Kromě bílkovin samotných je v potravě hmyzích opylovatelů důležitý i poměr bílkovin a tuků, protože např. dospělé dělnice čmeláka zemního, si potravu vybírají tak, aby jim poskytla jejich ideální poměr, tj. 14:1 (Vaudo a kol., 2016).

Při hledání potravy jsou čmeláci nuceni reagovat na aktuální nabídku nektaro- a pylodárných rostlin, která se dle ročních období neustále mění. Když se na jaře probudí královna (mladá oplozená matka), má jako zdroj potravy k dispozici úplně jiné druhy kvetoucích rostlin, než měla na podzim před zazimováním. Královny zimují osamoceně, ohledně vhodných zdrojů potravy u nich neexistuje žádná sdílená zkušenost a každá matka se musí naučit hledat vhodný zdroj potravy sama. Čmeláčí dělnice jsou sice schopny sdílet informace o množství dostupného krmiva, na rozdíl od včel ale nejsou schopny sdílet informace o jeho umístnění.

Také u některých druhů čmeláků, především u čmeláka zemního (*B. terrestris*), byla vypracována metodika laboratorního chovu. Čmeláci z komerčních chovů se používají převážně na opylování v uzavřených prostorech skleníků (Roman a Szcęsna, 2008; Hatami a kol., 2013) a technických izolátorů (Boller a kol., 2010), kde zvyšují násadu a výnos plodů např. u rajčat, okurek a paprik. Čmeláci se ale ve volných prostorech již tradičně používají

také k opylování semenářských porostů pícnin. V poslední době stoupá zájem o čmeláky také u zahrádkářů a dalších drobných pěstitelů, kterým zvyšují úrodu ovoce a zeleniny a současně zastávají i funkci jakýchsi nenáročných venkovních mazlíčků. Dokazuje to úspěšný prodej hnízd čmeláka zemního z chovů Zemědělského výzkumu, spol. s r.o. v Troubsku, kdy poptávka několikanásobně převyšuje počet hnízd nabízených k prodeji (Homola, 2018; Votavová, 2019).

3.2.4. Dvoukřídlí – řád Diptera

Diptera (dvoukřídlí) jsou nesmírně početným a taxonomicky složitým řádem hmyzu. Zahrnují 111 čeledí a v nich 8816 hmyzích druhů (Jedlička a kol., 2009); zástupci 70 čeledí se podílí na opylování nejméně 555 druhů rostlin. Mezi těmi můžeme najít i více než 100 kulturních plodin – z těch ekonomicky nejvýznamnějších například řepku olejnou, cibuli, mango nebo kakaovník (Orford a kol., 2015). Efektivita přenosu pylu není u tohoto hmyzu tak velká jako u včelovitých, protože nedisponují žádnými specializovanými orgány. Tento nedostatek ale plně vyvažují vyšším počtem návštěv na květech. Z pohledu opylování můžeme řád Diptera rozdělit na dvě skupiny: opylovatele s krátkými sosáky (např. většina pestřenek, čeleď Syrphidae) a opylovatele s dlouhými sosáky (např. dlouhososky, čeleď Bombyliidae). První skupina se soustředí na bílé, žluté nebo zelenavé drobné květy uspořádané v květenství. Typickými představiteli rostlin s takovými květy jsou druhy z čeledě miříkovitých (Apiaceae – mrkev, petržel, kmín, fenykl, anýz apod.), růžovitých (Rosaceae), pryskyřníkovitých (Ranunculaceae) nebo pryšce (*Euphorbia* spp.). Druhá skupina vyhledává květy s hlubokými korunními trubkami, převážně bílé, modré a růžové barvy – pomněnka (*Myosotis*), rožec (*Cerastium*), plicník (*Pulmonaria*) nebo hvozdík (*Dianthus*) (Jersáková a Tropek, 2018a).

Pestřenky (čeleď Syrphidae)

Ve světě bylo popsáno asi 6000 druhů pestřenek rozdělených do 188 rodů. V ČR se dle posledních známých údajů vyskytuje 425 druhů (Mazánek, 2009). Pestřenky patří mezi významné opylovatele ačkoli je jim věnována menší pozornost než včelám (Klecka a kol., 2018). Například na lučním porostu u obce Vernýřov (okr. Kutná Hora) bylo zjištěno, že dominantními opylovateli tu nejsou ani včely medonosné ani čmeláci, ale právě pestřenky. Pestřenky byly nejčastějšími opylovateli u 11 z 29 studovaných lučních druhů rostlin, zatímco čmeláci u 8 druhů a včela medonosná pouze u tří. Včela medonosná na této lokalitě představovala sice suverénně nejpočetnějšího opylovatele, ale navštěvovala, důsledně využívala, a tedy i opylovala jen několik málo druhů. Zmiňované tři druhy rostlin opylované převážně včelou byly navíc hojně navštěvovány i čmeláky. Pro většinu rostlin na louce tak byl význam včely medonosné jen okrajový (Janovský, 2012).

Pestřenky bývají obvykle označovány za spíše oportunistické návštěvníky květů, tedy že si mezi kvetoucími rostlinami příliš nevybírají a sedají víceméně na všechny. Bylo ale prokázáno, že různé druhy či skupiny pestřenek více či méně preferují určitou barvu květu a druhy rostlin, s jejichž květy jsou anatomicky kompatibilní. Malé druhy pestřenek více navštěvovaly rostliny s velkými květy, ale u velkých druhů velkost květu nehrála roli. Podčeleď pestřenek Eristalinae preferovala bílé květy, podčeleď Pipizinae bílé a žluté, ale pestřenky podčeledi Syrphinae se barvou květů téměř neřídily (Klecka a kol., 2018).

Obr. 4: Pestřenka (*Helophilus* sp.) na česneku nícím (*Allium nutans*)

Kromě planých druhů se opylování pestřenkami testovalo i na ekonomicky významném ovocném druhu, jahodníku (*Fragaria*). Ukázalo se, že oba druhy (*Episyrphus balteatus* a *Eupeodes latifasciatus*) produkci ovoce zvýšily, přičemž po opylení pestřenkou pruhovanou (*E. balteatus*) bylo zvýšení výnosu jahod významnější (Hodgkiss a kol., 2018). Některé druhy pestřenek, např. pestřenku kovovou (*Eristalinus aeneus*), je možné chovat v laboratořích a rozvíjí se využívání jejich opylovacích schopností v komerčních pěstitelských provozech. Španělská společnost PolyFly (2019) nabízí pestřenky jako zajímavou a komerčně dostupnou alternativu ke klasickému chovu včel a čmeláků a doporučuje je jako opylovatele plodin z čeledí miříkovité (př. mrkev), brukvovité (př. květák), hvězdnicovité (př. slunečnice), liliovité (př. cibule), tykvovité (př. meloun), lilkovité (př. paprika), růžovité (př. jahodník), vavřínovité (př. hruškovec přelahodný, jehož plodem je avokádo) i ledvinovníkovité (př. mangovník). Jako vhodné opylovatele paprik (Jarlan a kol., 1997), brukve řepky (Jauker a Wolters, 2008) a podobných, především skleníkových plodin, je doporučuje i mnoho dalších autorů. Výhodou některých druhů pestřenek také je, že kromě opylování, se mohou jejich dravé larvy podílet na biologické ochraně pěstovaných rostlin – konzumací mšic snižují nutnost použití chemických pesticidů (Hodgkiss a kol., 2018).

Mouchy (čeleď Muscidae) a masařky (čeleď Sarcophagidae)

V Evropě se uvádí výskyt 562 druhů much (Gregor a Rozkošný, 2009) a 309 druhů masařek (Kejval a Pape, 2009), z nichž na území ČR bylo zjištěno 301 druhů much (Gregor a Rozkošný, 2009) a 128 druhů masařek (Kejval a Pape, 2009). Mouchy i masařky jsou často vnímány jen jako obtížný hmyz, který může přenášet řadu nemocí, a na jejich prospěšné vlastnosti se často zapomíná. Dospělci nebo larvy much i masařek se však v ekosystémech podílejí na likvidaci hnijících látek a pro některé druhy rostlin jsou i významnými opylovateli. Ačkoli se dají chovat v laboratorních podmínkách (Hafez, 1948; Barrass, 1976), nejsou jako opylovatelé komerčně využívány a jedinci z laboratorních chovů slouží většinou jen jako modelové organizmy pro stanovení insekticidní aktivity různých látek (Pavela, 2008).

V přírodě se vyskytuje velké množství rostlin, které produkují nektar a pyl takového množství nebo kvality, které jiní opylovatelé, např. včely nebo čmeláci, využít nemohou. Např. u mnoha druhů z čeledi Apiaceae je nektar sice produkován velkým množstvím květů, ale protože jsou květy velmi malé, dokáží nektaru vytvořit jen malá množství. To je zřejmě příčinou, proč se pro opylovatele s vyššími energetickými nároky, např. včely, okolíky kvetoucí mrkve, petržele, anděliky nebo kmínu stávají neatraktivními (Olesen a kol., 2007).

Jako nejvýznamnější opylovatelé byly právě mouchy nebo masařky zjištěny v případě pryskyřníku plaménku (*Ranunculus flammula*), pryskyřníku prudkého (*Ranunculus acris*), svízele bílého (*Galium album*), kopretiny (*Leucanthemum* sp.), bolševníku obecného (*Heracleum sphondylium*), krvavce totenu (*Sanguisorba officinalis*), řebříčku bertrámu (*Achillea ptarmica*), bedrníku obecného (*Pimpinella saxifraga*), mrkve obecné (*Daucus carota*) (Janovský, 2012) a děhelu lesního (*Angelica sylvetris*) (Niemirski a Zych, 2011).

Obr. 5: V popředí bzučivka zelená (*Lucilia sericata*) na fenyklu obecném (*Foeniculum vulgare*)

3.2.5. Brouci – řád Coleoptera

Brouci představují jeden z druhově nejpočetnějších řádů hmyzu i celé živočišné říše. Na světě je známo více než 350 000 druhů brouků, přičemž přes 20 000 druhů se jich vyskytuje v Evropě. Seznam Československych brouků (Jelínek, 1993) uvádí, že v České republice žije více než 6 000 druhů, zařazených do 113 čeledí – od té doby však byly publikovány nálezy dalších více než 200 druhů (Konvička a kol., 2017).

Brouci jsou opylovateli velmi různorodého souboru rostlin. Často je přitahují květy, které mají sladkou nebo ovocnou vůni, anebo vůni podobnou zvířecím pachům. Mezi další znaky, které pro brouky zvyšují atraktivitu květů, patří robustnost a plochý nebo miskovitý tvar květů či květenství, jejich bílá barva (Jakl, 2005), snadná dostupnost nektaru a pylu (Jersáková a Tropek, 2018a,b), ale také třeba květy otevřené i v noci (Wiliams a Adam, 2010).

Informace o opylování brouky (kantarofilie) často pochází ze středomořských a afrických oblastí (Paudel a kol., 2017) a Austrálie (Wilmer, 2011). Brouci jsou většinou poměrně neohrabanými a nespecializovanými opylovateli (Jersáková a Tropek, 2018a,b), ale u nižších dvouděložných rostlin (př. rody liliovník (*Liriodendron*) a šácholan (*Magnolia*)) i přesto jako opylovatelé dominují. Jejich silně protogynní květy, u kterých dozrávají samičí orgány dříve než samčí, přitahují brouky svým pachem (Gottsberger, 1977) a některé druhy magnolií mají i vyvinutá nektaria, což není u druhů z tak poměrně primitivních čeledí obvyklé. Mezi opylovatele magnólií se v ČR řadí drobní brouci rodů blýskáček (*Melightes*), leskňáček (*Epuraea*) a *Dasytes* (Jakl, 2005).

Kromě planě rostoucích druhů, opylují brouci v jiných klimatických zónách i některé ekonomicky významné plodiny. V jižní Indii opylují brouci z čeledi Anthicidae muškátovník vonný (*Myristicia fragrans*), na kterém vyrůstá koření známé jako „muškátový květ“ a „muškátový oříšek“ (Wiliams a Adam, 2010), v Brazílii opylují brouci rodů *Cyclocephala* a *Arrigutia* ovocný strom *Annona coriacea* (Costa a kol., 2017) apod. V podmínkách ČR jsou brouci, stejně jako mouchy a masařky, v roli opylovatelů často přehlíženi, ačkoli se podílí na opylování mnoha druhů, jak planě rostoucích tak i pěstovaných pro okrasné účely. Jako příklady lze jmenovat rody kalina (*Viburnum*), jeřáb (*Sorbus*), leknín (*Nymphaea*) nebo zástupce čeledi áronovitých (Araceae – *Diffenbachia* spp., *Philodendron* spp. atd.), sazaník (*Calycanthus*) a další.

Brouci, resp. jejich dospělci, navštěvují květy kvůli konzumaci nektaru nebo pylu a to se týká jak zcela běžných druhů jako zlatohlávek zlatý (*Cetonia aurata*), zlatohlávek tmavý (*Oxythyrea funesta*; obr. 2), slunéčko sedmitečné (*Coccinella septempunctata*), páteříček žlutý (*Rhagonycha fulva*; obr. 6) aj., tak druhů v české přírodě vzácných a ohrožených, např. tesaříka (*Ropalopus clavipes*), nosatce (*Rhabdorrhynchus echii*), blýskáčka (*Meligethes serripes*) apod. (Konvička a kol., 2017). Nevýhodou brouků jako opylovatelů je ale skutečnost, že mohou sežrat celé květy (Jersáková a Tropek, 2018a), nebo vyžírají prašníky s pylem v takové míře, že tím vlastní opylení květů znemožní. Příkladem takového opylovatele-škůdce je blýskáček řepkový (*Brassicogethes aeneus*), který vyžírá pyl z květů ovocných stromů, brukvovitých plodin, ale i mnoha dalších druhů rostlin.

Obr. 6: Páteříček žlutý (*Rhagonycha fulva*) na fenyklu obecném (*Foeniculum vulgare*)

3.2.6. Mravenci – čeleď Mravencovití (Formicidae), podřád Štíhlopasí (Apocrita), řád Blanokřídlí (Hymenoptera)

V Evropě se vyskytuje více než 600 druhů mravenců a 105 z nich se vyskytuje na území ČR (Werner a Wiezik, 2007). Mravenci patří, stejně jako včely a čmeláci, mezi sociální hmyz. Žijí v hnízdních koloniích, tzv. mraveništích, která mohou čítat až několik miliónů jedinců. Počet rostlinných druhů opylovaných mravenci je však vzhledem k množství mravenců a jejich širokému rozšíření překvapivě nízký. V mírném klimatickém pásmu se jedná především o druhy, které mají často malé, otevřené květy a rostou na suchých nebo alpských stanovištích, kde se hojně vyskytují i mravenci (Rostás a kol., 2018). Hlavními opylovateli jsou ale mravenci také v případě některých druhů rostlin z čeledě krtičníkovitých (Scrophulariaceae). V tropických deštných pralesích jsou mravenci důležití při opylování tzv. kauliflorních nebo ramiflorních květů, tedy květů či květenství, které vyrůstají přímo z hlavních větví nebo dokonce z kmene, což je případ mnoha stromů, např. kakaovníku (*Theobroma cacao*) (Kovář, 1995). Opylování mravenci však má i svoje negativní stránky. Mravenci se bez větších obtíží často dostávají i do technických izolátorů a pak mohou kontaminovat izolované rostliny nežádoucím pylem.

3.2.7. Motýli – řád Lepidoptera

Mezi hmyzími řády patří motýli k nejbohatším a vývojově nejpokročilejším. Ve světě bylo celkem popsáno asi 160000 druhů motýlů (Krenn, 2010), na území ČR bylo do konce roku 2010 zaregistrováno 3 429 druhů motýlů, ale v posledních letech stále přibývají nové nálezy dosud nezjištěných druhů, a proto lze počítat s tím, že počet zaregistrovaných druhů se bude i nadále mírně zvyšovat (lze uvažovat nejméně o 3 500 druzích) (Laštůvka a Liška, 2011). Taxonomický systém motýlů je značně komplikovaný a liší se dle pojetí jednotlivých autorů, běžně se ale používá účelové dělení na motýly denní a noční. Naprostá většina druhů je aktivních v noci – v ČR je z celkového počtu druhů jen cca 150 aktivních ve dne.

