

Výběr vhodných opylovatelů minoritních plodin pro semenářskou praxi

Certifikovaná metodika

Ing. Katarína Kaffková, Ph.D.

Ing. Kateřina Smékalová, Ph.D.

Mgr. Alena Votavová, Ph.D.

Ing. Josef Malec

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2020

© Zemědělský výzkum, spol. s.r.o., 2020

ISBN: 978-80-7427-333-9

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.

Poděkování: Autoři děkují technickým a výzkumným pracovníkům J. Militkému, V. Kočí, M. Prokopovičové, E. Mückové, J. Lazeckému, R. Hyklovi, P. Kadaňkové, J. Královi, A. Kintlovi a R. Sedláčkové za veškerou pomoc s péčí o rostliny i hmyzí opylovače.

Autoři

Ing. Katarína Kaffková, Ph.D.

Ing. Kateřina Smékalová, Ph.D.

Mgr. Alena Votavová, Ph.D.

Ing. Josef Malec

Foto Archiv autorů (pokud není uvedeno jinak)

Oponenti:

doc. Ing. Kristina Petříková, CSc.

Zahradnická fakulta Mendelovy univerzity v Brně

Ing. Barbora Dobiášová

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Abstrakt:

Znalost opylovacích poměrů a v případě cizosprašných hmyzosnubných druhů i vhodných opylovatelů je nezbytnou podmínkou šlechtění a množení mnoha plodin. Metodika shrnuje základní informace o výběru vhodného způsobu opylování, technologiích a postupech při opylování v izolátorech a praktické rady a zkušenosti získané na odborných pracovištích. Metodika seznamuje i s finanční náročností pořízení nebo chovu vybraných opylovatelů a na konkrétních příkladech hodnotí jejich efektivitu. Představen je i obecný návod pro testování opylovacích poměrů rostlin a vzájemné kompatibility rostlin a vybraných hmyzích opylovatelů.

Klíčová slova: opylovatelé, semenářství, technický izolátor, kvalita osiva

Abstract:

Knowledge about pollination conditions and, in case of cross pollinated entomophilous plant species, as well as suitable pollinators, is a crucial factor for breeding and propagation of many crops. The methodology summarizes with basic information about selection of a suitable method of pollination, technologies and procedures for pollination in insulators and practical advice and experience gained at specialised organisations. The methodology also offers a preview of the financial demands of the acquisition or breeding of selected pollinators and evaluates their effectiveness on specific examples. A general guide for testing the pollination conditions of plants and the mutual plant-pollinator compatibility.

Keywords: pollinators, seed production, technical isolation, seed quality

Certifikace:

Metodice bylo uděleno osvědčení UKZUZ 231561/2020.

OBSAH

1 CÍL	1
2 VLASTNÍ POPIS METODIKY	1
3 ÚVOD	1
3.1 Opylení, opylování a opylovací poměry	2
3.2 Volné opylování a izolační vzdálenosti.....	4
3.3 Technická izolace a řízené opylování.....	6
3.4 Opylování hmyzími opylovateli v podmínkách technické izolace.....	8
3.5 Hmyzí opylovatelé z komerčních chovů	8
3.5.1 Včela medonosná.....	8
3.5.2 Čmeláci.....	9
3.5.3 Samotářské včely.....	10
3.5.4 Pestřenky, mouchy a masařky	12
3.6 Výběr vhodného opylovatele.....	14
3.7 Pořízení opylovatelů.....	15
3.7.1 Včela medonosná.....	16
3.7.2 Čmelák zemní.....	16
3.7.3 Samotářské včely.....	16
3.7.4 Pestřenky, mouchy a masařky	17
3.8 Stanovení vhodného počtu opylovatelů.....	18
3.8.1 Opylování volných výsadeb	18
3.8.2 Opylování v technické izolaci	20
3.9 Aplikace do porostu.....	23
3.9.1 Technické vybavení.....	24
3.9.2 Termín umístění hmyzích opylovatelů k rostlinám a jejich životnost.....	26
3.10 Péče o hmyz v technické izolaci a ochrana před predátory, parazity a dalšími patogeny	28
3.11 Praktické zkušenosti s použitím hmyzích opylovatelů ve VÚRV, v.v.i., VÚP, spol. s r.o. a ZV spol. s r.o.	30
3.11.1 Standardní péče o genetické zdroje na olomouckém pracovišti VÚRV, v.v.i.....	31

3.11.2 Standardní péče o genetické zdroje ve VÚP, spol. s r.o. v Troubsku.....	31
3.11.3 Testování alternativních opylovatelů na olomouckém pracovišti VÚRV, v.v.i.	32
3.11.4 Testování alternativních opylovatelů v Troubsku	33
3.11.5 Porovnání efektivity hmyzích opylovatelů na 4 modelových plodinách ve společném projektu VÚRV, v.v.i. a ZV spol. s r.o.....	34
4 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	42
5 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY.....	42
6 EKONOMICKÉ ASPEKTY	42
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	45
8 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	53

1 CÍL

Cílem metodiky je rozšířit u odborné veřejnosti informovanost o faktorech, které je nutné zohlednit při výběru vhodných opylovatelů pro potřeby šlechtění a semenářství nových, méně známých nebo minoritních plodin v podmínkách technické izolace. Metodika se zabývá třemi vybranými druhy hmyzích opylovatelů (včela medonosná, čmelák zemní a zednice rezavá), které jsou pro opylování v technických izolátorech používány, shrnuje jejich společné i rozdílné znaky a hodnotí jejich efektivitu a výkonnost při opylování vybraných druhů rostlin. Metodika seznamuje i s finanční náročností pořízení nebo chovu vybraných opylovatelů. Cílem metodiky je osvětlit principy používání hmyzích opylovatelů při šlechtitelské a semenářské práci a na konkrétních příkladech zhodnotit efektivitu jednotlivých druhů opylovatelů. Metodika také nabízí obecný návod pro testování opylovacích poměrů rostlin a vzájemné kompatibility rostlin a vybraných hmyzích opylovatelů při použití v semenářské praxi.

2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

Předložená metodika je určena pro odborníky i informovanou veřejnost z oblasti semenářství, chovu hmyzích opylovatelů, včelařství, pracovníkům šlechtitelských firem, ale také studentům zemědělských a přírodovědných oborů.

V metodice uživatelé naleznou základní informace o problematice výběru vhodného způsobu opylování (volné opylení versus opylení konkrétním opylovatel v technickém izolátoru), technologii a postup při opylování v izolátorech a praktické rady a zkušenosti získané na pracovištích, které se této problematice dlouhodobě věnují, tj. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. a Zemědělský výzkum, spol. s.r.o.

Součástí metodiky je i rozsáhlý poznámkový aparát s odkazy na vědecké prameny zabývající se podobnou problematikou.

3 ÚVOD

Při generativním rozmnožování kulturních i planých druhů rostlin je zásadním předpokladem úspěchu znalost jejich opylovacích poměrů. V semenářství cizosprašných hmyzosnubných druhů pak navíc hraje stěžejní roli i výběr vhodného typu opylovače. U majoritních, nebo tradičně pěstovaných plodin, jsou již jak opylovací poměry, tak vhodní opylovače většinou prozkoumány dostatečně. Pro celou řadu méně známých, třeba nově zaváděných rostlinných druhů, nebo i nových odrůd tradičních plodin, jsou však jejich opylovací poměry, stejně jako nejefektivnější opylovače, neznámí. Úspěšnost jejich rozmnožování, a v případech, kde je sklizňovou částí dané plodiny právě plod, i hospodářský výnos, je pak přímo úměrná těmto znalostem a schopnostem vytvořit pro maximální tvorbu plodů a/nebo semen cíleného druhu či odrůdy co nejideálnější podmínky.

3.1 Opylení, opylování a opylovací poměry

Podmínkou pohlavního rozmnožování rostlin je opylení. Opylením rozumíme přenos pylového zrna na povrch blizny. Pylové zrno poté začne za vhodných podmínek na blizně klíčit a pylovou láčkou, která nese samčí pohlavní buňky, prorůstá čnělkou až k vajíčku, ukrytému v semeníku. Splynutím samčích pohlavních buněk se samičími pak dochází k oplození a začíná vývoj plodu, resp. semene.

U některých rostlin, většinou nahosemenných, a tedy vývojově primitivnějších, zprostředkovává opylování voda nebo vítr. Tento způsob opylení je méně efektivní, většina pylových zrn nenajde svůj cíl, a proto musí tyto rostliny produkovat pylu obrovská množství. U vyspělejších, krytosemenných rostlin, se však vyvinul úspěšnější mechanismus přenosu pohlavních buněk, který také umožňuje přenos pylu na delší vzdálenosti. K přenosu pylu jsou u nich využívány různé druhy živočichů, zejména hmyz (Kiester a kol., 1984).

Podle způsobu přenosu pylu při opylení tedy rozdělujeme rostliny na hydrofilní neboli hydrogamní – pyl je přenášen vodou, větrosnubné neboli anemofilní či anemogamní, u kterých pyl přenáší vítr, a zoofilní, u kterých je pyl přenášen živočichy, například ptáky nebo kaloni. Nejčastějším příkladem zoofilie je hmyzosnubnost neboli entomofilie či entomogamie, kdy přenos pylu zprostředkovává hmyz.

Hydrofilních rostlin je v květeně ČR jen asi 0,5 % a jedná se téměř výhradně o rostliny vodní. Větrosnubných je v ČR 17,3 % rostlinných druhů a mezi typické zástupce této skupiny patří například naše jehličnany jako smrk (*Picea*) nebo borovice (*Pinus*). Větrosnubné rostliny mají své zástupce i mezi krytosemennými – z třídy jednoděložných se jedná např. o zástupce šachorovitých (Cyperaceae) nebo trav (Poaceae) a z třídy vyšších dvouděložných např. bříza (*Betula*) nebo líska (*Corylus*). Největší podíl, 74,3 % druhů, patří v květeně ČR mezi rostliny hmyzosnubné a 7,9 % jsou přechodné typy (Slavíková, 2002). Typicky hmyzosnubnými zástupci je například mnoho druhů bobovitých (Fabaceae), jejichž pohlavní orgány jsou často skryty hlouběji v květech a vítr tedy nemůže pylová zrna ani uchopit, ani přenést na blizny jiných květů. Příkladem druhů s přechodným typem opylování mohou být např. vrby (*Salix*) nebo javory (*Acer*), u kterých může pyl přenášet jak vítr, tak hmyz.

Na základě různého typu opylování můžeme rostliny dělit také na samosprašné (autogamní, nebo také autofertilní) a cizosprašné (alogamní neboli autosterilní). Samosprašnost znamená, že květ byl opylen vlastním pylem, ale „vlastní pyl“ přitom bývá definován dvěma možnými způsoby. Přísnější kritérium stanoví, že o samosprašnosti mluvíme pouze tehdy, je-li květ opylen pylem téhož květu. V takovém případě se musí nutně jednat o květy oboupohlavné, tedy takové, které obsahují jak samičí (pestík), tak i samčí (tyčinky) pohlavní orgány. Při mírnějším úhlu pohledu se dá o samosprašnosti mluvit i tehdy, pokud pyl pochází sice z jiného květu, ale stále se jedná o květ z téže rostliny a genetická informace, kterou pohlavní buňky při tomto způsobu opylení obsahují, tedy i tak zůstává stejná (Abrol, 2011). Pro tento způsob samoopylení se také používá výraz geitonogamie a účastníci se květy nemusí být nutně oboupohlavné. Geitonogamie se vztahuje i na jednopohlavné květy vyrůstající na stejné rostlině, tedy rostliny jednodomé. Mezi jednodomé rostliny patří například lísky (*Corylus*), břízy (*Betula*), olše (*Alnus*), smrk ztepilý (*Picea abies*), ořešák královský (*Juglans regia*) nebo kopřiva žahavka (*Urtica urens*). Podle některých autorů je už ale geitonogamie považována za variantu cizosprašnosti (Petráčková a Kraus, 1998)

Další možná interpretace pojmů samo- či cizosprašnosti je používána např. v ovocnářství. Za samosprašný je považován jedinec (např. strom), několik jedinců, nebo i celý kultivar (odrůda), pokud se může opylit pylem z libovolného květu stejného kultivaru. Samosprašnými jsou v tomto slova smyslu často např. některé broskvoně, meruňky nebo višně. Za cizosprašný je pak považován jedinec nebo celý kultivar, pokud k opylení potřebuje jiný kultivar a je lhostejno, zda tento jiný kultivar roste na jiném stromu nebo je přiroubován na strom, o jehož opylení se jedná. Cizosprašnými bývají v tomto významu často např. hrušně, jabloně nebo třešně (Šrot, 1996).

Samosprašnost (autogamie) má výhody v soustavném udržování dobře adaptovaných genotypů (dochází k minimálním genetickým ztrátám), dosažitelnosti gamet i v extrémních biotopech a malém energetickém vkladu pro reprodukci. Její nevýhodou je ale inbreeding mezi blízce příbuznými liniemi (vzniká letální zátěž) a rychle klesající podíl heterozygotních jedinců v dalších generacích, kdy vznikají „čistě“ linie. Cizosprašnost (allogamie) je vývojově výhodnější, protože vytváří genetickou variabilitu a umožňuje rostlinám adaptaci na měnící se prostředí. Na druhou stranu ale tento způsob rozmnožování představuje pro rodičovské rostliny vyšší energetický vklad pro reprodukci (nutná tvorba složitějších pohlavních orgánů), rozmnožování je více ohroženo náhodnými faktory prostředí (př. nefouká vítr, nepřítomnost opylovatelů aj.) a výhodné genotypy, které se už adaptovaly na daný typ prostředí, se do dalších generací nepřenášejí přímo, ale jen prostřednictvím heterozygotních potomků.

Většina druhů rostlin si vývojově vytvořila různě kombinované reprodukční systémy, kdy se rostliny za určitých okolností mohou rozmnožovat jak autogamicky, tak allogamicky a jsou tak u daného druhu schopny současně udržovat stabilitu i variabilitu. Mezi tyto kombinované reprodukční systémy patří ve volné přírodě cizosprašnost kombinovaná s vegetativní reprodukcí (př. klonové shluky u jetele plazivého (*Trifolium repens*) a vrbiny penízkové (*Lysimachia nummularia*)), cizosprašnost kombinovaná s živorodostí – viviparií (př. pacibulky u některých druhů rodu česnek (*Allium*), psineček (*Agrostis*), lipnice (*Poa*), lomikámen (*Saxifraga*) aj.), cizosprašnost kombinovaná s příležitostnou (prvosěnka jarní (*Primula veris*)) nebo pravidelnou (violka (*Viola*), řeřišnice (*Cardamine*), mateřídouška (*Thymus*)) samosprašností apod. (Briggs a Walters, 2001). U pěstovaných plodin se setkáváme s druhy fakultativně cizosprašnými – dávají přednost cizímu pylu, který dává vyšší výnos a kvalitnější plody; pokud ale není v blízkosti pyl cizí, použijí i vlastní (např. vojtěška (*Medicago*), řepka (*Brassica napus*), rajče (*Solanum lycopersicum*)), nebo obligátně cizosprašnými, u kterých nemohou být rostliny opyleny vlastním pylem přímo, ale potřebují směs pylů jiných rostlin (jetel (*Trifolium*)).

V přírodních podmínkách, tedy např. u planě rostoucích druhů, probíhá opylování přirozenou cestou bez zásahů člověka. V zemědělské praxi ale může člověk opylování různými způsoby ve větší či menší míře ovlivňovat. Příkladem takového ovlivňování může být prostý výsev či výsadba vzájemně se opylujících či neopylujících druhů či kultivarů v prostoru, přisunutí vhodných opylovatelů (např. včelích úlů nebo čmelínů) k porostu, nebo naopak zabránění nežádoucího opylení izolací rostlin či jednotlivých květů. Další možností je pěstování rostlin, které netvoří pyl nebo jejichž pyl není fertilní (Steffan-Dewenter, 2003), nebo např. kastrace (odstranění) samčích pohlavních orgánů z květů. Na tyto zásahy pak navazuje tzv. volné opylování (k rostlinám má neomezený přístup jak proudění vzduchu, tak všechny druhy

opylovatelů, kteří se na stanovišti vyskytují), nebo opylování řízené (opylování v technických izolátech). Studium agronomických technik, zvyšujících produkci plodů či kvalitního osiva, je v současné zemědělské praxi vysoce žádoucí (Martiniello a kol., 2003).

3.2 Volné opylování a izolační vzdálenosti

Volné opylování je velmi nenáročné a efektivní. Vyžaduje pouze dostatečný počet současně kvetoucích rostlin či květů (v případě samosprašných druhů ale teoreticky stačí i jen jeden květ) a vítr (za předpokladu, že fouká) či hmyz (pokud je přítomen) přenese pyl bez zásahu člověka. Úspěšnost volného opylení lze zvýšit vyšší hustotou pěstovaných rostlin či přísunem vhodných opylovatelů. Slabinou tohoto způsobu ale je, že pyl je na poměrně velké vzdálenosti přenášen nekontrolovaně, takže i od nežádoucích donorů. Pokud je tedy např. u semenářských porostů třeba zachovat potřebnou odrůdovou čistotu, musí se mezi porosty různých odrůd zachovávat tzv. izolační vzdálenost. Izolační vzdálenost se liší jak u různých rostlinných druhů (což souvisí s opylovacími poměry), tak s požadovanou kvalitou osiva, resp. kategorií semenářského materiálu (šlechtitelský materiál, základní rozmnožovací materiál, certifikované osivo apod.) a velikostí pěstitelské plochy. Požadavky na izolační vzdálenosti při produkci množitelského materiálu stanovuje zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 444/2005 Sb., 178/2006 Sb., 299/2007 Sb., 96/2009 Sb., 300/2009 Sb., 331/2010 Sb., 54/2012 Sb. a související vyhlášky č. 129/2012 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o uvádění osiva a sadby pěstovaných rostlin do oběhu, č. 61/2011 Sb., o požadavcích na odběr vzorků, postupy a metody zkoušení osiva a sadby a č. 378/2010 Sb., o stanovení druhového seznamu pěstovaných rostlin. Příklady izolačních vzdáleností vyžadovaných výše uvedenou legislativou uvádí Tabulky 1 a 2.

Tab. 1: Příklady plodin, u kterých je izolační vzdálenost nutná k zabránění nežádoucího přenosu pylu ovlivněna velikostí množitelské plochy a dalším využitím semenného materiálu

Izolační vzdálenost [m]	Osivo určené pro	Množitelská plocha	
		do 2 ha	nad 2 ha
kukuřice (všechny kategorie a generace)		200	200
cizosprašné druhy trav ¹ (nehybridní odrůdy)	další množení	200	100
	výrobu pícnin či technické účely	100	50
luskoviny a jeteloviny ²	další množení	200	100
	výrobu pícnin či technické účely	100	50
ostatní krmné plodiny ³ a řepka olejná	další množení	200	100
	výrobu pícnin či technické účely	100	50

¹bojínek (*Phleum*), jílek (*Lolium*), kostřava (*Festuca*), lipnice (*Poa*), psineček (*Agrostis*) aj.

²bob a vikve (*Vicia*), lupina žlutá (*Lupinus luteus*), jeteloviny

³rody brukev (*Brassica*), lnička (*Camelina*), ředkev (*Raphanus*) a hořčice (*Sinapis*)

Pěstování semenářských porostů v izolačních vzdálenostech je relativně jednoduché, ale klade velké nároky na prostor a je ovlivněno i faktorem času. Při současném pěstování raných

a pozdních odrůd lze prostorovou izolaci jednotlivých porostů zmenšit – pyl se nemůže přenést nežádoucím způsobem prostě proto, že rané a pozdní odrůdy jednoduše nekvetou ve stejném termínu. V delším horizontu je však plánování rozmístění semenářských porostů ovlivněno časem negativně, protože platná legislativa stanovuje i nutnou časovou izolační vzdálenost. V praxi to znamená, že např. obilniny lze v kategoriích kvality osiva SE a E (předstupeň elity, elita) na stejném pozemku množit nejdříve za 2 roky po sobě, jeteloviny, hořčici bílou i černou, lničku setou, zeleniny z čeledi miříkovitých (*Apiaceae*), čekanku, rajčata, ředkvičku a kořeninové rostliny nejdříve za 3 roky po sobě, zeleniny rodu *Brassica*, hrách a fazol za 4 roky po sobě a kapustu krmnou, řepu, mangold, tuřín a ředkev olejnou dokonce nejdříve až 5 let po sobě (Vyhláška č. 129/2012 Sb.). Izolační vzdálenosti některých druhů a odrůd tedy s ohledem na rozlohu dostupných pozemků šlechtitelských a semenářských podniků často nelze dodržet a je nutné přistoupit ke kompromisům, nebo jiným, prostorově úspornějším řešením.

Tab. 2: Příklady plodin, u kterých je izolační vzdálenost nutná k zabránění nežádoucího přenosu pylu ovlivněna typem porostu a semenářskou kvalitou získaného osiva (SE – předstupeň elity; E – základní osivo, elita; C – certifikované osivo)

Izolační vzdálenost [m]	Od dalších porostů	SE, E	C
slunečnice ¹	stejněho druhu	750	500
tritikale	jiné odrůdy téhož druhu	50	20
	jiných druhů (žito)	300	250
žito ²	jiné odrůdy téhož druhu	300	250
	jiných druhů (tritikale)	50	20
anýz, fenykl, koriandr	jiné odrůdy téhož druhu	500	300
	planých rostlin téhož druhu	300	100
brokolice, kedluben, kadeřávek, kapusta, květák, zelí	zdrojů pylu, které by zvláště nebezpečně mohly ovlivnit uniformitu odrůdy – od jiné variety nebo jiné odrůdy druhu <i>Brassica oleracea</i> L.	1000	600
	ostatních zdrojů pylu rodu <i>Brassica</i> náchylných k vzájemnému sprášení s pěstovaným druhem	500	300
okurka, meloun, tykev	jiné formy nebo odrůdy téhož druhu	1000	700

¹ u hybridů je izolační vzdálenost 500 m, u komponentů 1500 m

² u komponentů je izolační vzdálenost 1000 m

Německá genová banka Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) v Gatersleбен, která pečuje o 151 002 položek, reprezentujících 2 933 druhů 776 rostlinných rodů, a představuje tak jednu z největších světových kolekcí genetických zdrojů kulturních plodin a jejich planých příbuzných, při regeneraci některých malých populací (záhony o velikosti 3 m²) připouští zmenšení izolační vzdálenosti až k 80 m (Gladiš, 1997). Dalším způsobem prostorové izolace, který se používá např. při množení trav, je pěstování semenářských porostů v kulisové plodině (Ševčíková a kol., 2002) vyššího vzrůstu (např. kukuřice (*Zea mays*), tritikále (\times *Triticosecale*), žito seté (*Secale cereale*)). I tato metoda je poměrně pracná, a navíc vhodná pouze pro větrosnubné plodiny. Častějším, z hlediska

uchování genetické čistoty i bezpečnějším, a pro hmyzosubné druhy rostlin vlastně jediným efektivním řešením, je však množení takových materiálů v malém měřítku v technické izolaci.

3.3 Technická izolace a řízené opylování

Technická izolace při opylování znamená, že je nějakým způsobem zabráněno opylení volnému. Podle typu plodiny a požadovaného množství získaných semen, lze použít nejrůznější zábrany od papírového, plastového či textilního sáčku navlečeného na kvetoucí výhony (Obr. 1–4), až po specializované velkoplošné stavby různé konstrukce (Obr. 5–8).

Obr. 1–3: Různé způsoby technické izolace květů při šlechtění heřmánku pravého (*Matricaria chamomilla*) (PHARMAPLANT, Arznei- und Gewürzpflanzen Forschungs- und Saatzucht GmbH, Artern, Německo)



Obr. 4 (←): Technická izolace květenství slunečnice roční (*Helianthus annuus*)

Obr. 5 (→): Mobilní technické izolátory pro polní kultury (oba obr. IPK, Gatersleben a Quedlinburg, Německo)



Zabránění nežádoucího opylování je však jen první část semenářské práce. Pro rostliny a květy v technické izolaci je nutné zajistit i opylování pylem žádoucím a také tento proces umožňuje různá řešení. V některých případech je před samotným opylením nutné provést kastraci oboupohlavných květů a nasbírat vhodný pyl cizí. Kastrace může být uskutečněna mechanickými, chemickými nebo genetickými prostředky. Mechanická kastrace zahrnuje odstranění pylových zrn, prašníků, tyčinek, či celých květních plátků s přirostlými tyčinkami, může se ale jednat i o vymývání pylu vodou (salát), odsávání prašníků vzduchem (rýže) nebo

krátkodobému vystavení květů vysoké (40–44 °C) či nízké (0–4 °C) teplotě. Při chemické kastraci se používají chemické preparáty, tzv. gametocidy, které zabraňují klíčení pylu, avšak nepoškozují bliznu, při genetické kastraci je nejčastěji využívána samčí sterilita a autoinkompatibilita.

Obr. 6 a 7: Technický izolát pro révu vinnou a teplomilné peckoviny (Zahradnická fakulta Mendelovy univerzity v Lednici; foto T. Nečas)



Obr. 8: Technický izolátor pro množení genetických zdrojů různých plodin (paprika, čirok atd.) (IPK, Gatersleben, Německo)

Také vlastní opylování lze provádět různými způsoby. Např. u pšenice se mateřský klas s kastrovanými květy uzavře do izolátoru (sáčku) spolu s klasem rostliny otcovské. Otcovský klas je umístěn nad mateřským a jeho stopka je ponořena v malé ampulce s vodou, aby bylo zabezpečeno dozrávání pylu a jeho samovolné vypadávání na květy mateřské rostliny. Při šlechtění vinné révy, ovocných dřevin (meruňky, jabloně, třešně apod.) a květin (*Petunia*, *Begonia* apod.) se opylování provádí ručně, a to buď přímým nanášením pylu z květů donora na blizny, nebo štětcem (Obr. 9). Ruční opylení je však velmi pracné a v semenářství většinou ekonomicky nevýhodné, a proto se k opylování již běžně využívají i přirození opylovatelé z umělých chovů (Anonym, 2015).



Obr. 9: Ruční opylování kmínu kořeného (*Carum carvi*)

3.4 Opylování hmyzími opylovateli v podmínkách technické izolace

Opylování hmyzími opylovateli v podmínkách technické izolace je rychlé a efektivní (např. zcela odpadá práce se sběrem pylu), ale klade mnohem vyšší požadavky na technickou izolaci rostlin a zajištění vhodných opylovatelů. Základní principy a technologie, které jsou u tohoto způsobu množení cizosprašných hmyzosnubných druhů standardně používány při regeneraci genetických zdrojů zelenin a léčivých, aromatických a kořeninových druhů na olomouckém pracovišti VÚRV, v.v.i., byly již publikovány (Dušek a kol., 2010a,b). Tato metodika je tedy zaměřena především na výběr vhodných druhů opylovatelů, hodnocení zkušeností s jejich použitím u různých plodin a náročností (i finanční) na jejich pořízení nebo chov a péči o ně v průběhu opylovacího období.

3.5 Hmyzí opylovatelé z komerčních chovů

Opylování rostlin v přírodních společenstvech zajišťuje široké spektrum přirozeně se vyskytujících hmyzích opylovatelů. Pro potřeby zemědělské praxe, tedy jak produkci plodin, jejichž užitnou částí jsou plody, tak semenářství pěstovaných druhů i jejich šlechtění, je však nezbytné použití cíleně chovaného hmyzu. Z celé obrovské třídy hmyzu (Insecta), z níž jen na území ČR žije 30 000 a v celé Evropě přes 100 000 druhů, je však za účelem opylování záměrně chováno jen asi 20 druhů (Stout a Morales, 2009).

3.5.1 Včela medonosná

Za nejvýznamnějšího opylovatele je v našich podmínkách považována včela medonosná (*Apis mellifera*). Její oblíbenost a časté využívání má několik příčin:

1. na celém území ČR, resp. v celém mírném klimatickém pásmu je poměrně bohatě rozšířena a je relativně přizpůsobena různým místním výkyvům počasí;
2. je polylektická – tzn., že včely jsou schopny sbírat nektar a pyl (zdroje své výživy) a tedy i efektivně opylovat celou řadu různých druhů rostlin;
3. je florokonstantní – tzn., že jedna včela zůstává „věrna květu“ – přelétává mezi květy jednoho vybraného druhu, a proto je její opylování velmi efektivní – nemísí pyl různých druhů;
4. patří mezi sociální hmyz a díky svému životnímu cyklu a společenskému uspořádání, kdy včely létají od jara až do podzimu, jsou včelí dělnice také po celé toto období schopny rostliny opylovávat;
5. kromě opylování poskytují včely medonosné člověku i další benefity (med, vosk, propolis, mateří kašičku, včelí jed, rouskový pyl), a proto byly prvním druhem hmyzích opylovatelů, které začal člověk cíleně chovat; včelařství je společensky žádané a stalo se oblíbenou zájmovou činností veřejnosti;
6. chov včely medonosné je nejlépe propracován a nejvíce rozšířen, pořízení včel je relativně snadné a o jejich chovu lze získávat dostatek informací jak v odborné literatuře, tak ve specializovaných školách a kurzech i v různých zájmových spolcích.

Nevýhodou včely medonosné jako opylovatele porostů v technických izolátorech je její agresivita (relativně špatně snáší uzavřené prostory a dělnice mohou pracovníky ošetřující

pěstované porosty napadat žihadly), menší tolerance (oproti čmelákům) k nepříznivému počasí (hůře reagují na nižší teploty, vítr, mrholení či slabý déšť) a potřeba péče o včelstva po celý rok, a nejen v průběhu vegetační sezóny.

Legislativa ČR (zákon č. 154/2000 Sb., o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat a o změně některých souvisejících zákonů (plemenářský zákon)) stanovuje na našem území plemenitbu pouze kraňského plemene včely medonosné (*Apis mellifera carnica*). Vlastní chov musí splňovat podmínky stanovené zákonem č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů a dalších souvisejících zákonů a vyhlášek (Krejčík, 2017). Každý chov včely medonosné podléhá evidenci na základě registračního čísla chovatele včelstev, registračního čísla stanoviště včelstev a každoročního hlášení počtu včelstev na stanovišti.