Z pohledu opylování je důležité také dělení motýlů podle příjmu potravy. Jsou motýli, kteří ve své dospělé fázi života potravu již vůbec nepřijímají, a proto nemají důvod kvetoucí rostliny navštěvovat. Dospělci těchto motýlů nemají ani trávicí ústrojí a délka jejich života, která většinou nepřesahuje 3 týdny, je závislá pouze na vykrmení, kterého dosáhli ve stádiu housenky. Většina druhů motýlů je však v dospělosti antofilních – mají sosák (proboscis), kterým nasávají květní nektar nebo jiné kapalné látky. Význam motýlů jako opylovatelů byl mnohokrát prokázán a evoluční biologie prokázala, že květy i ústní ústrojí motýlů se sobě navzájem v mnoha případech anatomicky a funkčně významně přizpůsobily.
Sosák motýlů, kteří se krmí květním nektarem, je v porovnání s ostatními druhy hmyzu velmi dlouhý. U většiny motýlů nepřesahuje délku 5 cm, ale u jihoamerického druhu *Amphimoea walkeri* dosahuje až 28 cm. Motýli přistupují ke květům se sosákem volně stočeným a po přistání jej rozbalují. Při sání nektaru se sosák může v přibližně jedné třetině své délky ohnout, což motýlům umožňuje přizpůsobit se různým hloubkám květů. Motýli proto mohou navštěvovat květy různého tvaru i velikosti (Krenn, 2010), u květů s dlouhou květní trubkou nebo ostruhou však mají oproti jiným opylovatelům zřejmou výhodu. Nektar druhů opylovaných motýli je poměrně řídký, aby prošel dlouhým a úzkým sosákem, a často obsahuje velké množství dusíkatých látek, včetně esenciálních aminokyselin.

Obr. 7: Otakárek fenykový (*Papilio machaon*) saje svým zahnutým sosákem nektar na levanduli lékařské (*Lavandula angustifolia*)

Denní motýli se při vyhledávání svých živných květů často řídí zrakovými podněty, a proto často vyhledávají květy výrazně zbarvené – červené, oranžové, žluté a fialové. Mezi typické rostliny opylované denními motýly patří kohoutek luční (*Lychnis flos-cuculi*), hvozdíky (*Dianthus* spp.), sadec konopáč (*Eupatorium cannabinum*), rudohlávek jehlancový (*Anacamptis pyramidalis*), levandule (*Lavandula* spp.), keře rodu komule (*Buddleia*) a libora (*Lantana*). Noční motýli se ve tmě orientují hlavně čichem, ale mohou využívat i zrak a někteří vidí i barevně. Opylují květy, které za soumraku a v noci silně sladce voní a mají bílou, krémovou nebo světle žlutozelenou barvu. Noční motýli často opylují silenky (*Silene* spp.), mydlice (*Saponaria* spp.) nebo plaménky (*Flox* spp.) (Jersáková a Tropek, 2018a).

Mezi opylovatele se řadí i zástupci celé řady dalších skupin hmyzu, např. vosy, ploštice, molice, třásněnky, komáři a další, opylování však provádějí jen okrajově a rozsah této metodiky neumožňuje se jim věnovat podrobněji.

3.3. Faktory ovlivňující výběr živných rostlin pro hmyzí opylovatele

Jak již bylo řečeno, navštěvují hmyzí opylovatelé květy kvůli zajištění vlastní potravy. Jedno průměrně velké včelstvo včely medonosné potřebuje pro svůj zdárný vývoj ročně až 30 kg pylu s vysokou výživovou hodnotou a správným poměrem nezbytných aminokyselin.

Hlavním lákadlem pro včely i další hmyzí opylovatele je však v květech nektar, který jim slouží jako zdroj energie (Švamberk, 2014). Nektar, ale i medovici, kterou ve svých tělech vytvářejí její producenti (mšice a červci), přetvářejí včely medonosné na med, který po zavíčkování v plástu slouží jako jakási energie v konzervě. Zásoby medu pak včely dle aktuální potřeby používají jako potravu pro sebe i své larvy, ale především jako zdroj tepla v nepříznivém období. Spotřeba včel na jejich základní látkovou přeměnu (bazální metabolismus) činí asi 6,7 mg potravy na včelu a den, průměrná denní spotřeba na 1 buňku vyvíjejícího se plodu je 6,1 mg. Celková spotřeba medu včelstvem se odhaduje na asi 100 kg ročně, což představuje více než 200 kg nektaru a medovice (Švamberk, 2015). Ostatní druhy hmyzích opylovatelů jsou ve srovnání se včelou medonosnou na množství a kvalitu své potravy většinou méně náročné, ale faktory, které výběr živných rostlin ovlivňují, jsou pro všechny stejné.

Ukazatele, které ovlivňují potravní preference hmyzích opylovatelů, můžeme rozdělit na několik skupin a stručně vyjmenovat některé jejich příklady. Níže uvedený výčet faktorů, které potravní preference hmyzích opylovatelů ovlivňují, však rozhodně nelze považovat za úplný. Jednotlivé ukazatele se navíc různě prolínají a ovlivňují a výsledná preference určitého druhu živné rostliny pro určitý druh opylovatele je výsledkem složitého algoritmu jejich vztahů a spolupůsobení. Velmi stručně tedy zmíníme pouze ty nejzákladnější, nebo naopak nejméně známé z nich:

3.3.1. Morfologické a fyziologické vlastnosti hmyzu

Mezi morfologické a fyziologické vlastnosti hmyzu můžeme zařadit velikost a hmotnost hmyzu (jak různých druhů hmyzu, tak odlišnosti mezi pohlavími či kastami u jedinců stejného druhu), schopnost překonávat vzdálenost (pohybový rádius u létajícího či lezoucího hmyzu), období aktivity (den nebo noc, různá denní doba apod.), typ ústního ústrojí (kousací – př. brouci a mravenci, sací – př. motýli, lízací – př. včely a čmeláci) a jeho parametry (délka, sací schopnost apod.), přizpůsobení orgánů pro sběr a přenos pylu a nektaru (medný váček, ochlupení povrchu těla apod.), schopnost efektivně vyhledávat potravní zdroje (rozvoj zraku a/nebo čichu), nároky na výživovou hodnotu potravy (viz společenský vs. soliterní hmyz), typ metabolismu (schopnost trávit různé složky potravy) apod. a většina z těchto ukazatelů, stejně jako jejich vliv na opylování, již byla zmíněna v předcházejícím textu.

Co se týče rozdílů v aktivitě různých druhů opylovatelů v průběhu dne, tak v letech 2002 a 2003 bylo v Polsku zjištěno, že aktivita včel medonosných začínala u osmi druhů rostlin z čeledi brukvovitých (Brassicaceae) mezi 6:00 – 7:00. Nejvíce včel bylo na květech pozorováno v intervalu 10:00 – 12:00 hodin a potom návštěvnost včel na květech postupně klesala. Po 15:00 již včely na květech pozorovány nebyly. Podobnou aktivitu v průběhu dne vykazovaly i včely samotářky a čmeláci, ale aktivita čmeláků na pozorovaných rostlinách končila dříve, než aktivita včel medonosných a samotářské včely, mouchy a motýli začínaly na květy přilétat později a opouštěly je také dříve, než včely medonosné (Denisow, 2004).

3.3.2. Morfologické a fyziologické vlastnosti květů

Morfologické a fyziologické vlastnosti květů zahrnují např. velikost květů a jejich tvar, přístup k nektaru a pylu, barvu květů a jejich teplotní parametry, vůni, dobu rozkvětu (př. denní a noční, dopoledne a odpoledne), průměrnou délku kvetení jednotlivých květů, dynamiku produkce nektaru apod.

Opylovatelé využívají na identifikaci a zapamatování těch rostlinných druhů, které jim poskytly vhodnou potravu, různé smyslové podněty. Oblíbenost některých květů v souvislosti s jejich barvou byla zkoumána např. u včel medonosných a čmeláků (Müller, 1881). Poměrně známý už je také fakt, že hmyz díky svému odlišnému vnímání barev (na rozdíl od člověka vidí hmyz i ultrafialovou část spektra) (Pecháček, 2016a-c; Straka, 2003) vidí květy jinak než lidé. Méně známe je, že jedním z těchto senzorických podnětů může být i teplota květů samotných, způsobená zachycením slunečního světla nebo termogenezí rostlin. Čmeláci a včely dokáží rozeznávat rostliny na základě těchto teplot. Teplota květu samotného se může v různých jeho částech lišit a tyto rozdíly vytvářejí teplotní strukturu nebo vzor. Víc jak polovina ze 118 druhů, které byly hodnoceny pomocí termografie, měla rozdíly v teplotách částí květů až 2 °C a je známo, že včely jsou schopny tuto změnu zachytit. Čmeláci tvar těchto teplotních struktur vnímají také, a proto byli schopni např. rozlišit umělé květy od živých (Harrap a kol., 2017).

Rozdíly v termínu otevírání květů, a s tím související atraktivitou květů pro různé druhy hmyzu, zkoumali na osmi druzích z čeledi bukvovitých (Brassicaeae) v Polsku. Bylo zjištěno, že většina květů rukevníku východního (*Bunias orientalis*), šedivky šedé (*Berteroa incana*), hořčice polní (*Sinapis arvensis*), rukve rakouské (*Rorippa austriaca*) a hulevníku Loselova (*Sisymbrium loeselii*) se otevírají v časných ranních hodinách (4:00 – 9:00) a návštěvnost včel medonosných, samotářských včel a na některých z těchto druhů i čmeláků na květech vrcholí s časovou prodlevou 2 – 4 hodin. U řeřišničníku písečného (*Cardaminopsis arenos*) a ředkve ohnice (*Raphanus raphanistrum*), jejichž květy se otevírají později a ne tak synchronně (7:00 – 16:00 u řeřišničníku a 8:00 – 16:00 u ředkve), navštěvují hmyzí opylovatelé květy po celou tuto dobu (Denisow, 2004).

V dynamice produkce nektaru mohou být mezi rostlinami rozdíly jak na úrovni druhů, tak i odrůd. Při hodnocení 28 maďarských odrůd hrušní bylo zjištěno, že některé z nich jsou schopny vytvářet nektar v květech v průběhu celého dne (9:00 – 19:00 hodin), nebo v jeho větší části, květy většiny odrůd ale produkovaly nektar pouze ráno a pak zase navečer a květy některých odrůd nektar téměř netvořily (Farkas a Orosz-Kovács, 2003).

3.3.3. Hodnotící ukazatele nektaru

Hlavními hodnotícími ukazateli nektaru jsou nektarodárnost, cukernatost, cukerná hodnota a podíl jednotlivých cukrů v nektaru. U včely medonosné se uvádí i mednatost, tedy kolik medu jsou včely schopny vytvořit z 1 ha porostu určité plodiny.

Nektar je kapalina, kterou rostliny vylučují specializovanými pletivy – nektárii. Pro rostlinu představuje lákadlo (atraktant) vábící opylovatele, pro opylující hmyz pak zdroj cukerných látek, ze kterých hmyz získává energii. Nektar tvoří průměrně 60% vody a 40% cukru, ale různé druhy rostlin mohou (v závislosti na svém genetickém základu, zdravotním stavu,

půdních a klimatických podmínkách apod.) tvořit i nektar s podílem 5 – 85% vody a 15 – 95% cukru. V nektaru jsou přítomna také stopová množství aromatických a pryskyřičných látek, minerálních látek, aminokyselin a organických kyselin, barviva a druhotné pevné příměsi jako pyl a prach. Nektar obsahuje převážně cukry ze skupiny monosacharidů (glukóza, fruktóza) a disacharidů (sacharóza), vyskytují se ale i složité cukry jako maltóza, galaktóza apod. Nektar s převahou sacharózy produkuje například jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*), s převahou glukózy řepka olejka (*Brassica napus* var. *oleifera*) a pampeliška lékařská (*Taraxacum officinale*) a nektar s převahou fruktózy vytvářejí květy trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*) (Novotná, 2014).
Nektarodárnost (N) je veličina, která vyjadřuje množství nektaru vyloučeného izolovaným květem za 24 hodin v miligramech. Cukernatost (C) uvádí procentuální obsah cukrů v nektaru a cukerná hodnota (C.h.) vyjadřuje množství cukru (v miligramech), vytvořeného v nektariích izolovaného květu za 24 hodin (Haragsim, 2013).

Tab. 1: Hodnotící ukazatele nektaru u vybraných druhů rostlin (Haragsim, 2013)

Rostlina	N (mg)	C (%)	C.h. (mg)
bodlák nící (*Carduus nutans*)	0,4	38	0,14
brutnák lékařský (*Borago officinalis*)	2,6	53	1,40
jabloň lesní (*Malus sylvestris*)	1,1	41	0,45
jetel luční (*Trifolium pratense*)	0,5 - 0,9	28 - 63	0,14 - 0,57
jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*)	1,6	40	0,64
komonice bílá (*Melilotus albus*)	0,2	36 - 40	0,07 - 0,08
lípa srdčitá (*Tilia cordata*)	1,9	30	0,57
maliník (*Rubus idaeus*)	7,0	30 - 60	2,10 - 4,20
netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*)	1,9	56	1,06
pampeliška lékařská (*Taraxacum officinale*)	0,3 - 1,0	28 - 36	0,03 - 0,11
pohanka obecná (*Fagopyrum aesculentum*)	0,2 - 0,4	41 - 45	0,08 - 0,18
řepka olejka (*Brassica napus* var. *oleifera*)	0,6	48	0,29
slunečnice roční (*Helianthus annuus*)	0,4	47 - 53	0,17 - 0,19
svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia*)	0,6 - 0,8	42 - 45	0,25 - 0,36
tolice vojtěška (*Medicago sativa*)	0,2 - 0,8	17 - 48	0,03 - 0,40
trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*)	2,8 - 4,2	58 - 62	1,60 - 2,60
tykev obecná (*Cucurbita pepo*)	18,3	50	9,19
vrba jíva (*Salix caprea*)	0,3	32	0,09
vřes obecný (*Calluna vulgaris*)	0,4	26 - 30	0,11 - 0,13
yzop lékařský (*Hyssopus officinalis*)	0,3	45	0,13

V rámci experimentů s 24 kultivary *Brassica campestris* var. *toria* bylo prokázáno, že oba studované druhy včel, tedy včela medonosná (*Apis mellifera*) i včela východní (*A. cerana*) více navštěvovaly ty kultivary, které poskytovaly vyšší objem nektaru a vyšší obsah cukru (Abrol, 2007). Samotná nektarodárnost a cukernatost resp. cukerná hodnota však nemusí být pro preferenci určitého rostlinného druhu jako vhodného zdroje potravy pro hmyz

rozhodující. Druhy jako komonice bílá, jetel luční, pampeliška lékařská, pohanka obecná nebo slunečnice roční kompenzují relativně nízkou nektarodárnost svých květů jejich nahloučením do květenství a spolu s množstvím květů resp. květenství, která je každá rostlina schopna vytvořit, a plochou, na jakých se tyto druhy v přírodních společenstvech nebo v polních kulturách vyskytují, tak představují velmi vydatný zdroj potravy. Květy resp. květenství vrby jívy, bodláku nícího a třeba vřesu obecného jsou zase opylujícím hmyzem hojně navštěvovány proto, že rozkvétají v obdobích časného jara nebo naopak podzimu, kdy je potravní nabídka chudá a opylující hmyz tedy využívá jakékoli, tedy i ty méně hodnotné zdroje potravy. Tykev obecná, jako nejhodnotnější z výše uvedených nektarodárných rostlin, má zase nevýhodu v tom, že její květy jsou obrovské, rostliny jich produkují relativně málo a navíc jsou rozmístěny na velké ploše. Také pěstební plocha tykví není v ČR tak velká, aby bylo možné tykev považovat za významný zdroj potravy hmyzích opylovatelů.

3.3.4. Hodnotící ukazatele pylu

Z hlavních hodnotících ukazatelů pylu lze uvést pylodárnost, tvar a velikost pylových zrn a především chemické složení pylu, tedy obsah jeho bílkovin, zastoupení jednotlivých aminokyselin a v neposlední řadě i obsah minerálních látek.

Pyl obsahuje samčí pohlavní buňky, které zajišťují pohlavní rozmnožování rostlin. Pro hmyzí opylovatele představují zdroj bílkovin, minerálních látek a vitamínů (Haragsim, 2013). Pyl se průměrně skládá ze 16% vody, 24% bílkovin, 26% cukrů, 15% sporopoleninu, 5% celulózy, 5% tuků, 6% popelovin a 3% vitamínů, hormonů, enzymů, barviv a dalších látek (Novotná, 2014). Výživová hodnota pylu je určována především obsahem aminokyselin, stavební složky bílkovin, a jejich vzájemným poměrem. Pylová zrna mají různý tvar (kulovitý, vejčitý, vřetenovitý apod.) i velikost (Haragsim, 2013) a obě tyto vlastnosti souvisejí se způsobem rozmnožování daného rostlinného druhu. Pyl větrosnubných druhů bývá drobnější a lehčí, na svém povrchu mívá vzdušné vaky, které pomáhají jeho unášení vzduchem. Pyl hmyzosnubných rostlin bývá oproti tomu pokryt výčnělky či háčky, nebo mívá lepkavý povrch, který umožní přichycení zrna na povrch hmyzího těla. Hmyzosnubné rostliny mají také pyl bohatší na proteiny (Novotná, 2014).