3.5.2 Čmeláci

Z pohledu opylování rostlin jsou čmeláci včelám medonosným rovnocenným partnerem, ačkoli se jedná o skupinu často opomíjenou. Na rozdíl od včely medonosné, která je v ČR rozšířena téměř výhradně jen díky soukromým chovům, se čmeláci v české krajině vyskytují přirozeně. Na území ČR bylo popsáno 38 druhů čmeláků a pačmeláků, kteří jsou řazeni do společného rodu *Bombus*, ale mnohé z těchto druhů už jsou v důsledku klimatických a antropogenních změn, či díky různým chorobám a škůdcům, poměrně vzácné, nebo dokonce vyhynulé.

Stejně jako u včely medonosné se jedná o opylovatele polylektické. Opylovací schopnost čmeláků se ale ve srovnání se včelou medonosnou s ohledem na jejich fyziologii liší. Čmeláci jsou robustnější, a proto ne vždy ochotně navštěvují drobnokvěté druhy rostlin (např. komonici bílou (*Melilotus albus*), lničku setou (*Camelina sativa*) aj.). Na druhé straně mají v porovnání se včelami delší jazyk, takže dokáží sát nektar a díky tomu efektivněji opylovat i druhy, u kterých je nektar uložen hlouběji (bobovité rostliny (Fabaceae), hluchavkovité (Lamiaceae), některé hvězdicovité (Asteraceae) aj.). Díky intenzivnímu bzučení, které dokáže vibracemi uvolnit pylová zrna z prašníků, jsou prakticky jedinými úspěšnými opylovateli rostlin z čeledi lilkovitých (Solanaceae) (De Luca a kol., 2013). Oproti včelám medonosným létají i za méně příznivých podmínek (při poměrně nízkých teplotách (6 °C), za podmračeného počasí či dokonce mírného deště (Heinrich, 1979)) a v uzavřených prostorách obvykle nejsou agresivní.

Čmeláci zemní jsou v ČR i dalších státech chováni komerčně a lze je považovat za řádnou, i když okrajovou zemědělskou komoditu. První společností, která začala pro opylování využívat čmeláky, byla v roce 1988 belgická firma Biobest. Už rok poté ji následovala holandská firma Koppert (Velthuis a Van Doorn, 2006) a od té doby vznikly desítky dalších podniků, které čmeláky produkují masově. V roce 2006 byla založena španělská společnost Biomip, která dodává čmeláky dalším subjektům (mimo jiné i do polské společnosti Agroconsult), a právě tyto podniky jsou hlavními producenty čmeláků, kteří jsou komerčně dodáváni i do ČR. Jedná se o chovy čmeláka zemního (*Bombus terrestris*), protože laboratorní chov dalších druhů čmeláků nebyl zatím vyřešen zcela uspokojivě a spolehlivě, nebo ještě není ekonomicky efektivní. K opylování jsou tak jiné druhy čmeláků používány jen okrajově.

Při zakládání prvních velkochovů byly v místě vzniku těchto společností, tedy zejména v oblastech severozápadní Evropy, odchytávány především královny severního poddruhu čmeláka zemního (*Bombus terrestris terrestris*), který je také jediným domácím poddruhem čmeláka zemního na území ČR. Kromě toho však probíhal masový sběr královen i v jižní Evropě (Španělsko, Portugalsko, Sardinie, Řecko a Turecko), kde se vyskytuje tzv. jižní podruh čmeláka zemního (*Bombus terrestris dalmatinus*) – právě tento poddruh je dnes ale pro komerční účely množen nejvíce, protože vytváří největší a nejpočetnější hnízda. V zahraničních velkochovech však došlo také ke křížení obou těchto (nebo i dalších) poddruhů a pro opylování jsou tak v současnosti distribuovány většinou čmeláci hybridní. Sběr čmeláčích královen pro chovné účely v přírodě je již v současnosti zakázán a chovy jsou deklarovány jako uzavřené – do chovného programu už by jedinci odchycení v přírodě neměli být zařazováni.

Také chov čmeláků je v ČR podmíněn platnou legislativou. Podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů, se jedná o zvláště chráněné druhy živočichů, a čmeláky lze tedy v ČR legálně komerčně chovat pouze na základě výjimky ze zákazů uvedených v tomto zákoně. Výjimku mohou udělovat krajské úřady jako místně a věcně příslušné orgány v přenesené působnosti podle § 29 odst. 1 a § 67 zákona č. 129/2000 Sb., o krajích (krajské zřízení), ve znění pozdějších předpisů, a orgány ochrany přírody podle § 77a odst. 5 písm. h) zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

Ze zahraničních velkochovů se do ČR čmeláci dovážejí od 90. let minulého století a aktuálně je dováženo několik tisíc hnízd ročně. Introdukce komerčních hnízd zahraniční provenience s sebou však přináší riziko jejich páření s divokými čmeláky, což může způsobit zavlékání cizích genů do autochtonní populace a šíření nemocí (Chandler a kol., 2019). V současnosti se jedná o hojně diskutované téma a některé krajské úřady (Sýkora, 2017) nebo samo MŽP chov, dovoz a prodej těchto čmeláků v posledních letech žadatelům nepovolili (Kuklík, 2018; Ondráš, 2019).

3.5.3 Samotářské včely

Tzv. samotářské včely patří (stejně jako známější včela medonosná a čmeláci) do včelovitých (Apidae), čeledi blanokřídlého hmyzu, která celosvětově zahrnuje asi 15 000 druhů samotářského a sociálního hmyzu. Sociálním způsobem života, tedy ve společných hnízdech či hnízdních koloniích, jako např. včela medonosná a čmeláci, ale žije jen menší část této skupiny hmyzu, většina druhů včelovitých žije právě samotářským způsobem (Gillot, 1980). V ČR bylo zaznamenáno více než 600 druhů přirozeně se vyskytujících samotářských včel (Švamberský, 2015).

Včely samotářky se – samozřejmě kromě mnoha jiných vlastností – navzájem velmi liší i výběrem rostlin, z kterých sbírají pyl. Monolektickými resp. oligolektickými, nazýváme takové druhy, které omezují sběr pylu na rostliny jediného rodu nebo čeledi rostlin, opakem jsou polylektické druhy, které jsou schopné využívat rostliny patřící do dvou nebo více čeledí (Eckhardt a kol., 2014). Bylo ale prokázáno, že i pro larvy některých polylektických včel je pyl několika čeledí (hvězdicovité – Asteraceae, pryskyřníkovité – Ranunculaceae, brutnákovité – Boraginaceae, tykvovité – Cucurbitaceae a bobovité – Fabaceae) nevhodný –

příčinou je jeho toxicita nebo nízká nutriční hodnota (Danforth a kol., 2019). Sedivy a kol. (2011) poukazuje i na rozdíly ve výživě larev dvou druhů v rámci téhož polylektického rodu, konkrétně u zednic rodu *Osmia*. Larvy zednice rezavé (*O. bicornis*) se velmi dobře vyvíjely na pylu pryskyřníku (*Ranunculus*) a hynuly při krmení pylem hadince (*Echium*), zatímco larvy zednice rohaté (*O. cornuta*) prospívaly přesně naopak. Larvy obou druhů však velmi dobře reagovaly na krmení pylem hořčice (*Sinapis*), zatímco při krmení larev pylem z vratiče (*Tanacetum*) byla u obou druhů zaznamenána vysoká úmrtnost. Druhy stejných čeledí (Asteraceae, Ranunculaceae, Boraginaceae, Fabaceae a Cucurbitaceae) však paradoxně slouží jako vhodný zdroj potravy pro rozmanitou škálu oligolektických včel (Danforth a kol., 2019), např. dřevobytká pryskyřníková (*Chelostoma florissomne*) se specializuje na rod pryskyřník (*Ranunculus*), čalounice *Heriades frunctorum* na druhy čeledě hvězdnicovitých (Asteraceae), zednice hadincová (*Hoplitis adunca*) na rod hadinec (*Echium*, brutnákovité) apod. (Sedivy a kol., 2011).

Ze skupiny samotářských včel je na opylování využíváno, a proto i cíleně chováno, několik druhů čalounic (*Megachile*) a včely zednice (*Osmia*). Čalounice rodu *Megachile* opylovávají volně rostoucí porosty vojtěšky (Pitts-Singer a Cane, 2011), zatímco zednice jsou používány k opylování ovocných sadů nebo rostlin z čeledi brukvovitých (Brassicaceae) (Peterson a Artz, 2014). Odborná literatura uvádí, že k opylování vojtěšky jsou používány i včely *Nomia melanderi* z čeledi ploskočelkovitých (Halictidae), ale jelikož se jedná o druh, který hnízdí v zemi, spočívá jejich chov spíše v podpoře jejich přirozeného hnízdění a rozmnožování nebo přesunování hnízd volně žijících včel (Cane, 2008; Peterson a Artz, 2014). Podobný způsob péče, tedy spíše vytváření vhodných podmínek a podpora přirozeného množení, jsou ale většinou používány i při chovu ostatních druhů samotářských včel. V ČR se komerčnímu chovu samotářských včel pravděpodobně nikdo nevěnuje.

Z čalounic rodu *Megachile* je pro opylování nejčastěji využívána čalounice vojtěšková (*Megachile rotundata*). Její české i anglické jméno („alfalfa leafcutting bee“ – ve volném překladu „včela, která řeže listy vojtěšky“) sice jednoznačně ukazuje na tolici vojtěšku (*Medicago sativa*), jako dominantní předmět jejího zájmu, ale v USA a Kanadě je používána také na opylování řepky (*Brassica napus*), některých jednoletých druhů jetele (*Trifolium*) a některých druhů brusnic (*Vaccinium*) (Pitts-Singer a Cane, 2011). Efektivita opylování čalounicí vojtěškovou, stejně jako šedosrstkou tolicovou (*Rhophitoides canus*), byla při semenářství vojtěšky zkoumána i u nás (Ptáček, 1979), a bylo ověřeno, že čalounice vojtěšková má vlastnosti, které její umělý chov umožňují. Její samičky jsou vzájemně snášenlivé a rády hnízdí v těsném sousedství u sebe; zůstávají věrně místu, kde se vylíhly z kulek a pokud tam mají dostatek potravy a vhodných míst k hnízdění, tak se nerozlétávají; a snadno přijímají uměle zhotovená hnízda (Ptáček, 1973).

Včely rodu zednice (*Osmia*) jsou používány k opylování zcela jiných druhů. *Osmia lignaria*, *O. cornuta* a *O. cornifrons* jsou významnými opylovateli ovocných sadů, zvláště mandloní, jabloní a třešní (Peterson a Artz, 2014; Maccagnani a kol., 2007; Matsumoto a kol., 2009; Sheffield, 2014). Zednice rohatá (*Osmia cornuta*) je v podmínkách technické izolace používána také k opylování brukve řepáku neboli vodnice (*Brassica rapa*) (Ladurner a kol., 2002), ale nejširší využití má zednice rezavá (*Osmia bicornis*, syn. *O. rufa*). Jako všestranný opylovatel, jehož laboratorní chov je poměrně nenáročný (Heisteringer, 2013), a který dokáže

opylit široké spektrum rostlin (Teper, 2007), byla a je zednice rezavá používána k opylování mnoha různých druhů rostlin v otevřených prostorech, sklenících i technických izolátorech. Je ověřeno její použití v sadech mandloní, jabloní a třešní (Krunić a Stanisavljević, 2006), ale dobře snáší i uzavřené prostory (Van der Steen, 1991) a není agresivní vůči lidem (Ladurner a kol., 2002). Zednice rezavá je také druhem, který je univerzálně používán k opylování cizosprašných hmyzosnubných druhů genetických zdrojů rostlin uchovávaných v německé genové bance IPK v Gatersleбену (Lohwasser, 2019).

3.5.4 Pestřenky, mouchy a masařky

Pestřenky (čeled' Syrphidae), mouchy (Muscidae) a masařky (Sarcophagidae) se společně taxonomicky řadí do řádu dvoukřídlých (Diptera). V ČR se dle posledních známých údajů vyskytuje 425 druhů pestřenek (Mazánek, 2009), 301 druhů much (Gregor a Rozkošný, 2009) a 128 druhů masařek (Kejval a Pape, 2009). V přírodě jsou významnými opylovateli především takových druhů rostlin, které produkují nektar a pyl v množství nebo kvalitě, které jsou pro jiné opylovatele nedostatečné. Včely a čmeláci, jakožto společenský hmyz, u kterého se dospělí jedinci starají nejen o vlastní obživu, ale musejí krmit i početné potomstvo, mají totiž na zdroje své potravy vyšší energetické nároky. Mnoho rostlinných druhů např. z čeledi miříkovitých (Apiaceae), u nichž nektar produkuje sice velké množství drobných květů, ale jen v malém množství, je tedy pro společenský hmyz z hlediska zdroje potravy neatraktivních (Olesen a kol., 2007).

Pestřenky svojí velikostí, tvarem těla a zbarvením často připomínají vosy nebo včely. Laiky jsou proto často označovány jako "vosíčky" nebo "vosíci". Jedná se však pouze o mimikry, tedy napodobování nebezpečného hmyzu za účelem vlastní ochrany – samy nemají žihadlo ani ústní ústrojí uzpůsobené k bodání nebo kousání. Opět se jedná o polylektického opylovatele – pestřenky navštěvují květy a jsou schopné přenášet pyl široké škály druhů (Hladovcová a Čapounová, 2019). Soustřeďují se na drobné bílé, žluté nebo zelenavé květy uspořádané v květenství, např. druhy z čeledi miříkovitých (Apiaceae), růžovitých (Rosaceae), pryskyřníkovitých (Ranunculaceae) nebo pryšce (*Euphorbia* spp.). Na rozdíl od včelovitých nemají ale pestřenky k přenosu pylu vytvořeny žádné specializované orgány – tento nedostatek však plně vyvažují vyšším počtem návštěv na květech (Jersáková a Tropek, 2018). Kromě mnoha planě rostoucích rostlinných druhů jsou pestřenky (druhy *Episyrphus balteatus* a *Eupeodes latifasciatus*) hodnoceny i jako efektivní opylovatelé jahodníku (*Fragaria*) (Hodgkiss a kol., 2018), papriky (Jarlan a kol., 1997a), brukve řepky (Jauker a Wolters, 2008), květáku, mrkve, slunečnice, cibule, melounů (Polyfly, 2019) a dalších, především skleníkových plodin.

Pestřenku kovovou (*Eristalinus aeneus*), stejně jako některé další druhy pestřenek, much a masařek, je možné chovat v laboratořích. První laboratorní chovy saprofágních (tzn. živících se na odumřelých organismech) pestřenek rodu *Eristalis* a *Helophilus* byly zřejmě zakládány v Německu (Gladis, 1993 in Havránek a kol., 2004a,b; Gladis, 1997) a pestřenka trubcová (*Eristalis tenax*) a pestřenka smrtihlávka (*Myathropa florea*) byly krátký čas laboratorně chovány i na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Jejich opylovací schopnosti byly v technických izolátorech Výzkumného ústavu rostlinné výroby testovány na brukvovité zelenině, okurkách a cibuli. Na základě praktických zkušeností získaných na tomto



pracovišti byla vydána i krátká metodika chovu pestřenky smrtihlávky (Havránek a kol., 2004a,b).

Obr. 10 a 11: Pestřenka kovová (*Eristalinus aeneus*) (foto Polyfly®)



Obr. 12 a 13: Pestřenka trubcová (*Eristalis tenax*) (foto Polyfly®)

Komerční chov larev much (*Musca*), masařek (*Phormia*) a bzučivek (*Lucila*, *Calliphora*) se v osmdesátých letech 20. st. rozšířil za účelem chovu návnady pro sportovní rybaření; dospělci však našli uplatnění i jako opylovatelé póru (Clement a kol., 2007) a cibule

ve šlechtitelských izolátorech (Currah a Ockendon, 1984). V současné době jsou mouchy a masařky laboratorně chovány zřejmě především jako modelové organismy pro stanovení insekticidní aktivity různých látek (Pavela, 2008), jako krmivo pro některé druhy domácích mazlíčků (plazi, žáby, pavouci a akvarijní ryby), návnada pro sportovní rybáře, nebo pro účely forenzní entomologie (Grzywacz a kol., 2017). V souladu s celosvětovými trendy jako „raw food“ (syrová strava), snižování obilovin v krmivech masožravců (př. psů), recyklace odpadů apod. se však dá předpokládat, že chov a využívání much budou významně narůstat (Suchý a kol., 2017).

Kromě opylování lze některé druhy pestřenek, much a masařek využít také k biologické ochraně pěstovaných rostlin – jejich dravé larvy se mohou podílet na konzumaci mšic a jiných hmyzích škůdců, a tak snižovat potřebu použití chemických pesticidů (Hodgkiss a kol., 2018). Dravé larvy mnoha druhů much a masařek se podílejí také na likvidaci hnijících látek; jiné druhy kladou vajíčka do těl živých housenek dalších druhů hmyzu a jejich larvy tak redukují jejich počet. Díky své početnosti jsou mouchy a masařky také významnou složkou potravního řetězce, ačkoli obecně jsou chápány spíše jako organismy škodlivé, protože jsou přenašeči mnoha virových, bakteriálních a jiných chorob.

Specifické potravní zvyklosti larev pestřenek, much i masařek jsou však současně také limitujícím faktorem jejich chovu. Zatímco dospělci se většinou živí pylem a/nebo nektarem, jejich larvální stádia potřebují ke svému zdárnému vývoji eutrofní vody (vody s vysokým obsahem živin, např. různé odpadní vody, žumpy, močůvku apod.), nebo dokonce rozkládající se živočišný materiál. Jako životní prostředí a krmivo je tedy v laboratorních podmínkách používán senný nálev obohacený pekárenskými kvasnicemi a cukrem (Havránek a kol.,

2004a,b), rozkládající se maso nebo vnitřnosti a chov je díky tomu provázen nepříjemným zápachem a dalšími provozně-hygienickými komplikacemi. Chov pestřenek, much i masařek, stejně jako chov včel a čmeláků, navíc od zemědělců vyžaduje zákaz používání pro ně škodlivých přípravků na ochranu rostlin. Stejně jako u včel a čmeláků, lze navíc i pro tyto druhy hmyzích opylovatelů doporučit pouze chov domácích druhů, které nenaruší přirozenou ekologickou rovnováhu v oblasti.

3.6 Výběr vhodného opylovaitele

Různé druhy hmyzích opylovatelů jsou při opylování různých druhů planých i pěstovaných rostlin limitováni morfologickými vlastnostmi obou organismů, tedy hmyzu i rostlin, a celou řadou dalších faktorů, které souhrnně shrnuje dříve publikovaná metodika „Hodnocení potravních preferencí u hmyzích opylovatelů“ (Kaffková a kol., 2019). Vlastní efektivita opylování, vyjádřená množstvím získaného osiva a jeho semenářskou kvalitou, je pak ovlivněna četností návštěv jednotlivých opylovatelů na květech i jejich schopností pyl přenášet. Můžeme tak rozlišovat kvantitativní složku opylování, tedy frekvenci návštěv různých druhů hmyzu na květech konkrétního rostlinného druhu, a kvalitativní složku opylování – skutečné množství pylových zrn, které je daný opylovaitel schopen při jedné návštěvě květu doručit na bliznu. Tyto dvě složky jsou ve své podstatě nezávislé, protože i jen zřídka se vyskytující opylovaitel může přenést více pylu než opylovaitel běžný. V některých případech je nejdůležitějším, tedy nejefektivnějším opylovaitelem skutečně opylovaitel nejčastěji nalétávající (Zych a kol., 2013), ale není to vždy pravidlem.

U čičorky pestré (*Securigera varia*) prováděli hodnocení efektivity opylování různými druhy hmyzích opylovatelů Ptáček a Hofbauer (1973). Bylo zjištěno, že ačkoli včely medonosné byly na pozorovaných porostech nejhojněji se vyskytujícím hmyzem, pracovaly pomalu, nesystematicky, věnovaly se především sběru nektaru a jejich počty vlivem klimatických podmínek, zvláště teploty, silně kolísaly. Na květech čičorky bylo dále pozorováno šest druhů čmeláků (nejhojněji čmelák zemní (*Bombus terrestris*), hájový (*B. lucorum*) a skalní (*B. lapidarius*)) a 13 druhů samotářských včel (nejčastěji čalounice trouchová (*Megachile willughbiella*), pískorypky (*Andrena flavipes* a *A. albofasciata*) a zednice modravá (*Osmia caerulea*)). Jak čmeláci, tak samotářky i v nižším počtu pracovaly na květech rychleji a systematictěji a soustředili se především na sběr pylu. Jejich opylování bylo proto mnohem účinnější. Podobné výsledky byly zjištěny i při hodnocení efektivity opylování různými druhy hmyzích opylovatelů u tolice vojtěšky (*Medicago sativa*). Různé druhy divokých opylovatelů (čmeláci a samotářské včely) představovaly v porostech vojtěšky v letech 1973 a 1974 pouze 24,3 a 6,4 % (zbytek do 100% tvořily včely medonosné), ale pracovaly přibližně 36 – 52× výkonněji (Ptáček, 1979).

Vhodného opylovaitele pro konkrétní rostlinný druh lze tedy primárně vybrat na základě pozorování porostu daného rostlinného druhu, který je volně dostupný všem opylovaitelem, kteří se na stanovišti vyskytují. V některých případech však prosté pozorování kvetoucích porostů a nalétávajícího hmyzu nestačí. Může se stát, že zájmové květy jsou bohatě navštěvovány různými druhy opylovatelů v přiměřeně stejném počtu. Např. květenství bělotrnu kulatohlavého (*Echinops sphaerocephalus*) bývají stejnou měrou doslova obalena

včelami medonosnými, různými druhy tzv. samotářských včel, čmeláky, motýli i brouky (Obr. 14), a pak nelze stanovit, který z opylovatelů přenáší pyl nejefektivněji. V opačném případě nejsou opylovatelé na květech z různých příčin pozorováni vůbec. Může se jednat o druhy samosprašné, u kterých například probíhá opylení ještě před otevřením květu (krytosnubnost, kleistogamie), tedy v poupěti, a žádná návštěva hmyzu už pak není nutná (kruštík (*Epipactis*), okrotice (*Cephalanthera*), některé květy hluchavky objímavé (*Lamium amplexicaule*) nebo violek (*Viola*)), ale také například o druhy opylovávané nočním hmyzem (silenky (*Silene* spp.), mydlice (*Saponaria* spp.), plaménky (*Flox* spp.)) (Jersáková a Tropek, 2018).



Obr. 14: Čmeláci zemní, včela medonosná, jedna z tzv. samotářských včel a zlatohlávek tmavý se na opylování květů bělotrnu kulatohlavého podílejí společně

U některých druhů může být optimální opylovatel sice znám, ale jeho získávání nebo chov je tak problematický, že je nutné hledat opylovaatele alternativního, který by zajistil produkci sice třeba menšího, ale alespoň nějakého množství osiva. V úvahu je třeba brát také soustavný úbytek přirozených opylovatelů v krajině, a to jak některých

konkrétních druhů, tak četnosti hmyzu obecně (Stavert a kol., 2018; Geldmann a González-Varo, 2018; Rhodes, 2019). U nových druhů rostlin, jejichž opylovací poměry zatím nejsou uspokojivě prozkoumány, je tedy někdy nutné vycházet jen z kvalifikovaného odhadu, který si pěstitel či šlechtitel na základě výše uvedené metodiky může dovodit, nebo najít vhodného opylovaatele, který by zajistil produkci dostatečného množství klíčivých semen, experimentálně.

Volba vhodného druhu opylovaatele je ale při plánování použití hmyzích opylovatelů pouze jedním z nutných předpokladů. Neméně pozornosti vyžaduje vlastní pořízení opylovatelů, tedy jejich nákup či vlastní chov, stanovení vhodného počtu opylujících jedinců na jednotku plochy porostu, péče o hmyz v technické izolaci (vhodný prostor a materiál k hnízdění, příkrmování, zásobování vodou apod.) a jeho ochrana před predátory, parazity a dalšími patogeny (Gruber a kol., 2011).

3.7 Pořízení opylovatelů

Znalost možností, kde pořídit vhodné opylovaatele, je při plánovaném opylování samozřejmě stěžejní. Současná situace se u jednotlivých druhů výrazně liší a někteří z výše uváděných opylovatelů ani nejsou na českém trhu dostupní.

3.7.1 Včela medonosná

Chov včel je, jak už bylo výše uvedeno, v ČR značně rozšířen. Dle posledních relevantních údajů včelařilo v r. 2016 na našem území 53 890 včelařů a společně chovali 662 253 včelstev (Krejčík, 2017). Mnozí soukromí včelaři se kromě vlastního chovu včel za účelem produkce medu věnují i chovu včelích matek a prodeji včelstev. Nabídka včelstev je poměrně široká a běžně inzerovaná např. ve Včelařských inzertních novinách, které vydává Český svaz včelařů, z.s. Samozřejmostí bývá při prodeji včelstev certifikát o negativním vyšetření na přítomnost moru včelího plodu.

Včely lze získat nejčastěji ve formě sezónních oddělků nebo jako tzv. vyzimovaná včelstva. Sezónní oddělky se prodávají v období (květen) červen až září a tvoří je včelí matka a dělnice obsedající většinou 5 – 6 plástů. Obvykle jsou vytvářeny v rámci protirojových opatření, nebo z vlastních rojů. Cena takového sezónního oddělku se odvíjí od kvality včelí matky, počtu rámků, tzv. rámkové míry (velikost rámků) apod. a v r. 2020 se u jednotlivých prodejců pohybovala v rozmezí 1 500 – 2 500,- Kč/ks.

Vyzimovaná včelstva se prodávají podle průběhu počasí obvykle v dubnu. Tvoří je kompaktní včelstvo, u kterého dělnice přečkaly zimní období spolu se svou matkou, včelstvo je početnější než sezónní oddělky a jeho cena se opět podle kvality chovu, rámkové míry, síly včelstva apod. pohybovala v r. 2020 mezi 2 500 a 9 000,- Kč/ks. Síla včelstva se odhaduje podle počtu plástů, které včely v úlu obsedají. Jeden obsednutý plást představuje cca 100 – 250 g včel, tedy průměrně 2 000 včel (Veselý a kol., 2013).

3.7.2 Čmelák zemní

V ČR se chovu čmeláků věnuje pouze Zemědělský výzkum, s.r.o. Troubsko. Od r. 2014 nabízí hnízda čmeláků zemních (*Bombus terrestris terrestris*) českého původu a v nabídce má tři typy hnízd: matka s prvními dělnicemi bez úlku (2 200,- Kč), rozvinuté hnízdo s plastovým úlkem (2 500,- Kč) a bezmatečný oddělek v plastovém úlku (2 000,- Kč). Ceny vč. DPH byly platné pro r. 2020.

Zahraněční společnosti nabízejí několik různých velikostí čmeláčích hnízd. Jedná se o mini oddělky tvořené 10 dělnicemi pro opylování šlechtitelských klecí, až po sety úlků, tvořené 2 – 4 hnízdy (300 – 1200 dělnic), které jsou určeny pro opylování rozsáhlejších ploch. Ceny hnízd se pohybují v rozmezí mezi necelými 1 000 – 5 000,- Kč.

Čmeláci jsou chováni v uzavřených laboratorních prostorách, jejich chov tedy není závislý na vegetačním období a je možné je distribuovat celoročně. Hlavní prodejní sezóna ale odpovídá termínu kvetení cílových rostlin, a to od raných ovocných stromů na konci března až po pozdně letní plodiny jako slunečnice topinambur v září. Distribuce do skleníků, kde jsou čmeláci používáni k opylování např. rajčat a okurek, pak probíhá kontinuálně.

3.7.3 Samotářské včely

Experimentální chov čalounice vojtěškové (*Megachile rotundata*) probíhal v letech 1971 – 1978 ve Výzkumné stanici pícninářské v Troubsku (Ptáček, 1973). V současnosti se však v ČR komerčnímu chovu samotářských včel žádná společnost nevěnuje a zemědělské provozy, které je k opylování používají, jsou tak závislé na jejich dovozu ze zahraničí. V Německu a Polsku lze pořídit kokony zednice rezavé (*Osmia bicornis*) a zednice rohaté

(*Osmia cornuta*). V obou případech se jedná o jarní druhy, které lze ale při dodržení vhodných podmínek využít i v létě, zejména pak pozdnější z nich, zedníci rezavou. Obvykle jsou v nabídce sady kokonů (Obr. 15) po 100 – 1 000 Ks s poměrem samic a samců 50 : 50 až 33 : 66. Ceny kokonů se pohybují od 5,- Kč za kokon v Polsku až po 20,- Kč v Německu.



Distribuce kokonů probíhá v chladných měsících, kdy je minimální riziko předčasného vylíhnutí; do doby použití pak musejí být kokony skladovány za nízkých teplot. Uvádí se, že při vhodném skladování je na konci června pravděpodobnost úspěšného vylíhnutí až 90% (Titěra a kol., 2018). Spolu s nákupem kokonů je vhodné pořídit pro včely samotářky také hnízdiště, které je tvořeno dutinami o vhodných rozměrech.

Obr. 15: Kokony zednice rezavé (*Osmia bicornis*) z komerčního chovu (WAB-Mauerbienenzucht, Německo). Z větších kokonů se vylíhnou samice, z menších samci.

3.7.4 Pestřenky, mouchy a masařky

Pestřenky jsou pro účely opylování chovány např. ve Španělsku, kde společnost Polyfly provozuje komerční chov pestřenky kovové (*Eristalinus aeneus*; Goldfly) a pestřenky trubcové (*Eristalis tenax*; Queenfly) a experimentálně se věnuje i chovu několika dalších druhů pestřenek. Oba výše uvedené druhy jsou kosmopolitní a vyskytují se téměř na celém světě, ale pestřenka kovová upřednostňuje mírně teplejší oblasti, než pestřenka trubcová, což je vhodné zohlednit i při jejich použití. Pestřenka kovová je aktivní při teplotách 14 – 36 °C, zatímco pestřenka trubcová při teplotách 10 – 30 °C a efektivně pracuje i v chladnějším a méně slunečném jarním a podzimním období. Expedovány jsou v posledním stádiu vývoje kukly, tedy tvrdém soudečkovitém útvaru zvaném pupárium. Papírové krabičky, ve kterých jsou pupária posílána zákazníkům, obsahují 100 – 1000 ks a cena se odvíjí od poptávaného množství. V r. 2020 stálo 1000 pupárií pestřenky kovové 40 EUR, stejné množství pupárií pestřenky trubcové pak dvojnásobnou částku. Dá se předpokládat, že v průběhu dalších let se bude cena pestřenek snižovat, protože postupně se zvyšující poptávka chov obou druhů zlevňuje. Aktuálně jsou pestřenky firmy Polyfly celoročně expedovány do Německa, Francie, Itálie a Nizozemí (Vaez-Olivera, 2020).