Obr. 8: Čmelák zemní (*Bombus terrestris*) tvoří na svých zadních nohách černé rousky z pylu máku vlčího (*Papaver rhoeas*)

Z dřevin má nejmenší pylová zrna kaštanovník setý (*Castanea sativa*), líska obecná (*Coryllus avelana*) a vrba jíva (*Salix caprea*), z bylin např. divizna velkokvětá (*Verbascum densiflorum*), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) nebo třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*). Bylo spočítáno, že v jednom květu jírovce (*Aesculus* sp.) se v prašnících vytvoří až 180 000 pylových zrn, což

přepočteno na květenství jírovce představuje 42 miliónů pylových zrn; v květu javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*) se vytvoří asi 23 500 pylových zrn a v celém květenství 25 miliónů; v prašníku květu lípy (*Tilia* sp.) vzniká 43 500 zrn a v jednom květu pak kolem 200 tisíc zrn (Haragsim, 2013).
Množství pylu, které je rostlina schopna vyprodukovat, uvádí pylodárnost. Uvádí se buď v miligramech na květ, 10 květů nebo květenství, nebo v $kg.ha^{-1}$ (Novotná, 2014).

Tab. 2: Pylodárnost některých tradičních včelařských rostlin

Rostlina	mg / 10 květů	mg / květenství	$kg.ha^{-1}$
řepka olejka	12,9		60 - 150
svazenka	6,2		150 - 200
komonice	2,6	22,7	60 - 150

Využití pylu je velmi dobře zdokumentováno u včely medonosné. Včelí larvy jsou v úlu živeny výměšky hltanových žláz mladušek. Činnost těchto žláz je však plně závislá na výživě mladušek pylem. Mladušky začínají konzumovat pyl již několik hodin po vylíhnutí. Největší spotřebu pylu však mají až 5. den, kdy jsou jejich žlázy na vrcholu rozvoje. Dospělé včely už pyl v úlu nekonzumují, nebo jen ve výjimečných případech. Uvádí se, že na výchovu jedné larvy je průměrná spotřeba 66,5 mg rouskovaného pylu. Jedna buňka plástu obsahuje průměrně 183 mg pylu a lze z ní tedy vychovat 3 včely. Průměrně silné včelstvo vychová za sezónu kolem 200 000 včel a roční spotřeba pylu ve včelstvu je tedy 25 – 35 kg (Haragsim, 2013).

3.3.5. Aktuální dostupnost živných rostlin

Aktuální dostupností živných rostlin můžeme rozumět jejich vzdálenost od hmyzího útočiště, např. včelího úlu, fázi kvetení dané rostliny (nakvétání – plný květ – dokvétání), počet vhodných květů resp. rostlin v okolí, konkurenční boj (další opylovatelé stejného či jiného druhu, využívající stejný zdroj potravy), plynulost včelí pastvy (tedy jestli je na stanovišti vhodný zdroj potravy jen v nějakém krátkém období, nebo po celou vegetační dobu), pestrost pastvy (různé druhy rostlin, vhodné jako zdroj potravy, které kvetou ve stejnou dobu), schopnost některých druhů rostlin remontovat (kvést v rámci jedné vegetační doby opakovaně) apod.
Termín kvetení hraje při výběru živných rostlin u mnoha druhů opylujícího hmyzu zásadní roli. Samozřejmostí je, že kvetení jednotlivých druhů se musí překrývat s obdobím aktivity příslušného druhu, ale hmyz má ve své poptávce po potravě i různé výkyvy, např. zvýšená potřeba potravy při krmení larev nebo před přípravou na zimní období, které musí potravní nabídka v jeho okolí pokrývat. Období, po které ten který druh rostliny kvete, je sice značně individuální, obecně lze ale říci, že u většiny druhů se pohybuje od jednoho do šesti týdnů. Krátkým obdobím kvetení se vyznačují např. ovocné stromy (meruňky, broskvoně apod.) nebo javor babyka (Jabłoński a Kołtowski, 2004), dlouhé období kvetení mají např. hluchavka bílá a nachová (*Lamium album, L. purpureum*) (Denisow a Bożek, 2008), saturejka horská (*Satureja montana*) a brutnák lékařský (*Borago officinalis*) (Kaffková a Smékalová, 2018),

nebo některé okrasné letničky z čeledi hvězdnicovitých (Asteraceae), jako měsíček lékařský (*Calendula officinalis*), aksamitník rozkladitý (*Tagetes patula*), ostálka sličná (*Zinnia elegans*) aj. (Wróblewska a kol., 2016).

Ani plynulost nabídky kvetoucích rostlin není na většině stanovišť samozřejmostí. Místo pozvolného nástupu kvetení různých druhů jsme v poslední době v jarních měsících často svědky raketového startu jara, kdy začne kvést všechno najednou – období dostatku a (s ohledem na sezónní biorytmus různých druhů opylujícího hmyzu a postupný rozvoj hmyzích společenstev) někdy dokonce nadbytku dostupné pastvy však s postupujícím létem, podletím a podzimem střídá nedostatek květů a tedy i hlad. Tato nepříliš uspokojivá situace může samozřejmě nastat i na stanovištích přírodního typu, v plné míře však postihuje především krajinu intenzivně kultivovanou člověkem, zvláště pak v poslední době často kritizované oblasti zemědělských monokultur typu řepka olejka, smrk ztepilý apod. V obdobích, kdy je aktuální potravní nabídka slabší, je pak hmyz nucen využívat i takové zdroje, kterých by si za jiných okolností nevšímal. Příkladem takové rostliny je kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*), kterou včely medonosné využívají zejména v době slabých snůšek a bezsnůškových mezer, protože je pro ně pouze průměrným zdrojem nektaru i pylu (Švamberk, 2014).

Na využívání potravních zdrojů má ale u hmyzu velký vliv i množství rostlin stejného druhu na ploše a počet jejich květů, které lze společně vyjádřit jako hustotu květů na ploše. Jen několik rostlin s množstvím květů bohatých na nektar a/nebo pyl představuje stejně významný zdroj, jako velké množství rostlin, které ale vytvářejí vždy jen jeden květ, nebo velké množství rostlin s velkým množstvím květů, jejichž produkce nektaru a/nebo pylu je výrazně slabší. Výběr živných rostlin je pro některé druhy hmyzu, například včely medonosné, které vyhledávají především vydatné (co do objemu, tak i do výživnosti) zdroje potravy, také otázkou efektivity práce. Na sběr potravy z malého počtu rostlin roztroušených na velké ploše spotřebuje včela-létavka takové množství energie, že i když jednotlivé květy poskytují vydatné množství pylu a/nebo nektaru vysoké výživové kvality, tak se včele takový zdroj potravy nevyplatí sbírat. V takovém případě si často vybere raději méně kvalitní zdroj potravy, kterého se ale na relativně malé ploše vyskytuje velké množství a celkový poměr získané potravy ku energii vynaložené na její získávání je příznivější.

3.3.6. Vliv abiotických faktorů – počasí, půdní a klimatické podmínky, agrotechnika

Všechny výše uvedené ukazatele, které jsou při výběru živných rostlin pro hmyzí opylovatele relevantní, jsou navíc ovlivňovány aktuálním průběhem počasí. Sebevydatnější, sebepestřejší a sebelákavější nabídka vhodných druhů může při dočasně nepříznivém počasí zůstat nevyužita, protože hmyzí opylovatelé v podmínkách nízkých teplot, větrného či deštivého počasí nemohou ze svých úkrytů vyletět a své pastvě se věnovat.

Průběh počasí, stejně jako půdní a klimatické podmínky stanoviště a v neposlední řadě také způsob kultivace jednodruhových i smíšených porostů, jsou zásadní faktory, které dostupnost potravy pro hmyz, a tedy i jejich výsledný výběr, ovlivňují. Vliv klimatických faktorů v průběhu tří vegetačních sezón hodnotili v sérii svých měření na různých rostlinných druzích v Polsku. U třapatky nachové (*Echinacea purpurea*), kterou hodnotili v letech 2002 – 2004, se

průměrná výška rostlin pohybovala mezi 65 (2002) – 80 (2004) cm, rostliny kvetly od 2. 7. (2002) – 16. 7. (2004) do 10. 8. (2002) – 2. 9. (2004) a na 1 m^2 měly průměrně 27 (2004) – 96 (2003) výhonů a 21 278 (2002) – 32 875 (2004) květů. Obsah cukrů v nektaru se pohyboval od 2,0 (2002) do 12,4 (2003) mg/10 květů, průměrně byl obsah cukrů v nektaru stanoven na 3,18 (2002) až 6,31 (2003) mg/10 květů (Jabłoński a Kołtowski, 2005). Tyto rozdíly, někdy až násobné, lze zdůvodnit právě rozdílnými klimatickými faktory (minimální, maximální a průměrné denní teploty, srážky, vzdušná vlhkost, počet slunečných dnů apod.). Podobné poznatky získali i Farkas a Orosz-Kovács (2003) u hrušní – některé odrůdy v letech s vyšší průměrnou denní teplotou a nižší vzdušnou vlhkostí na rozdíl od jiných roků v květech vůbec netvořily nektar.

Z agrotechnických zásahů má na atraktivitu různých druhů rostlin pro opylující hmyz samozřejmě největší vliv termín sklizně. Pokud je porost sklizen před květem nebo v průběhu kvetení, mohou ho opylovatelé závislí na květním nektaru a pylu využít jen částečně, nebo vůbec. K těmto situacím dochází jak u plodin pěstovaných na zelené hnojení (svazenka, řepka, hořčice, lupina apod.), tak u pícnin (různé druhy jetele, vojtěška, štírovník apod.) a lučních porostů, ale také u zelenin, jejichž sklizňovou částí nejsou plody či semena. Jako pastva pro hmyzí opylovatele bývají nejlépe využity právě semenné porosty olejnin a technických plodin (řepka, slunečnice, mák, lnička, len, konopí aj.), pícnin, luskovin, léčivých, aromatických a kořeninových rostlin (ostropestřec mariánský, kmín, fenykl aj.). Z plodin pěstovaných pro plody patří mezi nejvýznamnější zdroje potravy hmyzích opylovatelů ovocné stromy a keře (jabloně, slivoně, mandloně, meruňky, maliník, ostružiník, rybíz atd.) a plodová zelenina, např. okurky.

3.4. Problematika hodnocení potravních preferencí

Atraktivitu rostlinných druhů, jako zdroje potravy pro hmyzí opylovatele, lze hodnotit různými způsoby. Z laboratorních metod můžeme uvést např. analýzu obsahu pylových zrn ve výkalech (př. u čmeláků viz Teper, 2006, nebo u zednice rezavé (*Osmia rufa*) viz Teper, 2007), pokusy s pylem předloženým hmyzu na petriho miskách (př. přijímání pylu sedmi druhů rostlin včelami medonosnými viz Vaissière a Vinson, 1994), nebo hodnocení pylu zachyceného přímo na tělech zkoumaných jedinců (Falkenauerová, 2011). Testy v laboratorních podmínkách však obvykle přinášejí výsledky více či méně zkreslené, protože uměle navodit všechny výše zmiňované faktory, které výběr živných rostlin pro různé druhy hmyzu ovlivňují, v celé jejich šíři a vzájemnými vlivy, je nemožné.

U včel medonosných se jako vodítko pro hodnocení jejich pastvy používá i analýza pergy (Wróblewska a kol., 2010) nebo pylová analýza medu (Patrignani a kol., 2019). Perga nebo-li plástový pyl je rouskový pyl, který včely v úlu spolu s výměšky svých hltanových žláz vrství do voskových buněk k pozdějšímu využití. Med včely vytvářejí z květního nektaru nebo medovice také s použitím výměšků svých hltanových žláz. Při sběru nektaru i medovice, ale i při následné manipulaci se sladinou v úlu, vždy dochází k částečnému znečištění pylovými zrny. Ze složení pergy a přítomností pylových zrn v medu, jejich množství, velikosti, tvaru apod., které zkoumá vědní obor palynologie, lze částečně odvodit, z jakých rostlin včely pyl a sladinu na výrobu medu sbíraly a na jakých rostlinách se tedy pravděpodobně i živily. I tyto

výsledky však z pohledu hodnocení potravních preferencí hmyzu představují pouze pomocné vodítko a nelze je považovat za zcela vypovídající.

Při studiu potravních spekter opylovatelů stále zůstává vůdčí metodou přímé terénní pozorování, při kterém jsou odchytáváni či zaznamenáváni všichni opylovatelé sledované rostliny nebo všechny květy navštívené jedním opylovatelem (Falkenauerová, 2011). Tento způsob je metodologicky nejpřesnější, nejvíce používaný a v odborné literatuře také nejčastěji publikovaný. I tento postup má však mnoho různých podob, výhod, ale bohužel také nevýhod, které budou diskutovány později. Někde uprostřed mezi laboratorními metodami a metodami, počítajícími hmyzí opylovatele na květech zájmových rostlin, je studium hmyzích opylovatelů v podmínkách technické izolace. Technické izolátory různých typů a velikostí, vyrobené z různých materiálů, sice co možná nejvěrněji napodobují přírodní podmínky, ale nikdy je nemohou vytvořit přesně. Na jedné straně technické izolátory umožňují růst a vývoj pokusných rostlin v podmínkách, které s drobnými odchylkami reflektují střídání světelných a tepelných period ve dne a v noci, rostliny i hmyz jsou vystaveny přírodním srážkám, větru apod. Na straně druhé však pro hodnocené hmyzí opylovatele nutně představuje větší či menší stres z uzavřených prostor, nemožnost dostatečného proletu, nedostatek vhodných úkrytů, více či méně omezenou nabídku vhodných živných rostlin a další komplikace.

Na lokalitách přírodního typu se dají počítací metody rozdělit na počítání *in situ*, při kterých se na konkrétním porostu v reálném čase počítá počet přítomných jedinců (metoda liniových transektů a „časové průzkumy“ viz dále), a metody *ex situ*, což znamená, že hmyz se na ploše odchytí (do síťky nebo lapače), nebo je aktivita hmyzu na květech zdokumentována pomocí pořízeného kamerového záznamu (Manetas a Petropoulou, 2000), a určení a počítání různých druhů hmyzu pak následně probíhá v laboratoři. Pro hodnocení aktivity hmyzu na květech bývají údaje získané oběma těmito postupy zpracovány různým způsobem a vyjádřeny staticky, tedy např. jako počet jedinců přítomných na ploše (např. 1 m^2, 10 m^2) v určitém okamžiku, nebo krátkém časovém intervalu (1 – 15 min), nebo dynamicky, kdy se kromě počtu jedinců na ploše hodnotí i faktor času. Ten může mít podobu časového úseku, který hmyz strávil pastvou na rostlině, nebo času, který hmyz strávil jak vlastním krmením, tak i hledáním potravy, tedy např. dobou od výletu z úlu či hnízda do jeho návratu, hodnocením počtu kontaktů za minutu na 1000 květů (Torné-Noguera a kol., 2016) apod. Dosud publikované metody se značně liší ve velikosti plochy a počtu opakování, v četnosti pozorování v rámci dne (pevně stanovené např. hodinové nebo dvojhodinové intervaly, nebo časové úseky v rozmezí od – do) i celé vegetační sezóny (celé období kvetení rostlinného druhu, jen období plného kvetení (přičemž tuto fázi každý stanovuje jinak, buď podle konkrétního kalendářního data, nebo podle procenta rozkvetlých rostlin v porostu apod.), počtem pozorovacích dnů (2 x do týdne, 1 x za dva týdny, 14 po sobě jdoucích dní apod.), trvání jednoho pozorování (3 – 15 minut), délce celého hodnocení (jednoleté i víceleté pokusy) i podmínkách, za kterých lze pozorování uskutečnit (buď standardizované podmínky, které se používají např. pro odchyt motýlů, nebo jen slovně popsané – např. slunné dny, bez větru, s nějakou průměrnou teplotou apod.). Některé metodiky, např. Wood a kol. (2017) navrhují, aby pozorování dělala stále stejná osoba, aby bylo vše hodnoceno „jedním okem“, a tak se minimalizovalo zkreslení zapříčiněné více pozorovateli. Jak však konstatuje Abou-

Shaara (2014), nejdůležitější je zvolenou metodu hodnocení přizpůsobit cíli výzkumu, a proto lze pro různé účely hodnocení použít kombinace libovolných parametrů a přístupů.