Živé larvy různých druhů much a masařek (moucha domácí (*Musa domestica*), bzučivka zelená (*Lucilia sericata*), masařka obecná (*Sarcophaga carnaria*) aj.) lze nejspíše koupit v chovatelských či rybářských potřebách. Pod obchodními názvy jako „muší larvy“, „bílé červi“, „masový červ“, „kostňák“ apod. jsou prodávány larvy v různých velikostech, vývojových stádiích i (díky příkrmování barevnými pigmenty) barvách (Heidenreichová, rok neuveden). Jejich pořizovací cena je takřka zanedbatelná – larvy v krabičkách o objemu 0,1 – 1 l lze koupit za cca 20 – 180,- Kč. Larvy se v příhodných podmínkách po několika dnech zakuklí a z kukel později vylétávají dospělí jedinci. Stejně jako pestřenky lze i mouchy a masařky chovat i svépomocí (Hůrková, 1961; Kořínek, 1993).

3.8 Stanovení vhodného počtu opylovatelů

Stanovení optimálního počtu opylovatelů bývá při plánování očekávaných výnosů plodů a/nebo semen stěžejní. Při příliš nízkém počtu hmyzích opylovatelů zůstává výnos daleko za očekávanými, při jejich nepřiměřeném nadbytku zase hmyz trpí nedostatkem potravy, stresem apod. a narůstají náklady na jeho pořízení. Počet opylovatelů potřebných k očekávanému výkonu se samozřejmě liší podle jejich druhu a životního stylu (sociální vs. soliterní hmyz), velikosti pěstební plochy, hustoty výsadby, průběhu počasí, aktuální násady květů a mnoha dalších faktorů. Zásadní rozdíl spočívá také mezi plánovaným opylováním ve volném prostoru nebo v technické izolaci.

3.8.1 Opylování volných výsadeb

Efektivita opylování se v přírodě odvíjí od počtu a druhového zastoupení jednotlivých opylovatelů. Tyto veličiny se však stanoviště od stanoviště liší a podléhají i různým změnám v čase. Částečně je toto kolísání přirozené, stále ve větší míře je však ovlivňováno také lidskou činností. Monitoring druhového a početního zastoupení opylujícího hmyzu je poměrně náročný časově i finančně a provádí se spíše ojediněle. Na příkladu včely medonosné uvádějí základní srovnání Titěra a kol. (2018). V prostředích bez větších zásahů člověka (Afrika, lesy na Kavkaze a v Kanadě, rozsáhlé evropské vojenské prostory aj.) včely volně hnízdí v hustotě asi 1 včelstvo na 1 km². Publikované požadavky pro správné opylování různých kultur (Tab. 3) se však pohybují v jednotkách včelstev na hektar resp. v případě sadů na 100 ovocných stromů. Tento údaj představuje v přepočtu na kilometr čtvereční stovky včelstev. Pohybuje-li se současná hustota zavčelení v kulturní krajině ČR kolem 8 včelstev na 1 km², je to desetkrát více, než v prostředí přírodě blízkém a desetkrát méně, než v tabulkách požadavků pro opylení intenzivních zemědělských kultur.

Tab. 3: Opylovací poměry vybraných kulturních druhů a vliv přítomnosti včel na výnos plodů (¹Veselý a kol., 2013; ²Ptáček a Votavová, 2013)

Druh plodiny	Počet včelstev na 1 ha ⁽¹⁾	Počet čmeláčích hnízd na 1 ha ⁽²⁾	Výnos plodů nebo semene po opylení [t.ha ⁻¹]	
			včelou medonosnou ⁽¹⁾	ostatními opylovateli ⁽¹⁾
Angrešt, rybíz	4	2 – 3	5,0 – 12,0	2,0 – 6,6
Peckoviny	3 – 4	3 – 6	6,0 – 7,5	1,0 – 5,6
Jádroviny	2 – 4	4 – 8	6,0 – 7,0	0,1 – 4,4
Brukvovité (řepka ozimá, hořčice, květák, kedlubny)	2 – 5	3 – 9	1,2 – 2,5	0,6 – 2,0
Tykvovité (okurky, melouny, cukety)	1 – 3	2 – 3		
Jetel luční (*tetraploidní odrůdy více než diploidní)	4 – 10*	3 – 9*	0,3	0 – 0,1
Ostatní jetele	3 – 6	3 – 5	0,2	0 – 0,1
Štírovník	5 – 6	3 – 5		

Také u čmeláků závisí počet rozvinutých hnízd, potřebných na opylení volně pěstovaných porostů, na typu plodiny. Doporučuje se přisunuté od 2 – 3 hnízd na hektar u rybízu, angreštu

nebo okurek až po 8 – 9 úlků u méně atraktivních plodin, jako jsou hrušně nebo jetel luční (Ptáček a Votavová, 2013).

Samotářské včely v přírodě i na zemědělsky využívaných plochách často unikají naší pozornosti a jejich význam pro opylování planých i kulturních druhů rostlin je nedoceněný. Podle některých studií (Martins a kol., 2015; Földesi a kol., 2016) však třeba úspěšnost opylení jabloní bez ohledu na přítomnost včel medonosných významně koreluje právě s druhovou rozmanitostí samotářských včel a podle Russo a kol. (2017) zvládají samotářské včely opylování jabloní v sadech za určitých okolností i zcela samy a umístování úlů se včelami medonosnými či čmeláky není ani nutné. Tyto výsledky jsou však samozřejmě podmíněny bohatou druhovou pestrostí a četností samotářských včel na konkrétních lokalitách, zatímco na jiných stanovištích může být situace zcela jiná. Monitoring druhového spektra opylovatelů byl v ČR v letech 2015 – 2017 prováděn např. v ovocných výsadbách Výzkumného a šlechtitelského ústavu ovocnářského v Holovousích, s.r.o. Bylo zjištěno, že v ovocných sadech (jabloně, hrušně, třešně, meruňky, slivoně, rybíz a jahody) v době květu (duben a květen) převládaly samotářské včely pískorypky (*Andrena* spp.) a ploskočelky (*Lasioglossum* spp.), zatímco výskyt obecně běžné zednice rezavé (*Osmia bicornis*) byl překvapivě nízký (Komzáková a Skalský, 2017a,b).

Počet samotářských včel, které jsou potřeba k uspokojivému opylení různých kultur, se v různých publikacích liší. Zatímco Sheffield (2014) použil v letech 2000 a 2001 v Kanadě k opylování 3 ha sadu jabloní průměrně 160 samic a 370 samců zednice (*Osmia lignaria*) a Macagnani a kol. (2007) zkoumali v letech 2004 a 2005 v Itálii opylování dvou sadů hrušní za pomoci 800 samic a 1600 samců zednice rohaté (*Osmia cornuta*), Lardurner a kol. (2002) v letech 2000 a 2001 v Itálii ověřili, že jeden pár (samice a samec) zednice rohaté (*Osmia cornuta*) zcela stačí k opylení pěti jabloňových stromů.

O přesný výpočet množství samotářských včel, potřebných k dostatečnému opylení ovocných sadů, se pokusili Biliński a Teper (2004). Vycházeli z dříve publikovaných údajů, že každá samice zednice rezavé (*Osmia bicornis*) pylem, jako krmivem pro vyvíjející se larvy další generace, zaplní přibližně 15 buněk. Jedna buňka obsahuje průměrně 204 mg pylu, takže každá samice zednice nasbírá přibližně 3 060 mg pylu. Podle množství pylu, které průměrně vytváří 1 květ jabloně (1,03 mg), třešně (0,47 mg) a černého rybízu (0,17 mg) bylo na základě zjištění, že z každého květu ovocných dřevin sebere zednice průměrně jen 33% pylu, odvozeno, že k zaplnění 15 buněk musí zednice navštívit průměrně 9 tis. květů jabloně, 19 125 květů třešně a 51 tis. květů černého rybízu. Jestliže v 1 ha jabloňového sadu průměrně rozkvétá 2,5 milionu květů (u třešní 20 milionů a u černého rybízu 19,7 milionu), a na pokrytí doby kvetení jabloňového sadu se musí podle délky života zednice vystřídat 2 generace samic (u černého rybízu 2,5 generace a u třešní dokonce 3 generace), tak pro plné opylení 1 ha sadu je potřeba přibližně 560 (jabloně), 970 (černý rybíz) a 3100 (třešně) samic zednice rezavé. Protože samice se ale vylihnou jen z cca 33% kukel, je ve skutečnosti třeba k důkladnému opylení jabloní přidat do sadu 1 680 kokonů na hektar, v případě třešní 9 300 a u černého rybízu 2 910 kokonů na hektar sadu. Výpočet zcela zanedbává opylovací schopnost trubců, protože při opylování nejsou zdaleka tak výkonní a žijí podstatně kratší dobu, než samice.

Tyto údaje jsou však jen teoretické a zcela zanedbávají mnohé praktické zkušenosti získané při pěstování ovoce, například že opylení všech květů v sadu je u mnoha plodin zbytečné

a někdy dokonce vysloveně nežádoucí. Příliš intenzivní opylení se obvykle projeví v silném opadu nezralých plůdků, horším zdravotním stavu stromů, které nejsou schopny množství plodů vyživovat, a samozřejmě také sníženou průměrnou hmotností a kvalitou plodů zralých (Blažek, 2007). Na druhou stranu se často stává, že i při dostatku vhodných opylovatelů neproběhne opylení např. kvůli nepříznivému počasí optimálně, nebo že jsou vyvíjející se plody zničeny třeba pozdním jarním mrazíkem či škůdci, a proto je vyšší míra opylení nezbytná. Např. polská společnost BioDar, která se chovu zednice rezavé komerčně věnuje, se proto výše uvedenými teoretickými výpočty řídí, a na svých webových stránkách uvádí, že na opylování 1ha jabloní a hrušní je třeba 600 – 700 samic (1 500 – 1 750 kokonů), kdežto na opylování 1 ha třešní a švestek 2 100 – 3 200 samic (5 250 – 8 000 kokonů). U černého rybízu a jahod je na opylování 1 ha doporučeno 900 – 1 000 samic (2 250 – 2 500 kokonů) zednice, ale společnost pro porovnání uvádí u stejných plodin i množství včel medonosných, které při opylování sadů odvedou stejnou práci (www.biodar.com.pl).

V USA jsou čalounice vojtěškové (*Megachile rotundata*) k semenářským porostům vojtěšky přisunovány v počtu 100 – 150 tis. včel na hektar, zatímco v Kanadě je používán výrazně nižší počet 61 – 74 tis. včel na hektar (Pitts-Singer a Bosch, 2010).

Různé druhy pestřenek, much a masařek se ve volně rostoucích porostech obvykle přirozeně vyskytují v dostatečném počtu a jejich dosycování není třeba. Někteří pamětníci však vzpomínají na exkurze do ovocných sadů v tehdejší SSSR, kde na stromech visely kusy rozkládajícího se syrového masa s vyvíjejícími se bzučivkami (Komzáková a Skalský, 2017a,b). Žádné konkrétní počty jedinců těchto druhů, potřebné k opylování různých pěstovaných druhů ovoce, zeleniny, olejnin nebo píce v polních podmínkách však zřejmě nebyly nikdy publikovány.

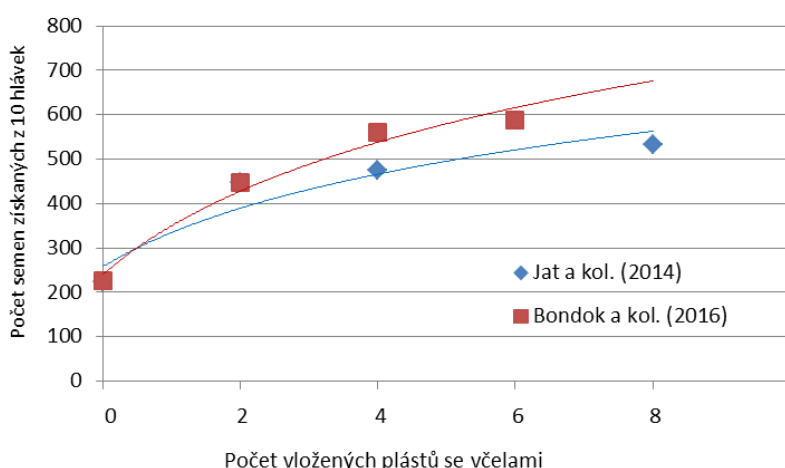
3.8.2 Opylování v technické izolaci

Počet hmyzích opylovatelů, kteří jsou schopni uspokojivě opylit plodiny v technických izolátorech, se od počtu opylovatelů na volných plochách výrazně liší. Kromě faktorů, které ovlivňují počty opylovatelů potřebných pro opylování sadů či polních výsadeb, tedy např. typ plodiny, velikost pěstební plochy, hustota výsadby apod., je nutné zohlednit i stres způsobený vlastním uzavřeným prostorem. Ten je zapříčiněn omezenou možností proletu, obvykle vyšší teplotou a vzdušnou vlhkostí prostředí, nemožností využití alternativního zdroje potravy apod. Hmyzí opylovatelé pak na tato omezení reagují nižší letovou a opylovací aktivitou, zkrácenou životností či agresivitou. Laická úvaha „čím více hmyzu, tím lépe“ pak naráží na finanční nároky na pořízení opylovatelů, jejich příkrmování apod. – neodůvodněné navyšování počtu hmyzích opylovatelů pak nepřiměřeně navyšuje náklady a snižuje hospodářský výsledek semenářství.

Stanovení konkrétního počtu jedinců, nutných pro kvalitní opylení, musí vycházet z mnoha číselných parametrů. Pro zajištění žádoucího výnosu plodů či semen je totiž nutné, aby opylovatelé vykonali určité množství práce v určité kvalitě, a proto je nutné zhodnotit, jak jednotliví opylovatelé pracují. Práci hmyzích opylovatelů charakterizují veličiny jako rychlost práce, doba trvání jednoho výletu hmyzu, počet výletů za den, délka pracovního dne, počet létavek apod. Na základě biologických pozorování se např. uvádí, že v průměrném včelstvu včely medonosné tvoří létavky, tedy včelí dělnice vylétávající za prací z úlu, jen asi 1/3

z celkového počtu včel. Ostatní včely pracují v úlu – věnují se krmení matky a larev, čištění úlu, zpracovávání přineseného nektaru a pylu apod. Na množství opylování schopných včel má však vliv i sezónní dynamika rozvoje včelstva. V létě, tedy na vrcholu rozvoje, má včelstvo přibližně 20 000 létavek, zatímco v jarním období, kdy je včel ve včelstvu obecně méně, jen asi 10 000 (Přidal, 2005). Také u čmeláků zajišťuje opylování jen asi polovina až třetina dělnic (Ptáček a Votavová, 2013), u včel medonosných i čmeláků se však opylování kromě dělnic-létavek účastní i trubci. U samotářských včel, pestřenek, much a masařek, které nežijí pospolitým způsobem života, a neprobíhá u nich dělba práce, se pak opylování věnují všichni jedinci, ačkoli ne stejně efektivně.