3.4.1. Cíle výzkumu

Potravní specializace fytofágního hmyzu (zaměřeného na rostlinnou potravu) je dobře prozkoumaná zejména u druhů, které na pěstovaných plodinách škodí a proti nimž se potřebujeme bránit. Méně však víme o nárocích druhů hospodářsky nevýznamných (Špryňar a Strejček, 2012). Hmyzí opylovatele sice rozhodně nelze považovat za hospodářsky nevýznamné, ale studium jejich potravních preferencí stálo zatím bohužel často na okraji zájmu odborníků i veřejnosti. Znalost potravních preferencí u hmyzích opylovatelů však přináší významné výsledky v celé řadě oblastí výzkumu, ale i běžného života. Jednotlivé oblasti se samozřejmě vzájemně doplňují a překrývají a jejich výčet by nebral konce, ale mezi těmi nejvýznamnějšími lze jmenovat:

Monitoring výskytu a studium zájmových druhů hmyzu

Některé skupiny druhů nebo konkrétní druhy hmyzu se v určitém prostředí vyskytují v tak malém počtu (vzácné a ohrožené druhy), nebo skrytě (maskovací mimikry, noční aktivita, převládající způsob života pod zemí apod.), že pro pozorovatele jsou jen obtížně nalezitelné. Jejich pozorování při krmení, a tedy na květech, je tedy jednou z mála příležitostí k jejich studiu či sběru (Flek, 2013).

Monitoring výskytu různých druhů opylujícího hmyzu na určitém stanovišti

Studium biologické rozmanitosti (biodiverzity) přírodních stanovišť se zabývá výskytem různých druhů rostlin, živočichů i hub na určitém území. Pozorování či sběr hmyzích opylovatelů na květech je běžnou metodou hodnocení jejich přítomnosti a četnosti a pomáhá ke studiu biodiverzity stanovišť (Janovský, 2012).

Podpora hmyzích opylovatelů v krajině

Podpora hmyzích opylovatelů v krajině, ať již přírodního typu či kulturní, jde ruku v ruce s podporou biodiverzity, ale i se správnou zemědělskou praxí. Bez pestré škály různých druhů hmyzích opylovatelů by zanikla dnes tolik žádaná pestrost různých biotopů, ale poklesly by také výnos a kvalita mnoha druhů zemědělských plodin, za všechny například ovoce (Garratt a kol., 2014).

Komplementarita živných rostlin a hmyzích opylovatelů

Vzájemný vztah, tedy komplementarita, živných rostlin a hmyzích opylovatelů je významnou součástí studia potravních řetězců, reprodukčních strategií a dalších vztahů mezi organismy a jejich prostředím. V zemědělské praxi se studium komplementarity rostlin a jejich opylovatelů využívá zejména v semenářství, kde je volba vhodného opylovatele podmínkou pro získání vysokého výnosu a kvality množitelského materiálu, tedy semen příp. plodů. Komplementarita zájmových rostlin a vhodných opylovatelů se obvykle testuje v podmínkách technické izolace (Drobna a Ptacek, 2003; Wilkaniec a kol. 2004).

Rozmnožování zájmových druhů rostlin

Opylování a tvorba semen je podmínkou rozmnožování a zachování mnoha rostlinných druhů. U vzácných a ohrožených druhů rostlin je studium opylovacích poměrů a znalost a podpora jejich opylovatelů nezbytným předpokladem k jejich ochraně, zachování i případnému rozšíření na vhodných stanovištích. Hodnocení potravních preferencí resp. studium opylovatelů bylo použito např. v záchranném programu pro hvozdík písečný český (*Dianthus arenarius* subsp. *bohemicus*), který jako kriticky ohrožený druh roste v ČR pouze na jediné lokalitě. Bylo zjištěno, že produkce semen hvozdíku, a tedy i jeho zachování či vyhynutí na lokalitě, jsou vázány na efektivitu jeho opylovatelů. Bylo zjištěno, že opylovateli této rostliny jsou čtyři druhy poměrně běžných nočních motýlů, a to můra kartouzková (*Hadena compta*), kovolesklec gama (*Autographa gamma*), lišaj borový (*Sphinx pinastri*) a lišaj kyprejový (*Deilephila porcellus*) (Botanický ústav AV ČR, v.v.i., nedatováno). Frekvence návštěv jednotlivých druhů opylovatelů sice nemusí s jejich účinností opylování nutně korelovat (Ne´eman a kol., 2009), ale poskytuje k jejímu hodnocení významné vodítko. Rozmnožování zájmových druhů rostlin se ale netýká pouze vzácných a ohrožených druhů, ale i semenářství běžných plodin, pěstovaných pro výživu lidí i hospodářských zvířat. Studium potravních preferencí hmyzích opylovatelů se tedy týká jak druhů, jejichž sklizňovou částí jsou plody či semena, tak semenářské praxe. Znalost hlavních opylovatelů a jejich podpora na stanovištích se příznivě projeví jak na výnosu, tak kvalitě sklizně, ale přítomnost vhodných opylovatelů ovlivňuje i celkový habitus pěstovaných rostlin. Tyto vztahy byly mnohokrát popsány např. na řepce olejce (Kołtowski, 2001; Ladurner, 2002; Kamler a Jaš, 2003), pohance (Racys a Montviliene, 2005), cibuli (Giejdasz a kol., 2005; Wilkaniec a kol. 2004), různých druzích jetele (Drobna a Ptacek, 2003), jabloních (Garratt a kol., 2014), třešních (Bosch a kol., 2006) a mnoha dalších plodinách.

Chov různých druhů opylovatelů pro (nejen) komerční účely

Typickým příkladem záměrného chovu hmyzích opylovatelů je včelařství. Chov včelstev a produkce medu patří k jedněm z nejstarších oblastí zemědělské výroby. Objem a popularitu této činnosti lze dokumentovat údaji ze Situační a výhledové zprávy Včely z r. 2017, kde se uvádí, že od r. 1990 se počet včelařů v ČR dlouhodobě pohybuje okolo 50 tisíc a společně obhospodařují více než 500 000 včelstev (Krejčí, 2017). Je v zájmu včelařů, ale i související zemědělské a potravinářské výroby, aby včely nacházely v krajině dostatek kvalitní pastvy, která je podmínkou nejen vysokého výnosu medu, ale i dobrého zdravotního stavu včelstev. Hodnocení atraktivity různých druhů a odrůd pěstovaných rostlin pro včely je nedílnou součástí odhadu jejich medonosnosti (Jabłoński, 2001; Kołtowski, 2002). Nejen medonosnost, ale i dostupnost, pestrost, plynulost a další ukazatele kvality včelí pastvy jsou již tradičním předmětem studia a zájmu nejen včelařů. V poslední době se však do popředí dostává také chov dalších druhů hmyzích opylovatelů, např. čmeláků a samotářských včel a znalost potravních preferencí je pro jejich chov směrodatná.

Každý z výše uvedených cílů výzkumu nutně posouvá vlastní metodiku experimentálního hodnocení potravních preferencí hmyzích opylovatelů jiným směrem, ale základní parametry experimentů zůstávají stejné.

3.4.2. Základní parametry hodnocení potravních preferencí hmyzích opylovatelů

Zájmové druhy hmyzu

Studium potravních preferencí může být zaměřeno na jeden konkrétní druh nebo dokonce poddruh hmyzu, srovnání několika příbuzných druhů, např. včela medonosná (*A. mellifera*) a včela východní (*A. cerana*) (Abrol, 2007), nebo hodnocení preferencí různě velkých skupin druhů př. čmeláci (*Bombus* spp.) nebo dvoukřídlí (Diptera). Zájem hodnotitelů ale může být směrován i pouze na jedince některého pohlaví jednoho druhu (Falkenauerová, 2011) nebo dokonce jednotlivé kasty (Carvell a kol., 2007), nebo na druhé straně na veškeré hmyzí opylovatele na daném stanovišti (Janovský, 2012; Torné-Noguera a kol., 2016; Banaszak a Dochkova, 2014), či naopak jen na jednom konkrétním rostlinném druhu (Bożek, 2003; Denisow, 2005). Podle toho, na jaký typ hmyzích opylovatelů je hodnocení zaměřeno a jaký je jejich denní i sezónní biorytmus, je nutné přizpůsobit i ostatní parametry experimentu, tedy velikost hodnocené plochy či počet hodnocených rostlin, četnost pozorování apod.

Pro hmyz je typické, že jeho vývoj probíhá v několika různých stádiích. Za určující bývá považována potrava larválních stadií, neboť dospělci mívají obvykle potravní spektrum širší a hostitele mnohdy podle dostupnosti a nabídky mění. Pokud má hmyz více generací do roka, mohou mít jednotlivé hmyzí generace různě široká nebo i zcela odlišná spektra hostitelů (Špryňar a Strejček, 2012). Při hledání perspektivních stanovišť pro pozorování některých druhů hmyzích opylovatelů a posuzování jejich aktivity je tedy nutné brát ohledy i na dostupnost potravy, kterou měl tento hmyz i v předchozím, larválním, vývojovém stádiu, případně v dalších generacích svého vývoje. Příkladem takového chování může být jasoň červenooký (*Papilio machaon*), jehož larvy se živí výhradně rozchodníky (*Sedum* spp.), zatímco dospělí motýli sají nektar z květů chrp (*Centaurea* spp.), pcháčů (*Cirsium* spp.) a mateřídoušek (*Thymus* spp.) (Brommer a Fred, 1999), nebo jasoň dymnivkový, jehož larvy se živí výhradně několika druhy dymnivek (*Corydalis* spp.), zatímco dospělci navštěvují celou řadu nektarodárných rostlin pozdně jarního a časně letního aspektu (Konvička a Beneš, 2006 in Flek, 2013).

Design pokusných porostů

Také pokusné porosty se v rámci různých, již publikovaných hodnocení značně liší. Někdy se jedná o jednotlivé rostliny (Arnan a kol., 2014; Torné-Noguera a kol., 2016), jindy o organizované porosty s přesně daným počtem rostlin na jednotku plochy (Bendifallah a kol., 2013), nebo se potravní preference hodnotí v polních porostech (Jabłoński, 2001; Abrol, 2007; Denisow, 2004), v přírodě (Janovský, 2012), či v botanické zahradě (Denisow a kol., 2013 a 2014) na blíže neurčeném počtu rostlin na plochu. V případě pozorování na dřevinách se setkáváme s pozorováními vybraných výhonů na jednom keři (Wilkaniec a Giejdasz, 2003) či stromu, přes několik keřů na jednom stanovišti (Denisow, 2002; Denisow a kol., 2013) až po více celých keřů či stromů na více stanovištích (Garratt a kol., 2014). Podobně pestré jsou pokusné porosty i z hlediska životních forem rostlin. Hodnotí se zvlášť jednoleté a víceleté druhy, ale i různé typy jednoletých i víceletých směsí (Carreck a Williams, 1997 a 2002), nebo směsi obsahující jednoleté i víceleté druhy společně (Mäder a kol., 2013). Některé práce se soustředí na jeden rostlinný druh, případně několik jeho kultivarů (Kołtowski, 2001, 2002

a 2005; Denisow, 2002 a 2005; Denisow a kol., 2013 a 2014; Bożek, 2003 a 2012; Bendifallah a kol., 2013), jiné na několik málo příbuzných druhů (Denisow, 2004), nebo různé druhy rostoucí na stejném stanovišti (Janovský, 2012). Podobná situace nastává i s velikostí pokusné plochy, kde jsou experimenty zakládány na malých plochách už od 0,2 m^2 (Wilkaniec a kol., 2004) až po rozlehlé parcely s výměrou několika desítek hektarů (Kołtowski, 2007).

Monitorovací metody

Při monitoringu relativní početnosti různých druhů hmyzu, např. motýlů, na určité lokalitě nebo rostlinném druhu, se používají metody, které lze s úspěchem využít i pro hodnocení potravních preferencí hmyzích opylovatelů. Příkladem mohou být metody liniových transektů a „časových průzkumů“. Metoda liniových transektů spočívá v průchodu středem vymezeného stanoviště (louka, část pole apod.) ve dvou směrech, které se v pravém úhlu protínají uprostřed plochy, zatímco metoda časového průzkumu předpokládá cik-cak procházení celé vytýčené lokality v průběhu předem stanoveného časového intervalu. V obou případech je počítán hmyz, který pozorovatel uvidí na stanovenou vzdálenost před sebou (př. 5 m) (Kadlec a kol., 2012). Alternativně lze použít i metodu, při které se hodnocené stanoviště obejde kolem dokola a hodnotí se hmyz viditelný na vzdálenost např. 3 m od okraje (Carreck a Williams, 2002). Každá z metod má samozřejmě své výhody i nevýhody (rozdílná časová náročnost, schopnost zachytit co nejvíce různých druhů apod.), ale bylo zjištěno, že na malých plochách (př. 0,2 ha) lze při porovnání metody liniových transektů a „časových průzkumů“ dosáhnout srovnatelných výsledků (Kadlec a kol., 2012; O´Connor a kol., 2019).

Při hodnocení potravních preferencí různých hmyzích opylovatelů pak stačí při průchodu stanovištěm zaznamenávat nejen počet nalezených jedinců zájmových druhů, ale v případě smíšených porostů i druhy rostlin, na kterých se hmyzí opylovatelé živí. V polních experimentech lze opylovatelům také nabídnout určitou škálu vhodných rostlin a podle počtu jedinců, kteří jednotlivé druhy rostlin navštěvují, jejich zájem o přítomnou pastvu odvodit. V takovém případě stačí založit porosty vybraných druhů na malých parcelkách, např. o velikosti 2 m^2 (Smékalová a kol., 2018). U tak malých parcelek stačí pozorovatel přehlédnout celou plochu z jednoho místa, nebo ji případně obejít kolem dokola (Carreck a Williams, 2002), kvůli vyšší vypovídající schopnosti a vyloučení chyb vzniklých nevyrovnaností porostu je však při takovém uspořádání pokusu vhodné použít více opakování (Abrol, 2007).

Četnost a délka pozorování opylovatelů v průběhu vegetační sezóny a v průběhu dne

Pokud je cílem experimentu zhodnotit potravní preference nějakého konkrétního druhu nebo skupiny druhů opylujícího hmyzu, je nezbytná poměrně přesná znalost jeho denních i sezónních biorytmů. I tak může ale omezení pozorování jen na jeden konkrétní čas, třeba poledne, nebo krátké období, třeba týden, výsledky pozorování značně zkreslit. Zvláště patrné je to u druhů, jejichž dospělci se věnují sběru nektaru a pylu na květech v průběhu celého vegetačního období, např. včely medonosné a čmeláků. Tak, jak se v přírodě postupně proměňuje nabídka květů různých druhů rostlin, musí i hmyzí opylovatelé plynule měnit svůj převládající zdroj potravy, a to nejen v průběhu kalendářních týdnů a měsíců, ale i v průběhu dne. Typickým příkladem mohou být květy divizny velkokvěté (*Verbascum densiflorum*)

nebo máku vlčího (*Papaver rhoeas*), které rozkvétají v brzkých ranních hodinách, ale už před polednem začínají uvadat a opadávat. Opylujícímu hmyzu, z něhož většinu tvoří včela medonosná a čmeláci, tedy poskytují potravu (nektar i pyl u divizny a pouze pyl u máku) pouze ráno a v odpoledních hodinách si už musí hmyz hledat květy jiných druhů. Pokud by se tedy hodnocení potravních preferencí včely medonosné a čmeláků provádělo pouze v odpoledních hodinách, nemusely by být divizna ani mák jako jejich oblíbený zdroj potravy vůbec zaznamenány. Jiným příkladem může být pupalka dvouletá (*Oenothera biennis*), jejíž květy se otevírají večer, až po 18:00 (Greiner a Köhl, 2014), tedy v době, kdy již včely ani čmeláci obvykle nejsou aktivní, nebo navštěvují pouze květy rostlin, na kterých sbírali nektar a pyl po celý den. Jejími hlavními opylovateli jsou tedy noční motýli (Gregory, 1963). Květy některých druhů rostlin se otevírají pouze na přímém slunci a v podmračených dnech zůstávají zavřené, u jiných květů se naopak v horkém letním dni nektar odpaří natolik, že se díky své hustotě stane pro hmyzí opylovatele nepřijímatelným. I to jsou tedy příčiny, proč zájem některých opylovatelů o květy různých druhů rostlin v různých denních hodinách a dnech kolísá.