V případě včel a čmeláků byla efektivita jejich opylování v technických izolátorech mnohokrát ověřována experimentálně. Při opylování jetele egyptského (*Trifolium alexandrinum*), jehož dominantním opylovatelem je v přírodních podmínkách včela obrovská (*Apis dorsata*) (Sharma a Singh, 2003 in Jat a kol. 2014), bylo zjištěno, že při opylování včelou medonosnou (*Apis mellifera*) v technické izolaci výnos semen s množstvím přítomných včel plynule stoupá. Nejvyšší výnosy semen byly dosaženy v izolátorech se včelami obsedajícími osm (Jat a kol., 2014) resp. šest (Bondok a kol., 2016) plástů, zatímco nejnižší výnosy byly zjištěny u rostlin, které byly izolovány bez opylovatelů. Tato koncepce „nasyčeného opylování“ se pozitivně projevila i na semenářské kvalitě získaného osiva – nejvyšší HTS (hmotnost tisíce semen) i klíčivost měla opět semena z izolátorů s největším počtem opylujících včel. Při porovnání osiva jetele egyptského, získaného z technické izolace po opylení včelami, byly jeho výnos i kvalita srovnatelné nebo i vyšší, než u osiva získaného z volného opylení (opylení jakýmkoli hmyzem; rostliny ani hmyz netrpí stresem z uzavřeného prostoru) a vyšší, než v případě ručního opylení lidmi (Jat a kol., 2014; Bondok a kol., 2016). Na druhou stranu z uvedených výsledků vyplývá, že výnos osiva jetele rostl výrazně pomaleji, než byl v izolátorech zvyšován počet včel (Graf 1) – tří- až čtyřnásobný počet včel (nárůst ze dvou plástů na 6 resp. 8) zvýšil výnos osiva jen o 20 – 30%. Také kvalita osiva (HTS i klíčivost) rostla s přibývajícím počtem včel jen pozvolně.



Graf 1: Výnosy osiva jetele egyptského (*Trifolium alexandrinum*) v technické izolaci při opylování různým množstvím včel medonosných (*Apis mellifera*)

Zjištěné výsledky je navíc třeba vztáhnout i na různou velikost izolátorů resp. různě velkou pěstební plochu jetele. Jat a kol. (2014) uvádějí, že jetel byl pěstován v izolačních klecích o rozměru 6 × 4 × 3 m, tedy pěstební plocha jetele byla 24 m². Bondok a kol. (2016) však

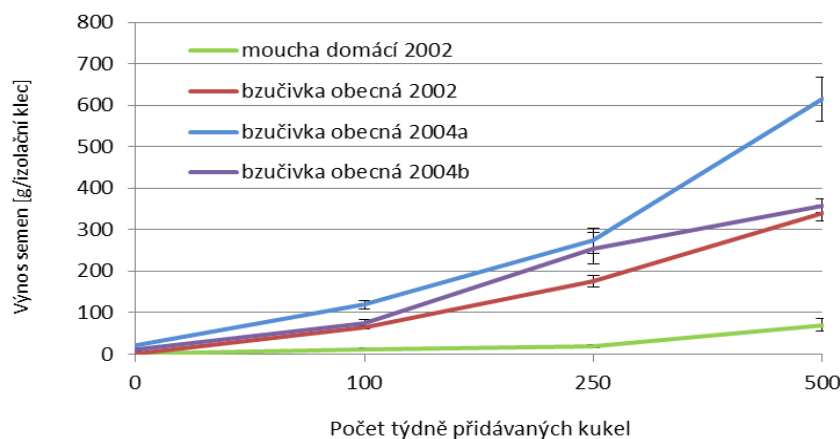
izolovali rostliny pěstované na ploše 50 m². Pokud počítáme, že jeden obsednutý včelí plást představuje průměrně 2 000 včel (Veselý a kol., 2013), tak včely z osmi plástů pracovaly v Indii u Jata a kol. (2014) v množství 666,7 včel/m², zatímco včely z šesti plástů v Egyptě u Bondoka a kol. (2016) v množství pouhých 240 včel/m². I přesto dosáhly včely u Bondoka a kol. (2016) vyššího výnosu jetelových semen.

Při opylování čmeláky se pro malé prostory technických izolátorů (pěstební plocha 1 – 25 m²) používají malé oddělky čmeláků tvořené 10 – 30 dělnicemi a plodem. Opylování zajišťuje asi polovina až třetina dělnic. Je vhodné vložit s plodem také samčí kokony, protože vylíhnutí samci se na opylování podílejí také. V malých izolátorech lze samce využít ale i samostatně (Ptáček a Votavová, 2013). Nizozemský producent čmeláků, společnost Koppert, uvádí, že jedno čmeláčí hnízdo je ideální pro opylování krytých ploch o rozloze větší než 2 000 m² (0,2 ha), kde je průměrně 25 – 35 květů na m² za týden (například kulatá a švestková rajčata) (<https://www.koppert.cz/natupol/>). Pěstitelé rajčat však, ve snaze docílit co nejvyšší výnosy, používají čmeláků mnohem více. Zemědělské družstvo Haňovice, které od r. 2017 pěstuje rajčata na ploše téměř 3 ha (28 288 m² zasklené plochy), např. na opylování cca 40 tis. rostlin používá čmeláky podle ročního období a stupně kvetení rajčat v počtu asi 25 hnízd na hektar, takže za pěstební sezónu využívají k práci asi 79 500 čmeláků (www.rajcatahanovice.cz)

Samotářské včely byly pro opylování v malých izolačních klecích zkoušeny v polské genové bance ve Skierniewicích. Zednice rezavé (*Osmia bicornis*) byly používány k regeneraci genetických zdrojů cibule, šalotky a mnoha planých druhů rodu *Allium* v izolačních klecích o velikosti 6 – 18 m² a počet včel se odvíjel od počtu květenství. Regenerované položky měly (v závislosti na druhu) v izolačních klecích 7 – 380 kvetoucích výhonů a na jeden kvetoucí stvol připadlo 0,5 – 4 zednice. Výnos osiva byl u regenerovaných druhů srovnatelný, nebo dokonce vyšší, než u obvykle používané regenerace za použití včel medonosných nebo much domácích. Dobrých výsledků bylo při opylování zednicemi dosaženo i při regeneraci mrkve, petržele a ředkviček (Kotlińska, 1999). Při opylování cibule v Poznani (Wilkaniac a kol., 2004) byly zednice rezavé (*Osmia bicornis*) umístovány do izolátorů v poměru jedna samice na 2 květenství a výnos osiva i jeho kvalita (HTS, klíčivost a energie klíčení) byla v porovnání s osivem z volného opylení i bez opylovatelů nejvyšší.

Jako opylovatelé papriky (*Capsicum annuum*) byly na zasklené ploše zkoušeny pestřenky trubcové (*Eristalis tenax*) v Kanadě. Papriky jsou samosprašné, ale při pěstování v krytých prostorech mívají při nedokonalém větrání s násadou semen potíže. Přítomnost pestřenek zvýšila násadu semen v paprikových plodech o 9,2 resp. 19,3% (Jarlan a kol., 1997a) a o 5% se po navštívení květů pestřenkami zvětšil i obvod samotných plodů (Jarlan a kol., 1997b).

Opylovací schopnost mouchy domácí (*Musca domestica*) a bzučivky obecné (*Calliphora vicina*) byla porovnáována při množení póru zahradního (*Allium ampeloprasum*) v USA. Do izolačních klecí o ploše 28 m² bylo k cca 50 rostlinám póru po 6 (2002) nebo 7 (2004) týdnů doplňováno 100, 250 nebo 500 kulek much či bzučivek týdně a bylo zjištěno, že výnos semen s rostoucím počtem opylujícího hmyzu lineárně narůstal. Kvalita osiva (HTS, klíčivost) byla u všech variant pokusu srovnatelná. Významně lepšího výsledku dosáhly oproti mouchám domácím v r. 2002 bzučivky obecné, a proto byl v r. 2004 experiment zopakován už pouze s nimi; pro srovnání však byly do izolačních klecí vysazeny dva různé genotypy póru (Clement a kol., 2007). Výsledky experimentu dokumentuje Graf 2.



Graf 2: Výnos semen póru (*Allium ampeloprasum*) v izolačních klecích při opylování mouchou domácí (*Musa domestica*) a bzučivkou obecnou (*Calliphora vicina*)

Opylovací schopnost bzučivky obecné (*Calliphora vicina*) byla na Novém Zélandu ověřována i při množení mrkve (*Daucus carota*). Bylo zjištěno, že opylování bzučivkami přináší v technické izolaci srovnatelný výnos i kvalitu osiva mrkve, jako při volném opylování bez izolace. Rostliny izolované bez hmyzu oproti tomu produkovaly 10× méně osiva, než rostliny izolované se bzučivkami. Při pozorování letové a opylovací aktivity bzučivek a včel medonosných mimo izolační klece však bylo zjištěno, že včely byly v porostu hojnější a aktivnější ve dnech s maximální teplotou > 25 °C, zatímco v chladnějších dnech, při teplotách kolem 20 °C, byly aktivnější bzučivky (Howlett, 2012). Clement a kol., (2007) navíc dokládají i ekonomickou výhodnost opylování bzučivkami – při opylování póru vyčíslili náklady na nákup a dopravu kulek bzučivek na 388,97 \$, ve srovnání s 2 400 \$ potřebnými k nákladům na včely medonosné.

Srovnání účinnosti opylování pestřenkami, samotářskými včelami a včelami medonosnými provedli v Německu v technických izolátorech na brukvi řepce olejce (*Brassica napus*) Jauker a kol. (2012). Při srovnání účinnosti opylování řepky různým počtem pestřenek pruhovaných (*Episyrphus balteatus*) spolu s pestřenkami trubcovými (*Eristalis tenax*), zednic rezavých (*Osmia bicornis*) a včel medonosných (*Apis mellifera*) bylo zjištěno, že k zisku stejného výnosu semen řepky bylo třeba 5x více pestřenek než zednic. Do izolátorů s pěstební plochou 7,5 m² byl hmyz umístěn v narůstajících počtech 1 – 36 zednic, 1 – 96 pestřenek a 200 včel medonosných a byl hodnocen výnos osiva a jeho HTS. Bylo zjištěno, že výnos osiva z rostlin opylených nejvyššími uvedenými počty zednic a pestřenek, se téměř blíží k výnosu osiva získaného z opylení včelami medonosnými. HTS, tedy kvalita osiva, byla ve všech případech srovnatelná. K nahrazení 200 včel medonosných tedy v případě řepky stačí jen 36 zednic, nebo téměř 100 pestřenek – při opylování jiné plodiny by bylo ale vyrovnaného výsledku nepochybně dosaženo jiným poměrem hmyzích opylovatelů.

3.9 Aplikace do porostu

Při opylování plodin v technické izolaci je nutné vytvořit opylujícímu hmyzu co nejlepší podmínky k životu i práci. Vytvoření optimálních podmínek předpokládá přípravu vhodného místa k hnízdění, přístup k vodě, příkrmování, ochranu před predátory a parazity apod. – každý druh má však své specifické požadavky.

3.9.1 Technické vybavení

Včely medonosné (*Apis mellifera*) i čmeláci zemní (*Bombus terrestris*) patří mezi společenský hmyz, což znamená, že více jedinců téhož druhu spolupracuje a vytváří společná hnízda. I v technické izolaci tedy potřebují vhodný hnízdní prostor, protože možnost hnízdění je jedním z nutných předpokladů veškeré jejich další aktivity. Bez potřeby shromažďovat pyl a nektar by včelí ani čmeláčí dělnice neměly důvod opakovaně květy navštěvovat a tedy ani opylovávat. V technické izolaci je tedy vhodným řešením umístění včelího nebo čmeláčího úlu. Jejich velikost a konstrukce se může dle výrobce, velikosti opylovávané plochy a počtu přítomného hmyzu značně lišit, ale některé vlastnosti lze považovat za obecně platné.

Úlky pro včely i čmeláky musí být umístěny tak, aby byly stabilní a odolaly např. poryvům větru. Osvědčeným řešením je třeba stojánek pevně zakotvený do půdy. U čmeláků, kteří na rozdíl od včel hůře snášejí vyšší teploty, je vhodné úlek umístit do stínu, nebo ho zastínit např. polystyrénovou deskou připevněnou na střechu (Obr. 16), nebo alespoň skrýt v hustějším porostu. Hnízda čmeláků jsou dodávána v úlcích spolu s nádržkou na cukerný sirup, který pro čmeláky představuje jak zdroj energie, tak vody. Cukerný roztok je nezbytný jak v technické izolaci, tak v otevřených polních porostech, protože v obdobích s nepříznivým průběhem počasí, kdy čmeláci nemohou z hnízda vylétnout, nebo kdy v izolovaném porostu ještě není dostatek rozkvetlých květů, představuje pro čmeláky jediný zdroj potravy. Příkrmování je v technické izolaci ze stejného důvodu nutné i u včel medonosných – v případě, že jsou ale příkrmovány tuhým medotěstem, je nutné jim zajistit i nepřetržitý přístup k vodě. Jako pítka může sloužit např. plochá miska s kamínky, díky kterým se včely mohou napít bez rizika utopení (Obr. 17).

Samotářské včely rodu zednice (*Osmia*) a čalounice (*Megachile*) potřebují ke hnízdění válcovité dutinky. Vhodným hnízdištěm tak mohou být rákosová stébla, různé škvíry ve kmenech stromů, dřevěných trámech nebo zdivu. Vhodné rozměry dutin se liší podle velikosti jednotlivých druhů včel, pro čalounici vojteškovou (*Megachile rotundata*) jsou např. ideální dutiny o průměru 5 mm (Ptáček, 1978). Obecně lze doporučit dutiny o průměru 3 – 7 mm a délce cca 10 – 15 cm. Kromě přírodních materiálů lze použít i různé papírové dutinky (např. špulky od nití) nebo navrtat otvory potřebné velikosti do některých stavebních materiálů (př. Technopor). Domečky pro samotářské včely se v poslední době staly populárním obchodním artiklem a na trhu je dostupná široká škála různých modelů, které mohou být v porostech buď opět postaveny na stojácích (Obr. 18 a 19), nebo i zavěšeny (Obr. 20). Hnízdiště pro samotářské včely lze ale poměrně úspěšně a s minimálními náklady vyrobit i svépomocí. Hnízdní dutiny by měly být chráněny před deštěm a jejich vstupní otvory je vhodné orientovat na jih nebo jihovýchod tak, aby na ně dopadalo dostatečné množství slunečních paprsků. Samotářské včely potřebují také vhodný materiál k vystýlání a uzavírání hnízdních komůrek. Včely čalounice k tomuto účelu používají kousky listů, které vykusují z přítomných rostlin (odtud také pochází jejich české i anglické jméno), takže vhodného materiálu mají dostatek. Včely zednice ale uzavírají své hnízdní komůrky jílovitými zátkami, a proto, není-li takový materiál na stanovišti přítomen přirozeně, je vhodné jim jílovitou půdu v blízkosti hnízdiště připravit.

Obr. 16 (←): Opylovací úlek do izolátorů pro čmeláky zemní (užitný vzor č. 34200) je na stojánku v izolační kleci stíněn polystyrenovou deskou

Obr. 17 (→): Opylovací úlek pro včely medonosné umístěný v izolační kleci VÚRV, v.v.i. v Olomouci; na střeše úlku je umístěno pítko (miska s vodou a kamínky)



Obr. 18 a 19: Komerčně prodávané hnízdíště pro samotářské včely (zelenadomacnost.com) a jednoduchá alternativa z Tetra Pakové krabice od mléka s papírovými dutinkami; na druhém stojánku je umístěno malé plastové pítko s cukerným roztokem a miska s vlhkým jílem



Obr. 20: Dutiny pro samotářky zavěšené v technickém izolátoru v německé genové bance IPK v Gaterslebenu (foto J. Král)

Pestřenky z komerčního chovu jsou už v krabičkách, vhodných k přímému umístění do porostu, dodávány. Stejně jako hnízdíště samotářských včel mohou být buď postaveny, nebo zavěšeny, ale slouží pouze

k vylíhnutí pestřenek z kulek. Pestřenky nekladou svá vajíčka do žádných hnízd, ale do vody a dospělci nocují přímo na listech rostlin nebo na půdě. Stejným způsobem se chovají i mouchy a masařky a ani pro ně tedy není budování hnízdiště třeba.

Obr. 21 – 26: Papírové krabičky firmy Polyfly slouží k přepravě kulek pestřenek i k jejich umístění v porostu.



3.9.2 Termín umístění hmyzích opylovatelů k rostlinám a jejich životnost

Interakce rostlinných a hmyzích druhů, v našem případě tedy úspěšnost opylování, závisí na správné synchronizaci obou partnerů. Sezónní aktivita většiny živých organismů je v mírném podnebí závislá především na teplotě – vyšší teploty posouvají jejich fenologii na časnější období, zatímco nižší teploty vývoj zpomalují (Schenk a kol., 2017). Při pozdním přísunu opylovatelů tedy mohou některé květy odkvést bez opylení a naopak při jejich předčasném umístění trpí hmyz hladou. Nedostatek potravy se pak může negativně projevit na zdraví a vitalitě, tedy i na opylovací schopnosti a životnosti včel (Gonzalez-Varo a kol., 2013; Potts a kol., 2010) i dalších druhů opylujícího hmyzu. Při umisťování hmyzích opylovatelů do technických izolátorů je tedy velmi důležité správné načasování, které se nemůže řídit kalendářem, ale aktuálním stavem porostu.

Bylo vyzkoušeno, že včely medonosné je vhodné přidat k opylovávaným rostlinám hned na počátku jejich kvetení. Po umístění do izolátoru včely nezačínají opylovávat okamžitě. Už samotné přemístění pro ně představuje silný stres, takže první den až dva místo opylování jen chaoticky poletují izolátorem a hledají únikovou cestu. Teprve po počáteční aklimatizaci pak začínají blíže prozkoumávat porost, sedat na květy a opylovávat je. I když je v tomto období květů ještě málo, tak včely nehladoví, protože mohou zpracovávat krmení připravené v úlku, cukerný roztok nebo medotěsto.

Na životnost včel medonosných má v technické izolaci největší vliv přítomnost nebo absence matky. Při opylování velkých prostor, kam se umísťuje kompletní včelstvo včetně matky, jsou postupně umírající včelí dělnice plynule nahrazovány mladuškami, líhnoucími se z kukel. Matka klade vajíčka po celou vegetační dobu, takže kasta včelích dělnic, z nich část tvoří opylování se účastnící létavky, se neustále obměňuje. V případě opylování malých prostor, např. šlechtitelských izolátorů nebo regeneračních izolátorů v genových bankách, jsou však většinou používány jen malé bezmatečné oddělky. Při jejich vytváření se ze včelích úlů ideálně odebírají pouze dělnice-mladušky a jejich životnost v izolátoru je proto omezena. V klasickém úlu se životnost včel značně liší podle jejich příslušnosti do kast. Zatímco včelí matky se obvykle dožívají 3 – 4 let, nespáření trubci žijí jen 6 týdnů. Pokud však došlo k jejich kopulaci s matkou, umírají vzápětí po ní. U včelích dělnic se jejich životnost odvíjí od ročního období. Letní, tzv. krátkověké včely, žijí průměrně 6 – 8 týdnů. V období hlavní snůšky, kdy včely létavky opouštějí několikrát denně úl a vracejí se zpět s bohatými náklady nektaru či pylu, je však jejich životnost ještě kratší. Zimní, tzv. dlouhověké včely pak žijí 7 – 9 měsíců (Veselý a kol., 2013), protože zůstávají v úlu a jejich hlavním úkolem je v tomto období vytváření tepla a zahřívání matky. Včelí dělnice, které opylovávají rostliny v izolačních klecích, se dožívají obvykle 1,5 – 2 měsíce. Na malém prostoru klece nemusí resp. nemohou létat tak vydatně, jako v přírodě, a proto se dožívají vyššího věku, než volně létající včely. V bezmatečných opylovávacích oddělcích ale nejsou žádná vajíčka, larvy ani kukly a postupně umírající dělnice nejsou nikým nahrazovány. Množství včel v izolační kleci tedy postupně klesá.

Včely medonosné obvykle v izolační kleci vydrží po celé období kvetení dané plodiny. Výjimečně se dá jeden úlek použít i na dvě po sobě kvetoucí plodiny s krátkou, ale intenzivní dobou kvetení. Malaviya a kol. (1999) třeba uvádí, že včely umístěné do plně kvetoucího porostu jetele egyptského (*Trifolium alexandrinum*), opylily většinu květů v průběhu dvou dnů.

Samotářské včely je na rozdíl od včel medonosných vhodné umístit do izolátoru až když je porost nakvetený více. Včely čerstvě vylíhnuté z kokonů se totiž musí co nejdříve nakrmit, jinak by došlo k jejich úhynu. O následcích předčasného nasazení samotářek do porostu vypovídá experiment, při kterém byly sledovány reakce tří druhů zednic (*Osmia brevicornis*, *O. bicornis* a *O. cornuta*), kterým byla dodána potrava v podobě kvetoucích rostlin okamžitě, po třech, nebo až po šesti dnech. I jen třídní zpoždění mělo za následek sníženou aktivitu a míru přežití zednice rezavé (*O. bicornis*) i *O. brevicornis*, šestidenní hladovění přežilo jen několik jedinců zednice rezavé a zednice rohaté (*O. cornuta*) (Schenk a kol., 2017). V praxi se sice používá opačný postup (hmyz se dodává k rostlinám, ne rostliny k hmyzu), ale správné načasování je i přesto klíčové.

Samotářky žijí kratší dobu než včely medonosné, a proto je u některých déle kvetoucích plodin nezbytné jejich doplnění. Samotářské včely rodu *Osmia* se v přirozených podmínkách líhnou v období kvetení ovocných stromů, ale uskladněním kokonů v chladu lze jejich líhnutí značně oddálit. Kokony však nelze v hibernaci skladovat neomezenou dobu a s délkou skladování se počet zdravých vylíhnutých jedinců snižuje, nebo dojde k jejich vylíhnutí z kokonů již při skladování.

I u čmeláků je jejich umístění k opylovávaným porostům vhodné synchronizovat s počátkem kvetení. Cukerný sirup, který má oddělek k dispozici, poskytuje potravu pouze dospělcům. Vytvářející se čmeláčí plod je však nutné krmit pylem a při jeho nedostatku plod hyne. Čmeláčí hnízda, stejně jako čmeláci v bezmatečných oddělcích, jsou schopny opylovávat rostliny v technickém izolátoru po dobu 4 – 8 týdnů.

Životnost a práce schopnost pestřenek značně závisí na klimatických podmínkách stanoviště, typu opylovávané plodiny, množství aktuálně kvetoucích květů apod. Na přirozených stanovištích s dostatkem potravy se dožívají několika měsíců, ale při práci v uzavřených prostorách doporučují chovatelé podle hustoty porostů a intenzity kvetení pestřenky každé 2 – 3 týdny doplňovat (Vaez-Olivera, 2020).

Také u much a masařek je jejich životnost v izolovaném prostředí mnohem kratší, než na svobodě, a zásadní vliv má teplota prostředí. Bylo prokázáno, že při nižších teplotách žije dospělec mouchy domácí déle, než při teplotách nad 30 °C (Biocont laboratory, rok neuveden). Při opylování cibule, které v rámci svého šlechtitelského programu provádí MoravoSeed CZ a.s. v Mikulově, jsou mouchy domácí k jednotlivým kvetoucím rostlinám dodávány v počtu 5 – 10 kusů přibližně každý druhý den. V horkých letních dnech jsou mouchy doplňovány každodenně, zatímco při chladnějším počasí vydrží živé i 5 dní, jejich letová a opylovací aktivita je však slabší. K rostlinám izolovaným lehkým sáčkem z plastové síťoviny jsou však vypouštěny už dospělé mouchy (Balcar, 2020), takže při termínování jejich použití se musí počítat i s předchozími vývojovými stádii. Také na rychlost vývoje much má zásadní vliv teplota prostředí. V přirozených podmínkách trvá vývoj mouchy domácí od vajíčka přes larvu a kuklu až po dospělého 1 – 3 týdny a dospělec žije průměrně 3 měsíce. V laboratorních podmínkách však trvá při 32 – 37 °C stadium kukly pouze 2 – 6 dní, zatímco při 14 °C to může být až 27 dní (Biocont laboratory, rok neuveden).

3.10 Péče o hmyz v technické izolaci a ochrana před predátory, parazity a dalšími patogeny

Péče o opylující hmyz je v technické izolaci poměrně jednoduchá, ale ne vždy je možné se soustředit pouze na ošetřování dospělců, vykonávajících vlastní opylování v období kvetení zájmových plodin.

V případě včel medonosných spočívá veškerá práce po jejich umístění do technického izolátoru v dostatečném zásobování vodou, přídatným krměním a v případě bezmatečných oddělků i v kontrole tzv. feromonové matky, tedy lihového roztoku s feromony (Krieg, 1991). Vhodné je také chránit včely v bezmatečných opylovacích úlcích před mravenci. Na druhou stranu je pořízení bezmatečných oddělků bez vlastního chovu včel téměř nemožné, protože takový produkt se na českém ani zahraničním trhu nevyskytuje. Šlechtitelé, příp. pěstitelé malých semenářských porostů, pro které by byl nákup takových oddělků ideálním řešením, potřebují včely nejčastěji v jarním období. Právě jaro je ale pro včelaře, soustřeďující se na produkci medu nebo chov matek a následný prodej sezónních včelích oddělků, rozhodujícím obdobím, kdy je jakékoli vyrušování včelstev nežádoucí a odběr včel by způsobil značné hospodářské ztráty jak na medu, tak na včelstvech – včelaři proto nemají důvod bezmatečné

oddělky v časném jarním období dělat. Další komplikaci představují preventivní opatření proti šíření nemocí včel. Na základě veterinárního nařízení je každý chovatel, od něhož je včelstvo přemístováno mimo území kraje, povinen vyžádat si k takovému přemístění veterinární osvědčení. Z těchto důvodů jsou obvykle šlechtitelské a semenářské podniky nuceny chovat vlastní kmenová včelstva a vyrábět si opylovací oddělky z nich. Největší současná česká semenářská firma Semo a.s. např. v r. 2017 chovala 140 včelstev (Petrášová, 2017).

Včely medonosné jsou ve srovnání s dalšími druhy hmyzích opylovatelů výjimečné v tom, že netráví žádnou část roku hibernací. Péče o ně je tedy celoroční a nelze ji omezit pouze na období, kdy vykonávají opylovací činnost. Včely medonosné navíc obvykle nejsou chovány pouze za účelem opylování, ale také pro získávání včelích produktů, zejména medu. Jsou tedy považovány za hospodářské zvíře a jejich chov je podmíněn zákonem č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon a s ním související legislativa nařizují pravidelnou kontrolu zdravotního stavu včelstev, neprodlené hlášení nadlimitního úhynu včelstev a v případě výskytu nebezpečných nálezů a nemocí stanovují také další povinné postupy. Pokud byl úhyn způsoben morem včelího plodu nebo hnilobou včelího plodu je zakázáno včelstva léčit a je nařízena jejich komisionální fyzická likvidace resp. spálení včetně úlu. V případě výskytu dalších nebezpečných nálezů a nemocí včel (infestace včel roztočem *Tropilaelaps*, roztočiková nákaza včel, tumidóza (*Aethina tumida*) a varroáza včel) je chovatel povinen zajistit včelám léčení schváleným způsobem.

Chov včel je poměrně nákladný. Kromě vlastního pořízení včel (obvykle nákupem sezónního oddělku či vyzimovaného včelstva), je nezbytný nákup dalšího vybavení (úly, rámy, drobné včelařské pomůcky, ochranné prostředky pro včelaře apod.). Další náklady představuje povinné léčení včel (dle aktuálního zdravotního stavu včel na stanovišti i v okolí, použitých léčiv a způsobu ošetření v r. 2020 cca 200 – 500 Kč/včelstvo), povinné laboratorní vyšetření na výskyt včelího moru a roztoče kleštika včelího (*Varroa destructor*) (dle ceníku různých laboratorí cca 300 – 600,- Kč/vzorek; vzorek představuje v případě varroázy směsný materiál ze všech včelstev na stanovišti, v případě včelího moru z max 10 včelstev na stanovišti v ochranném pásmu, nebo max 25 včelstev mimo ochranné pásmo), krmení na zimní období (při krmení na 20 – 25 kg zásob a ceně cukru 15 – 18,- Kč/kg se jedná o cca 300 – 450,- Kč na včelstvo; při krmení řepným invertem s cenou 21,- Kč/kg cca 420 – 525,- Kč na včelstvo). Nezbytné je také započítat osobní náklady na práci včelaře. Náklady na pořízení včelstev a jejich chov mohou být samozřejmě kompenzovány výnosy z vyprodukovaného medu a případně i dalších včelích produktů. Na chov včel lze také čerpat dotaci I.D. Podpora včelařství; i přesto je však opylování včelami poměrně drahé. Na druhou stranu však vlastní chov představuje jakousi jistotu a umožňuje použití včel přesně v termínu a množství, jaké je pro úspěšnou šlechtitelskou či semenářskou práci potřeba.

Při opylování čmeláky, samotářskými včelami, pestřenkami, mouchami i masačkami, jejichž opylovací sety jsou na českém, nebo alespoň zahraničním trhu dostupné, lze péči o hmyzí opylovače po jejich pořízení skutečně vztáhnout pouze na období, kdy opylování vykonávají. Čmeláci hnízda určená pro opylování je nutné chránit před mravenci, které láká krmítko s cukerným sirupem. Napadení hnízda může vést až k jeho zániku, a proto je nutné

hnízda umisťovat nad vodní překážku, nebo nohu stojánku, na kterou je opylovací úlek umístěn, potřít lepem, např. vazelínou (Smékalová a kol., 2018). Před dalšími škůdci čmeláků, kteří se na rozdíl od mravenců šíří vzduchem (pačmeláci, motýl zavíječ čmeláci (*Aphomia sociella*), moucha *Brachycoma devia*, drobná chalcidka *Melittobia acasta*), jsou čmeláci chráněni samotným izolátorem.