V odborné literatuře se můžeme setkat s různě četnými pozorováními, která samozřejmě přinášejí výsledky s různou vypovídající hodnotou. Jedná se o hodnocení vyjádřená pouze vágním popisem termínů, př. „několikrát za týden po celkem 34 resp. 21 dní mezi 26. 6. a 23. 10. resp. 19. 6. a 5. 11., mezi 9:00 a 17:00“ (Carreck a Williams, 2002), přes pravidelné pozorování vybrané plochy či několika rostlin několikrát (nejčastěji 3 – 4 ×) za den (Arnan, 2014; Kołtowski, 2003), až po počítání hmyzu v hodinových intervalech (Bendifallah a kol., 2013; Denisow, 2002; Bożek, 2003). Liší se také uváděná délka pozorování, a to jak v délce pozorovaného období, tak v délce jednotlivých pozorování. V průběhu sezóny bývají vybrané lokality nebo porosty sledovány od 3 dní (Denisow a kol., 2013) až po celé období aktivity zájmových druhů (Carvell a kol., 2007) nebo celé období kvetení pozorovaných rostlin (Bendifallah a kol., 2013; Abrol, 2007). Jednotlivá pozorování mohou probíhat od 2 minut (Torné-Noguera a kol., 2016) až po 30 minut (Kołtowski, 2007; Goulson a kol. 2002), v případě natáčení byly publikovány i výsledky několikahodinových záznamů (Manetas a Petropoulou, 2000). Také četnost a délka pozorování, jak v průběhu vegetační sezóny, tak v průběhu jednotlivých pozorování, se samozřejmě řídí ostatními parametry hodnocení, zejména velkostí pozorované plochy resp. počtem sledovaných rostlin a šíří druhů či skupin hmyzu, na které je hodnocení zaměřeno.

Na četnost a délku pozorování opylovatelů v průběhu vegetační sezóny a v průběhu dne mají velký vliv i aktuální klimatické podmínky. Monitoring různých druhů hmyzu se obecně prování pouze za podmínek „vhodných“, ačkoli ty bývají definovány různě. Britské schéma monitorování motýlů např. charakterizuje vhodné podmínky teplotou nad 13° C a minimálně 60% jasného nebe, pokud ale teplota vystoupí nad 17° C, tak již případná oblačnost nerozhoduje (Carvell a kol., 2007). Různé druhy hmyzích opylovatelů tedy mohou být aktivní při různých teplotách, ale samotná teplota nebývá jediným vhodným ukazatelem. Včely medonosné jsou například v předjaří schopny krátce vylétat a sbírat nektar a pyl už při 10° C, zatímco v druhé polovině jara až od 16° C (Švamberk, 2015). Pestřenky a především čmeláci jsou ale schopni létat a opylovat ještě při nižších teplotách (Roman a Szcęsna, 2008), také při vysoké oblačnosti, za větru a dokonce i při mírném dešti. Většina publikací však vhodné

počasí definuje poměrně vágně (př. Kołtowski, 2001) a za jediné směrodatné vodítko lze považovat informaci, že za deště se hmyzí opylovatelé nepočítají.

Taxonomické určení hmyzu a spektrum pozorovaných druhů

U mnoha druhů hmyzích opylovatelů se setkáváme s jejich vzájemnou podobností, pohlavním dimorfismem, značnými rozdíly ve velikosti i různými barevnými mutacemi jedinců, a proto klade jejich taxonomické určení na pozorovatele a hodnotitele vysoké nároky (O´Connor a kol., 2019). V případě, že se výzkum soustředí také na odchyt zájmových druhů hmyzu (Brommer a Fred, 1999), nebo dokonce jejich usmrcení a následné analýzy morfologické, molekulární aj. v laboratoři (Goulson a kol. 2002; Falkenauerová, 2011; Barrios a kol., 2016), je možné provádět taxonomické určení jednotlivých druhů s maximální možnou přesností. Při nedestruktivních metodách, kdy je hmyz na květech pouze pozorován, je přesné taxonomické určení drobných, neustále se pohybujících jedinců obvykle nemožné, a proto jsou běžně publikovány výsledky pozorování hmyzu na úrovni rodů, čeledí i celých tříd, nebo jinak charakterizovaných skupin. Při pozorování čmeláků je kvůli jejich vzájemné podobnosti např. obvyklé počítat dohromady dělnice čmeláka zemního a hájového (*Bombus terrestris* a *B. lucorum*), stejně jako dělnice čmeláka skalního a úhorového (*Bombus lapidarius* a *B. ruderarius*) (Carreck a Williams, 2002; Carvell a kol., 2007; Roy a kol., 2016), také pestřenky (Syrphidae) bývají často hodnoceny společně (Janovský, 2012), nebo dokonce jako součást skupiny dvoukřídlého hmyzu (Diptera) (Kołtowski, 2002 a 2007).

3.4.3. Praktické zkušenosti s hodnocením potravních preferencí hmyzích opylovatelů v Olomouci

Hodnocení potravních preferencí hmyzích opylovatelů v polních podmínkách bylo řešeno v letech 2016 – 2018 na experimentálních plochách VÚRV, v.v.i. v Olomouci. Výzkum byl soustředěn především na čmeláky a cílem projektu bylo ze sortimentu léčivých, aromatických a kořeninových rostlin (LAKR) vybrat takové druhy, které poskytnou čmelákům dostatek potravy od jara do podzimu, kromě toho umožní nějaké další využití (léčivý prostředek, koření, estetická hodnota apod.) i drobným pěstitelům a nebudou vyžadovat žádné speciální nároky na pěstování. Cílem projektu bylo sestavit z několika jednoletých a odděleně i víceletých druhů rostlin tzv. směsi, které budou i na malé ploše prospěšné jak čmelákům, tak pěstitelům.

V průběhu 3 resp. 4 (trvalky) let bylo v Olomouci pěstováno a z pohledu atraktivity pro čmeláky hodnoceno více než 50 druhů rostlin. Každý druh byl vyset/vysazen na 2 od sebe vzdálené parcelky o velikosti 2 m^2 (obr. 9) a v průběhu celého období kvetení každého druhu byl počítán hmyz usedající na květy. Hodnocení bylo prováděno v pracovní dny, 6x denně (v 7:00, 8:00, 9:00, 10:00, 11:00 a 14:00 hodin), jen s vyloučením dnů s celodenním deštěm.

Parcelky s nižšími druhy rostlin byly přehlíženy z jednoho místa, u vyšších druhů pozorovatel obcházel parcelu kolem dokola. Počítání hmyzu na jedné parcele zabralo průměrně cca 3 min. Hmyzí opylovatelé byli zaznamenávání ve skupinách „čmeláci“, „včela medonosná“, „samotářské včely“, „pestřenky“ a „denní motýli“. Čmeláci byli ještě na základě svého zbarvení selektování do tří skupin:

A) skupina „čmelák zemní“ zahrnovala všechny druhy čmeláků se žlutými proužky a bílým zadečkem; skupinu tvořili jak čmeláci zemní (*Bombus terrestris*), tak čmeláci zahradní (*B. hortorum*) a hájoví (*B. lucorum*)
B) skupina „čmelák skalní“ zahrnovala všechny druhy čmeláků s tmavou hrudí a oranžovým zadečkem; skupinu tvořili čmeláci skalní (*B. lapidarius*) a úhoroví (*B. ruderarius*), ale v řídkých případech i pačmelák cizopasný (*B. rupestris*)
C) skupina „čmeláci jiní“, která zahrnovala jednak hnědě zbarvené čmeláky rolní (*B. pascuorum*) a rokytové (*B. hypnorum*), ale i další druhy, příp. netypicky zbarvené jedince, které nebylo možné zařadit do žádné z předchozích dvou skupin

Některé výsledky, poznatky a zkušenosti získané v průběhu řešení tohoto projektu byly publikovány formou certifikované metodiky Podpora čmeláků pro malopěstitele a zahrádkáře (Smékalová a kol., 2018), pro navržené směsi jednoletých a víceletých druhů, vhodných jako čmeláčí pastva a využitelných i pro drobné pěstitele byly vytvořeny užitné vzory (Smékalová a kol., 2019a,b).

Obr. 9: Pokusné výsadby pro hodnocení atraktivity různých druhů LAKR pro hmyzí opylovatele v Olomouci

3.4.4. Navrhovaný postup hodnocení

Pro hodnocení potravních preferencí hmyzích opylovatelů v polních podmínkách doporučujeme s ohledem na všechny výše uvedené faktory, které výběr živných rostlin ovlivňují, a předchozí zkušenosti následující řešení:

Volba zájmových druhů hmyzu

Různé druhy hmyzích opylovatelů preferují s ohledem na morfologii svého těla, výživové parametry potřebné potravy a morfologii a fyziologii různých květů rozdílné druhy živných rostlin. Při plánování polního experimentu je tedy nutné si alespoň rámcově stanovit, na který druh či alespoň skupinu hmyzích opylovatelů bude hlavní zájem směřován. Předběžné informace lze získat studiem odborné literatury nebo vlastním pozorováním v přírodě.

Volba pokusného stanoviště

Polní experimenty s hmyzími opylovateli je nutné plánovat na stanovištích s přirozeně vysokým výskytem zájmových druhů hmyzu, nebo tam, kde je možné jejich počet uměle navýšit (např. přisunutím včelstev v úlech, osazených čmelínů, kukel dalších druhů hmyzu apod.). Pokusné stanoviště musí kromě vybraných druhů hmyzu splňovat i všechny další podmínky pro zdárný vývoj a existenci, např. dostatečný prostor, dostatek vhodných živných rostlin, přístup k vodě, ochranu před větrem, chemickými přípravky apod.

Design pokusných porostů

Pro hodnocení potravních preferencí hmyzu v polních podmínkách jsou vhodné zejména byliny, spíše výjimečně i dřeviny (př. keříky drobného ovoce) s nižším vzrůstem a časným nástupem kvetení a plodnosti. Jako vhodnou potravu lze hmyzím opylovatelům nabídnout nesmírně širokou škálu rostlin, od běžných polních plodin, pěstovaných na velkých plochách, přes zeleniny, okrasné rostliny až po luční byliny a plevele. Při zakládání porostu je ale nutné zohlednit minimální plochu resp. počet pokusných rostlin resp. květů. Pro hodnocení potravních preferencí čmeláků se osvědčily parcelky o velikosti $2m^2$ a tato plocha se zdá dostatečná i pro hodnocení potravních preferencí včely medonosné, samotářských včel a třeba pestřenek. Pro hodnocení potravních preferencí motýlů by zřejmě bylo nutné rozlohu experimentálních ploch zvětšit. Velikost pokusných parcel je nutné upravit také s ohledem na vzrůstnost rostlin a počet jejich květů. U nižších rostlin s množstvím květů, které lze vysévat do řádků nebo vysazovat v hustotě nad 10 $ks.m^{-2}$ lze počítat hmyz i na malých parcelách. Pro vzrůstné rostliny, které mají navíc květů relativně málo (př. tykve), je samozřejmě nutné zvolit větší pěstební plochu. Optimální hustota výsevu či výsadby různých druhů rostlin je značně individuální, z pohledu hodnocení potravních preferencí hmyzích opylovatelů je však ideální, pokud rostliny vytvoří zapojený a přiměřeně hustý porost.

Organizace pokusného porostu může být značně variabilní. O atraktivitě hodnocených druhů rostlin pro opylující hmyz rozhoduje velikost pokusné plochy resp. počet rostlin nebo květů na plochu, nikoli tvar výsadby. Kromě standardizovaných záhonů čtvercového či obdélníkového tvaru lze potravní preference hmyzu hodnotit i na různě nesymetrických

plochách (lichoběžníky, trvalkové záhony ledvinovitého tvaru apod.). U maloparcelkových pokusů je však nezbytné založit porosty ve více opakováních. Výsledky získané z nezávislých opakování mají vyšší vypovídající schopnost resp. nižší riziko chyby. Takové uspořádání porostu umožní eliminovat rozdíly mezi parcelami na okrajích, zastínění, poškození porostů krtky či hraboši apod. Významnou roli hraje i tzv. efekt sousedních parcel. Bylo pozorováno, že parcely, na kterých je extrémně atraktivní druh rostlin, negativně ovlivňují návštěvnost květů na sousedních, méně atraktivních parcelách. Opylující hmyz se primárně soustředí na nejatraktivnější květy a po vyčerpání jejich nabídky nektaru a pylu odletí raději hledat stejně vydatný zdroj potravy do větší vzdálenosti, než aby ztrácel čas a energii na sice bližších, ale méně vydatných, a tedy méně atraktivních květech (Smékalová a Kaffková, nepublikováno).
Pokud je experimentálně porovnávána atraktivita směsných porostů, kde se mohou porovnávat i velmi rozdílná seskupení různých druhů rostlin v různých poměrech, je nutné zvolit větší pozorovací plochu. Při hodnocení atraktivity různých směsných porostů se primárně nejedná o zájem opylovatelů o jednotlivé rostlinné druhy, ale jde o hodnocení směsi jako celku. Pokud je však cílem projektu právě vytvoření takové směsi, je lepší pro začátek založit experimentální porost jednotlivých druhů na malé ploše (2 – 4 m^2) odděleně. Takto koncipovaný porost umožní samostatně věnovat pozornost jednotlivým druhům, zároveň plocha parcelky umožňuje hodnocení návštěvnosti ze všech stran a na její obejití není potřeba dlouhý čas. Takovéto hodnocení je jednodušší než hodnocení směsí, které mohou být díky různým morfologickým vlastnostem rostlin nepřehledné. Např. u porostů s výškově různorodými druhy se stává, že hmyz, opylující květy v nižších patrech je jen slyšet, ale ne vidět, což znemožňuje jeho identifikaci. Při výsevu směsných porostů na příliš malých plochách zase mohou mezi jednotlivými parcelami vznikat významné rozdíly v počtu rostlin různých druhů.

Monitorovací metoda

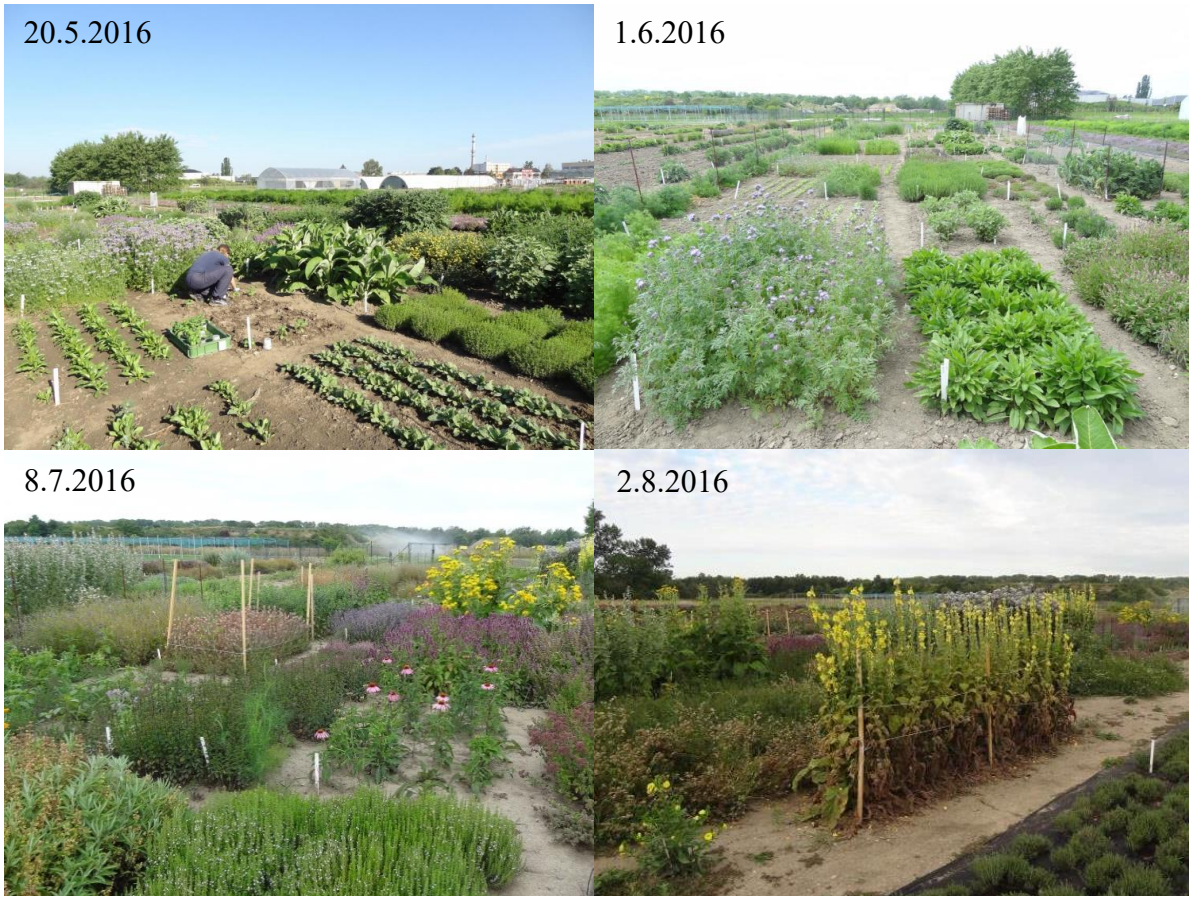
Pro studium potravních preferencí zájmových druhů hmyzu je plně dostačující a v případě zákonem chráněných či ohrožených druhů hmyzu, např. čmeláků či motýlů, dokonce nezbytné používat nedestruktivní metody. Pozorování a zaznamenávání opylovatelů sedajících na květy je možné provádět na stanovišti přímo, nebo pomocí obrazového záznamu snímaného kamerou. Pořízení kamery s dostatečnou kvalitou obrazu, a tedy i rozlišovací schopností, je samozřejmě finančně nákladné, následné vyhodnocování natočeného záznamu je pak časově stejně náročné, jako osobní pozorování přímo v terénu. Kamerový záznam však umožní vyhodnocení experimentu v podmínkách, které jsou pro osobní hodnocení nekomfortní, např. v noci, nebo v období, kdy je na něj více času, např. v zimě. Obrazový záznam sice umožňuje zpomalení nebo opakování nasnímaného materiálu, a tím zvyšuje přesnost získaných výsledků. Na druhé straně však statické umístění kamery a často snížená kvalita záznamu, kterou ovlivňují nejrůznější vlivy (zaostření na určitou vzdálenost, střídavé oslunění či zastínění porostu, vítr, mlha, déšť, prach, kouř, případné poškození kamery povětrnostními vlivy, zvěří či vandaly apod.), ovlivňují získané výsledky negativně. Do popředí zájmu se však dostává i používání nových monitorovacích technik, např. LIDAR (Light Detection and Ranging – technika vzdáleného snímání, která využívá laserové světlo; Galbraith a kol., 2015) nebo satelitní dálkové snímání (Hofmann a kol., 2017).

Četnost a délka pozorování opylovatelů v průběhu dne i vegetační sezóny

Četnost a délka pozorování činnosti hmyzích opylovatelů je faktorem, který získané výsledky ovlivňuje zřejmě nejvíce. Odvíjí se jak od sledovaného záměru, studovaných opylovatelů i rostlin, velikosti experimentálního stanoviště a klimatických jevů na stanovišti, tak především od časové investice, kterou je hodnotitel ochoten pozorování věnovat.

Čím je pozorování opylovatelů delší a častější, tím přesnější představu o atraktivitě různých druhů rostlin pro vybraný hmyz, ale i o četnosti výskytu hmyzích opylovatelů a faktorech, které jejich potravní preferenci na stanovišti ovlivňují, lze získat. Četnost a délku pozorování je však nutné chápat nejen jako délku a četnost jednotlivých pozorování v průběhu dne, ale i v počtu pozorovacích dní, týdnů, měsíců i celých vegetačních sezón, protože výskyt opylovatelů na stanovišti se jak v různých denních hodinách, tak ročních obdobích i celých letech značně proměňuje (Kaffková a Smékalová, 2018). Souhrnně lze říci, že na základě předem zjištěných informací o vybraném druhu nebo skupině opylujícího hmyzu, je nutné upravit četnost a délku pozorování tak, aby zahrnovalo celé období denní i sezónní aktivity hmyzu, a to v průběhu minimálně dvou, nejlépe však tří let.

Obr. 10 – 13: Proměny pokusných výsadeb pro hodnocení atraktivity různých druhů LAKR pro hmyzí opylovatele v Olomouci v průběhu vegetační sezóny 2016



Taxonomické určení zájmových druhů hmyzu
Výběr zájmového druhu nebo skupiny hmyzích opylovatelů je stěžejní z pohledu plánování dalších souvisejících parametrů experimentu (velikost hodnocené plochy, délka a četnost pozorování apod.). Je vhodné stanovit si jeden stěžejní druh či skupinu druhů, na který je výzkum zaměřen, spolu s počítáním těchto jedinců je však obvykle možné hodnotit i atraktivitu vybraných rostlin pro další druhy opylujícího hmyzu. Přesné taxonomické určení jednotlivých druhů vyžaduje zkušeného entomologa, ale i tak je určování živých exemplářů za letu velmi obtížné. Paletu pozorovaných opylovatelů je proto nutné přizpůsobit schopnostem pozorovatelů. V ideálním případě by při hodnocení potravních preferencí hmyzích opylovatelů měli spolupracovat entomologové i botanici, ale při vhodně stanovených parametrech experimentu může přinést cenné a zajímavé výsledky i hodnocení prováděné laickou veřejností (Roy a kol., 2016).

4. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Hodnocení potravních preferencí různých druhů hmyzích opylovatelů bývá součástí monitoringu jejich výskytu, záchranných programů pro vzácné a ohrožené druhy, hodnocení medonosnosti různých odrůd kulturních plodin apod. Různé metodiky, které se k těmto účelům používají, a které byly dosud publikovány, se od sebe ale v mnoha základních parametrech značně liší. Rozdíly plynou ze zaměření na různé druhy hmyzích opylovatelů, různé typy pozorovaných stanovišť a porostů, hodnocení mohou být různě dlouhá i četná, a to jak v rámci dne, tak v rámci vegetační sezóny i jejich počtu. Navzájem porovnávat výsledky takto různorodě koncipovaných hodnocení je proto velmi složité, a pro hodnocení potravních preferencí jiných než uvedených druhů hmyzu, v jiném prostředí, a s jinými technickými, finančními či časovými možnostmi často nepoužitelné. Na rozdíl od dosud publikovaných metodik, nově navržený postup sice obecně, ale co nejpřesněji definuje jak podmínky založení rostlinného porostu, tak podmínky délky a četnosti pozorování v rámci dne i vegetační sezóny, s cílem získání přehledných, opakovatelných a vzájemně porovnatelných výsledků. Výčet a podrobná charakterizace faktorů, které potravní preference různých druhů hmyzích opylovatelů ovlivňují, poskytuje také vodítko k interpretaci výsledků zjištěných experimentálním hodnocením.

5. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Metodika je určena pro přátele a chovatele různých druhů prospěšného hmyzu, především hmyzích opylovatelů, a zejména včelaře, zemědělce a přírodovědce, studenty a pedagogy příbuzných oborů a širokou veřejnost se zájmem o hmyz.
Metodika bude ve smyslu zákona č. 37/1995 Sb. o neperiodických publikacích a jeho pozdějších novelizacích a souvisejících vyhláškách uživatelům volně dostupná ve veřejných knihovnách s právem povinného výtisku.
Metodika bude dále přístupná on-line ke stažení na webových stránkách:
www.vurv.cz , www.vupt.cz a www.vcelarstvi.cz.

6. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Na opylování, které řadíme mezi ekosystémové služby, definované jako přínosy plynoucí pro společnost z ekosystémů (Hák a kol., 2015), se různou měrou podílí mnoho rozličných druhů hmyzích opylovatelů. Vysoká biologická rozmanitost opylujícího hmyzu se pozitivně projevuje jak na biodiverzitě přírodních rostlinných společenstev, tak na výnosu a kvalitě mnoha plodin pěstovaných na polích, v sadech i zahradách. Podpora různých druhů hmyzích opylovatelů se proto netýká jen životního prostředí, ale také zemědělství, protože alespoň z části závisí na opylení hmyzem více než 80 % plodin v EU (Hönigová, 2015).

Stanovení ekonomické hodnoty ekosystémových služeb je obecně velmi komplikované a často vychází pouze z kvalifikovaných odhadů (Seják a kol. 2010). V EU se ekonomická hodnota opylování odhaduje na miliardy EUR ročně, tj. v částce srovnatelné se všemi ročními výdaji EU na zemědělství. V přehledu ekonomických ekosystémových služeb, které jsou relevantní pro ČR, je hodnota opylení stanovena na 1378,76 EUR/ha (Vačkář a kol., 2014). Podpora různých druhů hmyzích opylovatelů, kteří takto významnou a cennou službu zajišťují, je pro lidstvo povinností a tato podpora může sestávat z mnoha různých dílčích kroků. Samozřejmostí je v poslední době často diskutované omezování používání chemických přípravků na ochranu rostlin, ale kromě nich trápí mnohé druhy hmyzích opylovatelů také nedostatek hnízdišť a kromě jara, tedy období překotného kvetení, také nedostatek vhodných zdrojů potravy. Při snaze o nápravu je však nutná podrobná znalost potravních preferencí opylujícího hmyzu, která u mnoha minoritních druhů stále pokulhává. Metodika hodnocení potravních preferencí hmyzích druhů proto pomůže tento problém řešit i navzdory tomu, že ekonomické aspekty jejího používání v praxi nelze zcela správně odhadnout. Stanovení ekonomické hodnoty implementace této metodiky do praxe není možné i proto, že konvenční analýza nákladů a užitků není pro posuzování projektů takového typu vhodná (Dobeš a kol., 1995).

Hlavním přínosem implementace metodiky „Hodnocení potravních preferencí u hmyzích opylovatelů“ do praxe je celospolečenský dopad, který spočívá v zachování a podpoře biodiverzity opylujícího hmyzu, a tím i biodiverzity rostlin. Znalost a podpora pěstování rostlin, které k zajištění své potravy preferují vzácné a ohrožené druhy hmyzích opylovatelů, tak pomůže i k zachování či dokonce rozšíření těchto druhů. Preventivní opatření na ochranu ohrožených druhů živočichů, mezi které patří např. všechny druhy čmeláků (*Bombus* spp.) žijících v ČR, nebo otakárek fenyklový (*Papilio machaon*) jsou navíc vždy levnější než případná budoucí řešení (Newman a Agg, 1988), a proto současná podpora hmyzích opylovatelů ušetří budoucí náklady spojené s jejich ochranou nebo repatriací.

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ABOU-SHAARA, H. F. The foraging behaviour of honey bees, Apis mellifera: a review. *Veterinarni Medicina*. 2014, **59**(1), 1-10. ISSN 0375-8427.

ABROL, D. P. Foraging behaviour of Apis mellifera L. and Apis cerana F. as determined by the energetics of nectar production in different cultivars of Brassica campestris var. toria. *Journal of Apicultural Science*. 2007, **51**(2), 19-23. ISSN 1643-4439.

ARNAN, X., A. ESCOLÀ, A. RODRIGO a J. BOSCH. Female reproductive success in gynodioecious Thymus vulgaris: pollen versus nutrient limitation and pollinator foraging behaviour. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2014, **175**(3), 395-408. DOI: 10.1111/boj.12173. ISSN 00244074.

BANASZAK, J. a B. DOCHKOVA. Bees (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes) in the agricultural landscape of Bulgaria: species diversity. *Journal of Apicultural Science*. 2014, **58**(1), 29-49. DOI: 10.2478/jas-2014-0003. ISSN 2299-4831.

BARRASS, R. Rearing house-flies Musca domestica L. and their use in laboratory practical work. *Journal of Biological Education*. 1976, **10**(4), 164-168. DOI: 10.1080/00219266.1976.9654083. ISSN 0021-9266.

BARRIOS, B., S. R. PENA, A. SALAS a S. KOPTUR. Butterflies visit more frequently, but bees are better pollinators: the importance of mouthpart dimensions in effective pollen removal and deposition. *AoB Plants*. 2016, **8**(-). DOI: 10.1093/aobpla/plw001. ISSN 2041-2851.

BEEKMAN, M., D. J. T. SUMPTER, N. SERAPHIDES a F. L. W. RATNIEKS. Comparing foraging behaviour of small and large honey-bee colonies by decoding waggle dances made by foragers. *Functional Ecology*. 2004, **18**(6), 829-835. DOI: 10.1111/j.0269-8463.2004.00924.x. ISSN 0269-8463.

BENDIFALLAH, L., K. LOUADI a S. DOUMANDJI. Bee fauna potential visitors of coriander flowers Coriandrum sativum L. (Apiaceae) in the Mitidja area (Algeria). *Journal of Apicultural Science*. 2013, **57**(2), 59-70. DOI: 10.2478/jas-2013-0017. ISSN 2299-4831.

BOLLER, B., F. X. SCHUBIGER a R. KÖLLIKER. Red Clover. In: BOLLER, B., U. K. POSSELT a F. VERONESI, ed. *Fodder Crops and Amenity Grasses*. 1. New York: Springer Science & Business Media, 2010, s. 438-455. ISBN 9781441907608.

BOSCH, J., W. P. KEMP a G. E. TROSTLE. Bee population returns and cherry yields in an orchard pollinated with Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Economic Entomology*. 2006, **99**(2), 408-413. DOI: 10.1603/0022-0493-99.2.408. ISSN 00220493.

Botanický ústav AV ČR*: Hvozdík písečný český: Populační studie a vliv sukcese v populacích hvozdíku písečného českého v rámci realizačního projektu záchranného programu* [online]. Praha: Botanický ústav AV ČR, 2016 [cit. 2019-10-26]. Dostupné z: http://www.dianthusarenarius.cz/

BOŻEK, M. Pollen efficiency and foraging by insect pollinators in three catnip (Nepeta L.) species. *Journal of Apicultural Science*. 2003, **47**(2), 19-23. ISSN 1643-4439.

BOŻEK, M. The effect of pollinating insects on fruiting of two cultivars of Lonicera caerulea L. *Journal of Apicultural Science*. 2012, **56**(2), 5-11. DOI: 10.2478/v10289-012-0018-6. ISSN 2299-4831.

BROMMER, J. E. a M. S. FRED. Movement of the Apollo butterfly Parnassius apollo related to host plant and nectar plant patches. *Ecological Entomology*. 1999, **24**(2), 125-131. DOI: 10.1046/j.1365-2311.1999.00190.x. ISSN 0307-6946.

CARRECK, N.L. a I.H. WILLIAMS. Food for insect pollinators on farmland: insect visits to flowers of annual seed mixtures. *Journal of Insect Conservation*. 2002, **6**(1), 13-23. DOI: 10.1023/A:1015764925536. ISSN 1366638X.

CARRECK, N. L. a I. H. WILLIAMS. Observations on two commercial flower mixtures as food sources for beneficial insects in the UK. *The Journal of Agricultural Science*. 1997, **128**(4), 397-403. DOI: 10.1017/S0021859697004279. ISSN 0021-8596.

CARVELL, C., W. R. MEEK, R. F. PYWELL, D. GOULSON a M. NOWAKOWSKI. Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. *Journal of Applied Ecology*. 2007, **44**(1), 29-40.

COSTA, M. S., R. J. SILVA, H. F. PAULINO-NETO, M. J. B. PEREIRA a F. S. NASCIMENTO. Beetle pollination and flowering rhythm of Annona coriacea Mart. (Annonaceae) in Brazilian cerrado: Behavioral

features of its principal pollinators. *PLOS ONE*. 2017, **12**(2). DOI: 10.1371/journal.pone.0171092. ISSN 1932-6203.

COUVILLON, M. J., G. FITZPATRICK a A. DORNHAUS. Ambient air temperature does not predict whether small or large workers forage in bumble bees (Bombus impatiens). *Psyche: A Journal of Entomology*. 2010, **2010**(-), 1-8. DOI: 10.1155/2010/536430. ISSN 0033-2615.

DELAPLANE, K. S. a D. F MAYER. *Crop pollination by bees*. Wallingford: CABI Publishing, 2000. ISBN 9780851997834.

DE LUCA, P. A., L. F. BUSSIÈRE, D. SOUTO-VILAROS, D. GOULSON, A. C. MASON a M. VALLEJO-MARÍN. Variability in bumblebee pollination buzzes affects the quantity of pollen released from flowers. *Oecologia*. 2013, **172**(3), 805-816. DOI: 10.1007/s00442-012-2535-1. ISSN 0029-8549.

DENISOW, B. The blooming and melliferous value of tristilous flowers of Japanese quince (Chaenomeles japonica Lindl.). *Journal of Apicultural Science*. 2002, **46**(2), 15-22. ISSN 1643-4439.

DENISOW, B. Dynamics of blooming and insect visits on several (Brassicaceae = Cruciferae Juss.) species. *Journal of Apicultural Science*. 2004, **48**(2), 13-21. ISSN 1643-4439.

DENISOW, B. Nectar secretion of Sisymbrium loeselii L. in some ruderal phytocenoses in the city of Lublin area. *Journal of Apicultural Science*. 2005, **49**(2), 51-58. ISSN 1643-4439.

DENISOW, B. a M. BOZEK. Blooming and pollen production of two Lamium L. species. *Journal of Apicultural Science*. 2008, **25**(1), 21-30. ISSN 1643-4439.

DENISOW, B., M., STRZAŁKOWSKA-ABRAMEK, M. BOŻEK, A. JEŻAK. Early spring nectar and pollen and insect visitor behavior in two Corydalis species (Papaveraceae). *Journal of Apicultural Science*. 2014, **58**(1), 93-102. DOI: 10.2478/jas-2014-0009. ISSN 2299-4831.

DENISOW, B., S. ANTOŃ a G. SZYMCZAK. The flowering, pollen production, and insect visitors in the ornamental shrub Potentilla fruticosa L. (Rosaceae). *Journal of Apicultural Science*. 2013, **57**(1), 95-106. DOI: 10.2478/jas-2013-0011. ISSN 2299-4831.

DOBEŠ, V., B. NAVRÁTIL a K. REMTOVÁ. Porovnání celkových nákladů na preventivní a koncová opatření ochrany životního prostředí. *Centrum pro otázky životního prostředí UK* [online]. Praha: UK, 1995 [cit. 2018-11-23]. Dostupné z: https://www.czp.cuni.cz/knihovna/undp/studie/54_cccp.htm

DROBNA, J. a V. PTACEK. Experience with using bumblebees as pollinators in the regeneration of the genetic resources of some forage legumes. *Journal of Apicultural Science*. 2003, **47**(1), 31-36. ISSN 1643-4439.

FALKENAUEROVÁ, A. *Polinační ekologie drvodělek v afromontánním systému Bamenda Highlands, Kamerun*. České Budějovice, 2011. Diplomová práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Vedoucí práce RNDr. Robert Tropek.

FARKAS, Á. a Z. OROSZ-KOVÁCS. Nectar secretion dynamics of Hungarian local pear cultivars. *Plant Systematics and Evolution*. 2003, **238**(1-4), 57-67. DOI: 10.1007/s00606-003-0268-7. ISSN 0378-2697.

FLEK, J. *Kriticky ohrožený motýl, jasoň dymnivkový (Parnassius mnemosyne), v okolí Vilémovic*. Brno, 2013. Bakalářská práce. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. Vladimír Hula, Ph.D.

GALBRAITH, S. M., L. A. VIERLING a N. A. BOSQUE-PÉREZ. Remote sensing and ecosystem services: Current status and future opportunities for the study of bees and pollination-related services. *Current Forestry Reports*. 2015, **1**(4), 261-274. DOI: 10.1007/s40725-015-0024-6. ISSN 2198-6436.

GARIBALDI, L. A., I. STEFFAN-DEWENTER, R. WINFREE, et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*. 2013, **339**(6127), 1608-1611. DOI: 10.1126/science.1230200. ISSN 0036-8075. Dostupné také z: http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1230200

GARRATT, M. P. D., C. L. TRUSLOVE, D. J. COSTON, et al. Pollinator deficits in UK apple orchards. *Journal of Pollination Ecology*. 2014, **12**(2), 9-14. ISSN 1920-7603.

GATHMANN, A. a T. TSCHARNTKE. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology*. 2002, **71**(5), 757–764. DOI: 10.1046/j.1365-2656.2002.00641.x. ISSN 0021-8790.

GIEJDASZ, K., Z. WILKANIEC a K. PIECH. Effect of seed onion pollination by red mason bee females Osmia rufa L. (Apoidea; Megachilidae) with different body weights. *Journal of Apicultural Science*. 2005, **49**(2), 21-27. ISSN 1643-4439

GOTTSBERGER, G. Some aspects of beetle pollination in the evolution of flowering plants. In: KUBITZKI, K. *Flowering Plants. Plant Systematics and Evolution / Entwicklungsgeschichte und Systematik der Pflanzen*. 1. Vienna: Springer, 1977, s. 211-226. ISBN 978-3-211-81434-5.

GOULSON, D., J. C. STOUT a A. R. KELLS. Do exotic bumblebees and honeybees compete with native flower-visiting insects in Tasmania? *Journal of Insect Conservation*. 2002, **6**(3), 179-189. DOI: 10.1023/A:1023239221447. ISSN 1366638X.

GREGOR, F. a R. ROZKOŠNÝ. *Muscidae Latreille, 1802*. In: JEDLIČKA, L., M. KÚDELA a V. STLOUKALOVÁ eds. *Checklist of Diptera of Czech Republic and Slovakia: Electronic version 2* [online]. 2. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 2009 [cit. 2019-10-26]. ISBN 978-80-969629-4-5. Dostupné z: http://www.edvis.sk/diptera2009/

GREGORY, D. Hawkmoth pollination in the genus Oenothera. *Aliso*. 1963, **5**(3), 357-384. DOI: 10.5642/aliso.19630503.12. ISSN 23272929.

GREINER, S. a K. KÖHL. Growing evening primroses (Oenothera). *Frontiers in Plant Science*. 2014, **5**(-). DOI: 10.3389/fpls.2014.00038. ISSN 1664-462X.

HAFEZ, M. A simple method for breeding the house-fly, Musca domestica, L., in the laboratory. *Bulletin of Entomological Research*. 1948, **39**(3). DOI: 10.1017/S0007485300022483. ISSN 0007-4853.

HAGLER, J. R., S. MUELLER, L. R. TEUBER, S. A. MACHTLEY a A. VAN DEYNZE. Foraging range of honey bees, Apis mellifera in Alfalfa seed production fields. *Journal of Insect Science*. 2011, **11**(144), 1-12. DOI: 10.1673/031.011.14401. ISSN 1536-2442.

HÁK, T. *Metabolismus společnosti: materiály, energie a ekosystémy*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2799-1.

HARAGSIM, O. *Včelařské dřeviny a byliny*. 2., upr. vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4647-0.

HARRAP, M. J. M., S. A. RANDS, N. HEMPEL DE IBARRA a H. M. WHITNEY. The diversity of floral temperature patterns, and their use by pollinators. *ELife*. 2017, **6**(e31262). DOI: 10.7554/eLife.31262. ISSN 2050-084X.

HATAMI, M., A. MONFARED, M. HAGHANI a R. A. FAHLIANI. Effect of Bombus terrestris L. (Hymenoptera, Apidae) pollinating on flowering and fruiting trends of greenhouse tomato (Lycopersicon esculentum). *Linzer biologische Beiträge*. 2013, **45**(2), 1907-1919. ISSN 0253-116X.

HEISTINGER, A. *Themanual of seed saving: Harvesting, storing, and sowingtechniques for vegetables, herbs, and fruits*. London: Timber Press, 2013. ISBN 9781604695564.

HODGKISS, D., M. J. F. BROWN a M. T. FOUNTAIN. Syrphine hoverflies are effective pollinators of commercial strawberry. *Journal of Pollination Ecology*. 2018, **22**(6), 55-66. DOI: 10.26786/1920-7603(2018)five. ISSN 19207603.

HOEHN, P., T. TSCHARNTKE, J. M. TYLIANAKIS a I. STEFFAN-DEWENTER. Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008, **275**(1648), 2283-2291. DOI: 10.1098/rspb.2008.0405. ISSN 1474-2954.

HOFMANN, S., J. EVERAARS, O. SCHWEIGER, M. FRENZEL, L. BANNEHR a A. F. CORD. Modelling patterns of pollinator species richness and diversity using satellite image texture. *PLOS ONE*. 2017, **12**(10), 1-17. DOI: 10.1371/journal.pone.0185591. ISSN 1932-6203.

HOMOLA, M. Český čmelák jde na dračku: Hnízda se vyprodala za pár hodin. *Novinky.cz* [online]. 09. 03. 2018 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: https://www.novinky.cz/veda-skoly/465602-cesky-cmelak-jde-na-dracku-hnizda-se-vyprodala-za-par-hodin.html

HÖNIGOVÁ, I. Ekosystémové služby dobrým sluhou? *Ochrana přírody*. 2015, **70**(5), 3-4. ISSN: 1210-258X.

JABŁOŃSKI, B. Agronomic and beekeeping value of short-tube populations of red clover (Trifolium pratense L.). *Journal of Apicultural Science*. 2001, **45**(1), 37-50. ISSN 1643-4439.

JABŁOŃSKI, B. a Z. KOŁTOWSKI. Nectar secretion and honey potential of honey-plants growing under Poland´s condition – Part XIV. *Journal of Apicultural Science*. 2004, **48**(1), 5-10. ISSN 1643-4439.

JABŁOŃSKI, B. a Z. KOŁTOWSKI. Nectar secretion and honey potential of honey-plants growing under Poland´s condition – Part XV. *Journal of Apicultural Science*. 2005, **49**(1), 59-63. ISSN 1643-4439.

JAKL, J. Tajemství magoliových květů. *Živa*. 2005, **2005**(3), 110-111. ISSN 0044-4812.

JANOVSKÝ, Z. Vztahy rostlin a opylovačů na louce aneb nejen botanici určují rostliny. *Živa*. 2012, **2012**(4), 210-212. ISSN 0044-4812.

JARLAN, A., D. DE OLIVEIRA a J. GINGRAS. Pollination by Eristalis tenax (Diptera: Syrphidae) and seed set of greenhouse sweet pepper. *Journal of Economic Entomology*. 1997, **90**(6), 1646-1649. DOI: 10.1093/jee/90.6.1646. ISSN 1938-291X.

JEDLIČKA, L., M. KÚDELA a V. STLOUKALOVÁ eds. *Checklist of Diptera of Czech Republic and Slovakia: Electronic version 2* [online]. 2. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 2009 [cit. 2019-10-26]. ISBN 978-80-969629-4-5. Dostupné z: http://www.edvis.sk/diptera2009/

JELÍNEK, D., (ed.) Check-list of Czechoslovak insects IV (Coleoptera). *Folia Heyrovskyana*. Praha: Picka, 1993, **1993**(Supplementum 1), 172. ISSN 1801-7142..

JERSÁKOVÁ, J. a R. TROPEK. Polinační syndromy. *Živa*. 2018, **2018a**(6), 169-172. ISSN 0044-4812.

JERSÁKOVÁ, J. a R. TROPEK. Současný pohled na vzájemnou spolupráci rostlin a opylovačů. *Živa*. 2018, **2018b**(6), 295-300. ISSN 0044-4812.

JAUKER, F. a V. WOLTERS. Hover flies are efficient pollinators of oilseed rape. *Oecologia*. 2008, **156**(4), 819-823. DOI: 10.1007/s00442-008-1034-x. ISSN 0029-8549.

KADLEC, T., R. TROPEK a M. KONVICKA. Timed surveys and transect walks as comparable methods for monitoring butterflies in small plots. *Journal of Insect Conservation*. 2012, **16**(2), 275-280. DOI: 10.1007/s10841-011-9414-7. ISSN 1366-638X.

KAFFKOVÁ, K. a K. SMÉKALOVÁ. Sezonní variabilita výskytu čmeláků na porostech vybraných druhů LAKR v Olomouci. *Úroda*. 2018, **66** (13 vědecká příloha), 439-442. ISSN 0139-6013.

KAMLER, F. a S. JAŠ. Influence of pollination by honey bee on seed yield on selected cultivars of winter rape. *Journal of Apiculture Science*. 2003, **47**(2), 119-125. ISSN 1643-4439.

KEJVAL, Z. a T. PAPE. *Sarcophagidae Macquart, 1834*. In: JEDLIČKA, L., M. KÚDELA a V. STLOUKALOVÁ eds. *Checklist of Diptera of Czech Republic and Slovakia: Electronic version 2* [online]. 2. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 2009 [cit. 2019-10-26]. ISBN 978-80-969629-4-5. Dostupné z: http://www.edvis.sk/diptera2009/

KENNEDY, C. M., E. LONSDORF, M. C. NEEL et al. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters*. 2013, **16**(5), 584–599. DOI: 10.1111/ele.12082. ISSN 1461023X.

KLECKA, J., J. HADRAVA, P. BIELLA a A. AKTER. Flower visitation by hoverflies (Diptera: Syrphidae) in a temperate plant-pollinator network. *PeerJ*. 2018, **6**(-). DOI: 10.7717/peerj.6025. ISSN 2167-8359.

KOŁTOWSKI, Z. The beekeeping value and pollination requirements of six cultivars of spring rapeseed (Brassica napus L. var. oleifera Metzger f. annua Thell.). *Journal of Apiculture Science*. 2001, **45**(2), 69-84. ISSN 1643-4439.

KOŁTOWSKI, Z. Beekeeping value of recently cultivated winter rapeseed cultivars. *Journal of Apicultural Science*. 2002, **46**(2), 23-33. ISSN 1643-4439.

KOŁTOWSKI, Z. Abundance of nectar secretion and pollen production by Polish hybrid composite cultivars of rapeseed. *Journal of Agricultural Science*. 2003, **47**(2), 133-138. ISSN 1643-4439.

KOŁTOWSKI, Z. The effect of pollinating insects on the yield of winter rapeseed (Brassica napus L. var. napus f. biennis) cultivars. *Journal of Apiculture Science*. 2005, **49**(2), 29-41. ISSN 1643-4439.

KOŁTOWSKI, Z. Degree of utilization of potential sugar yield of a rapeseed plantation by insects in respect of rapeseed honey yield in an apiary. *Journal of Agriculture Science*. 2007, **51**(2), 67-79. ISSN 1643-4439.

KONVIČKA, O., D. HAUCK, F. TRNKA, L. SEKERKA, J. VÁVRA, M. STRAKA a L. ČÍŽEK. *Metodika zajištění ochrany a lokalit výskytu vybraných druhů brouků*. Praha: Biologické centrum AV ČR, v.v.i., 2017. Projekt TB020MZP048 „Revize recentního rozšíření a stavu nezvěstných druhů červeného seznamu – Coleoptera (brouci) z programu Beta Technologické agentury České republiky."

KOVÁŘ, P. Rostlinstvo a mravenci: ekologické významy vztahu. *Živa*. 1995, **1995**(2), 64-66. ISSN 0044-4812.

KREJČÍ, P. *Situační a výhledová zpráva Včely*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2017. ISBN 978-80-7434-396-4.

KRENN, H. W. Feeding mechanisms of adult Lepidoptera: Structure, function, and evolution of the mouthparts. *Annual Review of Entomology*. 2010, **55**(1), 307-327. DOI: 10.1146/annurev-ento-112408-085338. ISSN 0066-4170.

KRIESELL, L., A. HILPERT a S. D. LEONHARDT. Different but the same: bumblebee species collect pollen of different plant sources but similar amino acid profiles. *Apidologie*. 2017, **48**(1), 102-116. DOI: 10.1007/s13592-016-0454-6. ISSN 0044-8435.

KRUNIC, M. D. a L. Ž. STANISAVLJEVIC. Population management in the Mason bee species Osmia cornuta and O. rufa for orchard pollination in Serbia (Hymenoptera: Megachilidae). *Entomologia Generalis*. 2006, **29**(1), 27-38. DOI: 10.1127/entom.gen/29/2006/27. ISSN 0171-8177.

LADURNER, E., F. SANTI, B. MACCAGNANI a S. MAINI. Pollination of caged hybrid seed red rape with Osmia cornuta and Apis mellifera (Hymenoptera Megachilidae and Apidae). *Bulletin of Insectology*. 2002, **55**(1-2), 9-11. ISSN 1721-8861.

LAŠTŮVKA, Z. a J. LIŠKA. *Komentovaný seznam motýlů České republiky: Annotated checklist of moths and butterflies of the Czech Republic: (Insecta: Lepidoptera)*. Brno: Biocont Laboratory, 2011. ISBN 978-80-904254-1-5.

MACDONALD, M. *Bumblebees: naturally Scottisch*. Perth: Scottish Natural Heritage, 2003. ISBN 1853973645.

MÄDER, E. L., B. BORDERS a A. MINNERATH. Establishing pollinator meadows from seed. In: *The Xerces Society for Invertebrate Conservation* [online]. Portland: The Xerces Society for Invertebrate Conservation, 2019, 2013 [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: http://rightofway.erc.uic.edu/wp-content/uploads/2018/05/1A6-EstablishingPollinatorMeadows.pdf

MANETAS, Y. a Y. PETROPOULOU. Nectar amount, pollinator visit duration and pollination success in the Mediterranean shrub Cistus creticus. *Annals of Botany*. 2000, **86**(4), 815-820. DOI: 10.1006/anbo.2000.124. ISSN 0305-7364.

MAHESHWARI, J. K. Endangered pollinators. *Environmental News - Newsletter of of International Society of Environmental Botanists*. 2003, **9**(1), 1-3.

MAZÁNEK, L. *Syrphidae Latreille, 1802*. In: JEDLIČKA, L., M. KÚDELA a V. STLOUKALOVÁ eds. *Checklist of Diptera of Czech Republic and Slovakia: Electronic version 2* [online]. 2. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 2009 [cit. 2019-10-26]. ISBN 978-80-969629-4-5. Dostupné z: http://www.edvis.sk/diptera2009/

MÜLLER, H. *Alpenblumen, ihre befruchtung durch insekten und ihre anpassungen an dieselben*. Leipzig: Verlag von W. Engelmann, 1881.

NOVOTNÁ, M. *Včelí pastva*. Učební texty pro I. ročník oboru Včelař. SOUV-VVC, o.p.s., Nasavrky. 2014, 58 s.

NE'EMAN, G., A. JÜRGENS, L. NEWSTROM-LLOYD, S. G. POTTS a A. DAFNI. A framework for comparing pollinator performance: effectiveness and efficiency. *Biological Reviews*. 2009, **85**(3), 435-451. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2009.00108.x. ISSN 14647931.

NEHASILOVÁ, D. Méně známá skupina opylujícího hmyzu. *Včelařství*. 2012, **65**(4), 120-121. ISSN 0042-2924.

NEWMAN, P. J. a A. R. AGG, ed. *Environmental Protection of the North Sea*. Trowbridge: Butterworth-Heinemann, 1988. ISBN 9781483102672.

NIEMIRSKI, R. a M. ZYCH. Fly pollination of dichogamous Angelica sylvestris (Apiaceae): how (functionally) specialized can a (morphologically) generalized plant be?. *Plant Systematics and Evolution*. 2011, **294**(3-4), 147-158. DOI: 10.1007/s00606-011-0454-y. ISSN 0378-2697.

O'CONNOR, R. S., W. E. KUNIN, M. P. D. GARRATT, et al. Monitoring insect pollinators and flower visitation: The effectiveness and feasibility of different survey methods. *Methods in Ecology and Evolution*. 2019, **00**(-), 1-12. DOI: 10.1111/2041-210X.13292. ISSN 2041-210X.

OLESEN, J. M., Y. L. DUPONT, B. K. EHLERS a D. M. HANSEN. The openness of a flower and its number of flower-visitor species. *TAXON*. 2007, **56**(3), 729-736. DOI: 10.2307/25065856. ISSN 00400262.

OLLERTON, J. Pollinator diversity: Distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2017, **48**(1), 353-376. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-110316-022919. ISSN 1543-592X.

ORFORD, K. A., I. P. VAUGHAN a J. MEMMOTT. The forgotten flies: the importance of non-syrphid Diptera as pollinators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2015, **282**(1805), 1-6. DOI: 10.1098/rspb.2014.2934. ISSN 0962-8452.

PATRIGNANI, M., G. A. FAGÚNDEZ a C. E. LUPANO. Preliminary study on effect of agricultural activities in pollen spectrum of argentinean honey. *Journal of Apicultural Science*. 2019, **63**(1), 61-68. DOI: 10.2478/jas-2019-0005. ISSN 2299-4831.

PATTEN, K. D., C. H. SHANKS a D. F. MAYER. Evaluation of herbaceous plants for attractiveness to bumble bees for use near cranberry farms. *Journal of Apicultural Research*. 1993, **32**(2), 73-79. DOI: 10.1080/00218839.1993.11101290. ISSN 0021-8839.

PAUDEL, B. R., M. SHRESTHA, A. G. DYER, Q. J. LI a R. M. BORGES. Ginger and the beetle: Evidence of primitive pollination system in a Himalayan endemic alpine ginger (Roscoea alpina, Zingiberaceae). *PLOS ONE*. 2017, **12**(7). DOI: 10.1371/journal.pone.0180460. ISSN 1932-6203.

PAVELA, R. Insecticidal properties of several essential oils on the house fly (Musca domestica L.). *Phytotherapy Research*. 2008, **22**(2), 274-278. DOI: 10.1002/ptr.2300. ISSN 0951418X.

PECHÁČEK, A. Ultrafialový svět rostlin I.: Jak vzniká zbarvení – od nositele k interpretovi. *Živa*. 2016a, **2016**(2), 64-65. ISSN 0044-4812.

PECHÁČEK, A. Ultrafialový svět rostlin II.: Jak zachytit neviditelné a když červená není (jen) červená. *Živa*. 2016b, **2016**(3), 107-110. ISSN 0044-4812.

PECHÁČEK, A. Ultrafialový svět rostlin III.: Neviditelná pestrost květů – evoluce a význam UV znaků. *Živa*. 2016c, **2016**(4), 154-157. ISSN 0044-4812.

Polyfly - Fly pollinaton [online]. Almeria: Polyfly, 2019 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: http://polyfly.es

PŘIDAL, A. *Ekologie opylovatelů: vysokoškolská učebnice*. Vyd. 2., upr. a rozš. Brno: Lynx, 2005. ISBN 80-867-8704-4.

PŘIDAL, A. Opylování semenných porostů vojtěšky seté (*Medicago sativa*) samotářskou včelou šedosrstkou tolicovou (*Rhophitoides canus*). *Zpravodaj Ekozemědělci přírodě*. 2009(10), 20. Dostupné on-line na http://mendelu.apridal.cz/text/p023.pdf [cit. 13.3.2019].

PTÁČEK, V. a A. VOTAVOVÁ. *Termínovaný chov čmeláka zemního (Bombus terrestris): uplatněná certifikovaná metodika*. Troubsko: Zemědělský výzkum, 2013. ISBN 978-80-905080-7-1.

RACYS, J. a R. MONTVILIENE. Effect of bees-pollinators in buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) crops. *Journal of Apicultural Science*. 2005, **49**(1), 47-51. ISSN 1643-4439.

ROMAN, A. a N. SZCĘZSNA. Assessment of the flying activity of the buff-tailed bumblebee (Bombus terrestris L.) on greenhouse-grown tomatoes. *Journal of Apicultural Science*. 2008, **52**(1), 93-101. ISSN 1643-4439.

ROSTÁS, M., F. BOLLMANN, D. SAVILLE a M. RIEDEL. Ants contribute to pollination but not to reproduction in a rare calcareous grassland forb. *PeerJ*. 2018, **6**(-). DOI: 10.7717/peerj.4369. ISSN 2167-8359.

ROY, H. E., E. BAXTER, A. SAUNDERS, M. J. O. POCOCK a J. OLLERTON. Focal plant observations as a standardised method for pollinator monitoring: Opportunities and limitations for mass participation citizen science. *PLOS ONE*. 2016, **11**(3), 1-14. DOI: 10.1371/journal.pone.0150794. ISSN 1932-6203.

SEJÁK, J. *Hodnocení funkcí a služeb ekosystémů České republiky*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2010. ISBN 978-80-7414-235-2.

SLAVÍKOVÁ, Z. *Morfologie rostlin*. Praha: Karolinum, 2002. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0327-6.

SMÉKALOVÁ, K., K. KAFFKOVÁ a A. VOTAVOVÁ. *Podpora čmeláků pro malopěstitele a zahrádkáře: Certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2018. ISBN 978-80-7427-292-9.

SMÉKALOVÁ, K., K. KAFFKOVÁ a A. VOTAVOVÁ. *Zahradní jednoletá směs na podporu opylovatelů*. 2019a. Česká republika. 032544 Užitný vzor. Uděleno 06.02.2019. Zapsáno 20.02.2019.

SMÉKALOVÁ, K., K. KAFFKOVÁ a A. VOTAVOVÁ. *Zahradní víceletá směs na podporu opylovatelů*. 2019b. Česká republika. 032497 Užitný vzor. Uděleno 30.01.2019. Zapsáno 13.02.2019.

STEFFAN-DEWENTER, I. a A. KUHN. Honeybee foraging in differentially structured landscapes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 2003, **270**(1515), 569-575. DOI: 10.1098/rspb.2002.2292. ISSN 1471-2954.

STRAKA, J. Včely a evoluce barev květů. *Vesmír*. 2003, **82**(9), 507-512. ISSN 0042-4544.

ŠPRYŇAR, P. a STREJČEK, J. Potravní vazby herbivorního hmyzu – nástroj pro hodnocení biotopů a krajiny. *Živa*. 2012, **2012** (4), 200-202. ISSN 044-4812.

ŠVAMBERK, V. *Včelí pastva: rostliny známé i neznámé*. Praha: Mája, 2014. ISBN 978-80-88045-00-7.

ŠVAMBERK, V. *Prostředí a včely: ekologie (nejen) pro včelaře*. Praha: Mája, spolek pro rozvoj včelařství, 2015. ISBN 978-80-88045-01-4.

TEPER, D. Food plants of Bombus terrestris L. as determined by pollen analysis from faeces. *Journal of Apicultural Science*. 2006, **50**(2), 101-107. ISSN 1643-4439.

TEPER, D. Food plants of the red mason bee (Osmia rufa L.) determined based on a palynological analysis of faeces. *Journal of Apicultural Science*. 2007, **51**(2), 55-62. ISSN 1643-4439.

TORNÉ-NOGUERA, A., A. RODRIGO, S. OSORIO a J. BOSCH. Collateral effects of beekeeping: Impacts on pollen-nectar resources and wild bee communities. *Basic and Applied Ecology*. 2016, **17**(3), 199-209. DOI: 10.1016/j.baae.2015.11.004. ISSN 14391791.

VAČKÁŘ, D. a kol. *Metodologický rámec integrovaného hodnocení ekosystémových služeb v České republice* [online].2014,[cit. 2019-10-26].Dostupné z: www.minzp.sk/files/sekcia..sluzby/es_metodika_final_2014.pdf

VAN DER STEEN, J. The management of Osmia rufa L. for pollination of seed crops in greenhouses. *Proceedings of Experimental and Applied Entomology*. 1991, **2**(1), 137-141. ISSN 1388-8390.

VAUDO, A. D., D. STABLER, H. M. PATCH, J. F. TOOKER, C. M. GROZINGER a G. A. WRIGHT. Bumble bees regulate their intake of essential protein and lipid pollen macronutrients. *The Journal of Experimental Biology*. 2016, **219**(24), 3962-3970. DOI: 10.1242/jeb.140772. ISSN 0022-0949.

Informace ústním sdělením poskytla Mgr. Alena VOTAVOVÁ, Ph.D., entomoložka ze společnosti Zemědělský výzkum. Troubsko 8. 3. 2019.

VAISSIÈRE, B. E. a S. B. VINSON. Pollen morphology and its effect on pollenl collection by honey bees, Apis Mellifera L. (Hymenoptera: Apidae), with special reference to upland cotton, Gossypium hirsutum L. (Malvaceae). *Grana*. 1994, **33**(3), 128-138. DOI: 10.1080/00173139409428989. ISSN 0017-3134.

VESELÝ, V. et al. *Včelařství*. 3. Praha: Brázda, 2013. ISBN 978-80-209-0399-0.

WERNER, P. a M. WIEZIK. Vespoidea: Formicidae (mravencovití). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*. 2007, **47**(Supplementum 11), 133-164. ISSN 0374-1036.

WERNESS, H. P. *Continuum encyclopedia of animal symbolism in world art*. 2. New York: A&C Black, 2006. ISBN 9780826419132.

WILKANIEC, Z. a K. GIEJDASZ. Effects of the pollination of highbush blueberry by the solitary bee Osmia rufa L. (Apoidea: Megachilidae) under isolation. *Journal of Apicultural Science*. 2003, **47**(2), 25-29. ISSN 1643-4439.

WILKANIEC, Z., K. GIEJDASZ a G. PRÓSZYŃSKI. Effect of pollination of onion seeds under isolation by the red mason bee (Osmia rufa L.) (Apoidea, Megachilidae) on the setting and quality of obtained seeds. *Journal of Apicultural Science*. 2004, **48**(2), 35-41. ISSN 1643-4439.

WILLIAMS, G. a P. ADAM. *The flowering of Australia's rainforests: a plant and pollination miscellany*. Collingwood, Vic.: CSIRO Publishing, 2010. ISBN 978-0643097612.

WILLMER, P. *Pollination and floral ecology*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2011. ISBN 978-069-1128-610.

WOOD, T. J., J. M. HOLLAND, D. GOULSON a J. BEGGS. Providing foraging resources for solitary bees on farmland: current schemes for pollinators benefit a limited suite of species. *Journal of Applied Ecology*. 2017, **54**(1), 323-333. DOI: 10.1111/1365-2664.12718. ISSN 00218901.

WRÓBLEWSKA, A., E. STAVIARZ a M. MASIEROWSKA. Evaluation of selected ornamental asteraceae as a pollen source for urban bees. *Journal of Apicultural Science*. 2016, **60**(2), 179-191. ISSN 1643-4439.

WRÓBLEWSKA, A., WARAKOMSKA, Z. a M. KAMIŃSKA. The pollen spectrum of bee bread from the Lublin region (Poland). *Journal of Apicultural Science*. 2010, **54**(2), 81-89. ISSN 1643-4439.

8. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

KAFFKOVÁ, K. a K. SMÉKALOVÁ. Sezonní variabilita výskytu čmeláků na porostech vybraných druhů LAKR v Olomouci. *Úroda*. 2018, **66** (13 vědecká příloha), 439-442. ISSN 0139-6013.

SMÉKALOVÁ, K. a K. KAFFKOVÁ. LAKR jako čmeláčí pastva aneb Podpora čmeláků v krajině. In: PAPOUŠKOVÁ, L., ed. *Sborník ze semináře Současné poznatky z výzkumu a využívání genetických zdrojů rostlin, 5.12.2018, Žatec. „Genetické zdroje č.106“*. 1. Praha: VÚRV, 2019, s. 54-62. ISBN 978-80-7427-308-7.

SMÉKALOVÁ, K. a K. KAFFKOVÁ. Medicinal plants as a food source for pollinators – Fluctuation of attractiveness of selected species during the day. In: CAROVIĆ-STANKO, K. a M. GRDIŠA (eds.) *10th CMAPSEEC: Book of abstracts*. Split: AMAPSEEC, 2018, s. 33. ISBN 978-953-7878-82-5.

SMÉKALOVÁ, K., E. DUŠKOVÁ, M. DOKOUPILOVÁ a K. KAFFKOVÁ. LAKR jako zdroj potravy pro opylovatele. In: NEUGEBAUEROVÁ, J., ed. *22. Odborný seminář s mezinárodní účastí: Aktuální otázky pěstování léčivých, aromatických a kořeninových rostlin – sborník abstraktů.* 1. Lednice: Mendelova univerzita v Brně, 2017, s. 29. ISBN 978-80-7509-501-5.

SMÉKALOVÁ, K., K. KAFFKOVÁ a A. VOTAVOVÁ. *Podpora čmeláků pro malopěstitele a zahrádkáře: Certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2018. ISBN 978-80-7427-292-9.

SMÉKALOVÁ, K., K. KAFFKOVÁ a A. VOTAVOVÁ. *Zahradní jednoletá směs na podporu opylovatelů*. 2019. Česká republika. 032544 Užitný vzor. Uděleno 06.02.2019. Zapsáno 20.02.2019.

SMÉKALOVÁ, K., K. KAFFKOVÁ a A. VOTAVOVÁ. *Zahradní víceletá směs na podporu opylovatelů*. 2019. Česká republika. 032497 Užitný vzor. Uděleno 30.01.2019. Zapsáno 13.02.2019.

VOTAVOVÁ, A. a K. SMÉKALOVÁ. Výsledky testování atraktivity vybraných druhů rostlin pro čmeláky. *Úroda*. 2017, **65**(12 vědecká příloha), 599 - 602. ISSN 0139-6013.

Obrázky na obálce:
nahoře – Otakárek fenyklový (*Papilio machaon*) na bukvici lékařské (*Stachys officinalis*)
vlevo – Zednice rezavá (*Osmia bicornis*) na bazalce posvátné (*Ocimum tenuiflorum*)
dole – Čmelák skalní (*Bombus lapidarius*) na štírovníku růžkatém (*Lotus corniculatus*)
vpravo – Včela medonosná (*Apis mellifera*) na slézu lesním (*Malva sylvestris*)

Autoři: Ing. Katarína Kaffková, Ph.D. 45 %
Ing. Kateřina Smékalová, Ph.D. 45 %
Mgr. Alena Votavová, Ph.D. 10 %

Název: **Hodnocení potravních preferencí u hmyzích opylovatelů**

Vydavatel: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně

Tisk: Profi-tisk group s.r.o., Olomouc

Vydáno v roce: 2019

Kontakt na autory: kaffkova@genobanka.cz
smekalova@genobanka.cz
votavova@vupt.cz

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 2019

ISBN 978-80-7427-311-7

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.,
Drnovská 507/73, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

ISBN: 978-80-7427-311-7