Samotářským včelám působí v přírodě i chovu největší škody parazitický hmyz. Chalcidky (Chalcidoidea) nebo různé druhy parazitických včel (př. *Sapyga quinquepunctata*) kladou svá vajíčka na larvy nebo kukly čalounic a jejich vlastní larvy se pak živí jejich zásobami nebo dokonce tělními tekutinami či tkáněmi. Tito predátoři se ale soustřeďují výhradně na plod samotářských včel a nemají žádný vliv na život a opylovací schopnosti dospělých samic. Ty mohou v izolačních klecích opět napadat mravenci nebo i škvoři a ochrana před nimi je stejná jako u včel medonosných a čmeláků.

Mouchy a masařky v izolátorech obvykle žádnou péči nevyžadují. Dle více než 20-letých zkušeností s opylováním mouchami, kterému se věnuje šlechtitelská a semenářská společnost MoravoSeed CZ a.s. v Mikulově, je však mouchy v izolátorech nutné každý den kropit vodou, jinak velmi brzy umírají (Balcar, 2020).

Pro všechny druhy hmyzích opylovatelů obecně platí, že nesnášejí ošetřování pěstovaných druhů rostlin chemickými přípravky. Ze široké škály různých účinných látek a komerčně vyráběných přípravků lze samozřejmě vybrat takové, které budou tomu kterému opylovateli škodit nejméně. Vzhledem k tomu, že všichni opylovatelé mají ale životnost v izolačních klecích poměrně krátkou, je vhodnější naplánovat aplikaci chemické ochrany pěstovaných rostlin na termíny před nebo až po období jejich kvetení, tedy před umístěním opylovatelů, nebo až po jejich přemístění či úhynu (Abrol, 2011).

Podrobnější informace o péči o včely medonosné a čmeláky zemní mohou poskytnout dříve publikované metodiky Dušek a kol. (2010a,b), Ptáček a Votavová (2013) a Smékalová a kol. (2018).

3.11 Praktické zkušenosti s použitím hmyzích opylovatelů ve VÚRV, v.v.i., VÚP, spol. s r.o. a ZV spol. s r.o.

Vlastní poznatky a zkušenosti z opylování různých druhů rostlin v technické izolaci byly na olomouckém oddělení Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. i Výzkumném ústavu pícninářském, spol. s r.o. získány a opakovaně ověřeny v rámci péče o genetické zdroje rostlin. Obě pracoviště jsou účastníky Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin, zvířat a mikroorganismů významných pro výživu a zemědělství (č.j.: 51834/2017-MZE-17253) a v rámci podprogramu Národní program konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agro-biodiversity pečují o svěřené kolekce. Olomoucké oddělení VÚRV, v.v.i. se věnuje genetickým zdrojům zelenin a léčivých, aromatických a kořeninových rostlin (LAKR), zatímco VÚP, spol. s r.o. má na starosti kolekci pícnin (vojtěška, jetel a další pícniny (včetně perspektivních planých druhů) mimo trav). Obě pracoviště se dlouhodobě věnují shromažďování genetických zdrojů svých svěřených plodin, jejich hodnocení a charakterizaci, regeneraci, multiplikaci, poskytování uživatelům apod. a jejich aktivity podrobněji popisuje Rámcová metodika Národního

programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agro-biodiversity (Holubec a kol., 2017). VÚP, spol. s r.o. a ZV spol. s r.o. se dále věnují šlechtění a komerčnímu semenářství píceňin.

3.11.1 Standardní péče o genetické zdroje na olomouckém pracovišti VÚRV, v.v.i.

Genetické zdroje cizosprašných hmyzosubných druhů zelenin a LAKR jsou na olomouckém pracovišti VÚRV, v.v.i. dlouhodobě regenerovány a množeny v technických izolátorech. Standardně je používáno 144 tzv. pevných, a dle potřeby průměrně 30 – 50 tzv. mobilních, izolačních klecí. Pevné izolátory mají půdorys 5,15 × 2,85 m a výšku 1,5 – 2,0 m, betonovou podezdívku a celosíťový nebo skleněný kryt se síťovanými větracími otvory. Mobilní klece mají rozebiratelnou konstrukci s rozměry 2,0 × 3,0 × 1,7 m a jsou kryty hmyzu nepropustnou síťovinou. Pevné izolátory se používají k regeneraci a množení jednoletých a dvouletých druhů zelenin a LAKR, pro vytrvalé druhy je výhodnější použití mobilních izolátorů, které se umísťují přímo do porostu až tehdy, kdy regenerované rostliny dostatečně zesílí, tedy obvykle 3. - 5. rok od výsevu či výsadby.

Do technických izolátorů jsou dle vrůstnosti jednotlivých plodin, množství osiva, které vytvářejí a aktuálních požadavků na množství získaného osiva, vysévány nebo vysazovány rostliny jednoho až čtyř různých druhů a k nim se umísťuje opylovací oddělek se včelami medonosnými. Pro potřeby opylování jsou včely přímo na pracovišti chovány v počtu cca 18 včelstev. Opylovací oddělky tvoří přibližně 150 – 200 g dělnic umístěných v dřevěném jednoprostorovém úlku (velikost i konstrukce odpovídá včelímu oplodňáčku), ke kterým se přidává tzv. feromonová matka, proužek voskové mezistěnky a krmítko s medotěstem (APIfonda, výrobce Südzucker, Německo). Úlek se spolu s jednoduchým pítkem umísťuje na kovový stojan.

Podrobnější představu o konstrukci izolačních klecí a zavedené technologii opylování včelami lze nalézt v dříve publikované metodice Dušek a kol. (2010a,b). Včely medonosné jsou v Olomouci standardně používány pro opylování mnoha druhů zelenin a LAKR, jako příklad lze uvést okurky, tykve, čekanku, cibuli, pór, papriku, mrkev, celer, petržel, všechny druhy košťálovin, ředkev a ředkvičku, měsíček lékařský, bazalku pravou i posvátnou, brutnák lékařský, kmín kořený, anýz vonný, fenykl obecný, koriandr obecný, tymián obecný, třapatkovku nachovou, dobromysl lékařskou, levanduli lékařskou, různé druhy šalvějí, mát, divizen a celou řadu dalších druhů.

3.11.2 Standardní péče o genetické zdroje ve VÚP, spol. s r.o. v Troubsku

Kolekce Výzkumného ústavu pícninářského, spol. s r.o. Troubsko zahrnuje celkem 246 rostlinných druhů, používaných jako pícniny (GRIN Czech, 2020).

Kolekci tvoří hlavní pícní druhy – tolíce vojtěška (*Medicago sativa*), jetel luční (*Trifolium pratense*) a jetel plazivý (*Trifolium repens*) – a dále tzv. minoritní jeteloviny, jako jsou jetel inkarnát (*Trifolium incarnatum*), jetel hybridní (*Trifolium hybridum*), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) a tolíce měňavá (*Medicago × varia*). Významnou část kolekce ale tvoří rovněž plané příbuzné druhy v rodech *Medicago* a *Trifolium* a další rody čeledi Fabaceae (*Securigera*, *Dorycnium*, *Astragalus* aj.). Zastoupeny jsou i pícniny dalších čeledí, např. sléz přeslenitý (*Malva verticillata*), světlice barvířská (*Carthamus tinctorius*) a svazenka

vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia*) a kolekce je obohacena i tzv. komponentami květnatých luk, jež představují zástupci planých druhů jiných čeledí. Dominantní zastoupení mají v celé sbírce šlechtěné odrůdy, následují krajové odrůdy a plané příbuzné druhy z tuzemska i ze zahraničí.

Součástí péče o genetické zdroje je také jejich regenerace. Regenerovány jsou položky, u nichž dojde během skladování ke snížení klíčivosti, nebo položky s malým množstvím semen ve vzorku. Regenerace zájmových druhů je z hlediska časového, finančního a technického velmi náročná, protože u hmyzosnubných rostlin, kterými právě mnoho druhů píce je, se nedá využívat množení v prostorové izolaci. Při regeneraci jetelovin jsou využívány izolační klece různých velikostí (1 – 10 m²), do kterých se vysévají řádky dle množství originálního osiva, případně jsou dovnitř vkládány vegetační nádoby s rostlinami. Standardní postup regenerace evropských druhů píce doporučuje vycházet při regeneraci nejméně z 30 – 100 rodičovských rostlin. Do izolátorů jsou v době kvetení dodávány opylovatelé (čmelák zeminí (*Bombus terrestris*), příp. jiné druhy čmeláků, nebo včela medonosná (*Apis mellifera*)) (Holubec a kol., 2017).

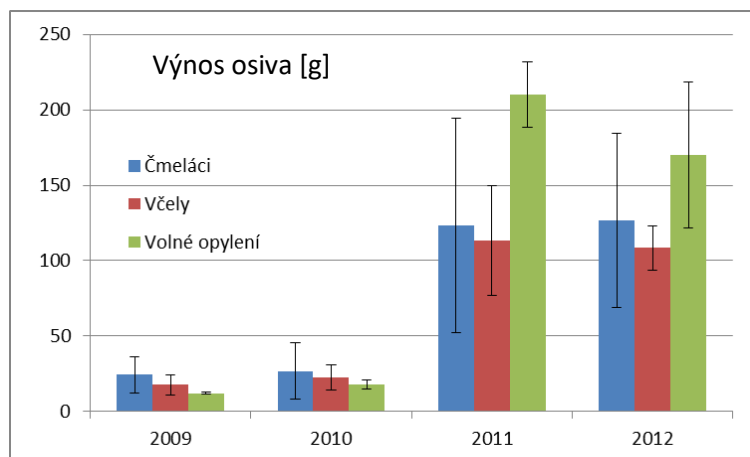
Pro opylovací účely jsou v Troubsku používány čmeláci úly, navržené v ZV spol. s r.o. Troubsko. Pro opylování větších ploch je používán tzv. chovný úlek (užitný vzor č. 26221), do kterého se umísťují rozvinutá čmeláci hnízda nebo větší oddělky. Je vyroben z polypropylénové fólie o síle 1 mm a dodáván je v kartonové krabici zateplené polystyrénem. Pro malé oddělky je k opylování do izolátorů určena sestava úlku podle užitného vzoru č. 34200. Tvoří jej krabice z polypropylénové fólie o menší síle a dodáván je v kartonové krabici bez polystyrénu.

Obvyklá doba opylovací aktivity se pohybuje mezi 4 – 10 týdny, v případě potřeby jsou hnízda obměněna. Do miniizolátorů, tedy izolačních klecí tak malých rozměrů, že by se tam neutilizoval ani malý čmeláci oddělek, jsou používáni čmeláci samci (trubci), kteří jsou doplňováni dle potřeby.

3.11.3 Testování alternativních opylovatelů na olomouckém pracovišti VÚRV, v.v.i.

Efektivita opylování alternativními opylovateli byla v Olomouci testována při regeneraci genetických zdrojů okurky (*Cucumis sativus*), pekingského zelí (*Brassica rapa* var. *pekinensis*) a ředkvičky (*Raphanus sativus* var. *radicula*). Do technických izolátorů byly k rostlinám na počátku kvetení přidávány včely medonosné, čmeláci zeminí a pestřenky smrtihlávky (*Myathropa florea*) v průměrném počtu 100 ks na izolátor. Včely a čmeláci byli do izolátorů umísťováni v úlcích s přídatným krmivem, a také pestřenky byly na stojanech zásobovány miskami s vodou a pylem z lísky (*Corylus avellana*) na kostkách cukru. Z důvodu vysoké úmrtnosti však musely být pestřenky resp. jejich pupária v izolačních klecích jednou týdně doplňovány, přestože jejich životnost je v přírodě přibližně 1 měsíc. U okurek pak byla sledována doba nakvétání, denní aktivita opylovatelů, délka a šířka plodů, přítomnost semen v plodech a hmotnost, případně i počet semen. U čínské zelí a ředkvičky byl sledován pouze výnos získaných semen. Výsledky jednoznačně ukázaly, že pestřenka smrtihlávka je k opylování okurek nevhodná, protože přestože získané plody byly ve srovnání s ostatními opylovateli největší, neobsahovaly téměř žádná semena. U pekingského zelí a ředkve však byly výsledky všech tří opylovatelů srovnatelné (Holinka a kol., 2003; Dušek a kol., 2007).

Výborné výsledky se při opylování čmeláky opakovaně prokázaly při regeneraci raně kvetoucích košťálovin a léčivých, aromatických a kořeninových rostlin s delšími květními trubkami, jako např. šalvěje, bukvice lékařská aj. Úspěšnost opylování bukvice lékařské (*Stachys officinalis*) čmeláky zemiální byla ověřována i podrobněji (Dušek a Dušková, 2013). V letech 2009 až 2012 byl hodnocen výnos osiva bukvice a jeho semenářská kvalita (HTS, klíčivost) při volném opylení a v technické izolaci s přidáním včel medonosných nebo čmeláků zemiálních. Bylo zjištěno, že výnos osiva byl v letech 2009 a 2010 v technické izolaci jak při opylování včelami, tak čmeláky, vyšší, než z volného opylení, zatímco v letech 2011



a 2012 výnos osiva z volného opylení výrazně předčil výnos z izolátorů s oběma druhy hmyzu (Graf 3).

Graf 3: Výnos osiva bukvice lékařské (*Stachys officinalis*) při opylení včelami nebo čmeláky v technické izolaci a při volném opylení

Tento výsledek autoři zdůvodnili přetlakem přirozených opylovatelů (včely medonosné, různé druhy čmeláků, samotářských včel a dalších druhů opylujícího hmyzu) na atraktivní lokalitě se sortimentem 72 druhů léčivých, aromatických a kořeninových rostlin na pozemcích v Olomouci. Ve druhé polovině pokusného období byl ale výnos osiva celkově výrazně vyšší, což lze vysvětlit jak větší mohutností mateřských rostlin, tak klimatickými výkyvy hodnoceného období, které významně ovlivnilo semenářský potenciál bukvice. Semenářská kvalita (HTS, klíčivost) osiva byla ve všech případech srovnatelná.

3.11.4 Testování alternativních opylovatelů v Troubsku

S použitím alternativních opylovatelů mají v ČR největší zkušenosti VÚP spol. s r.o. a ZV spol. s r.o. v Troubsku, což pochází už historicky ze specializace obou podniků. Obě společnosti se věnují šlechtění a množení bobovitých píceň, při jejichž specifických opylovacích nárocích, které včely medonosné uspokojit nemohou, bylo testování alternativních opylovatelů jedinou možností, jak kvalitní semenářství zájmových druhů zajistit. Od 60. let 20. st. bylo v Troubsku testováno opylování samotářskými včelami (Ptáček, 1973, 1978, 1979; Ptáček a Hofbauer, 1973) a ve spolupráci s Výzkumným ústavem včelařským, s.r.o. i čmeláky (Ptáček a Hofbauer, 1973; Ptáček, 1985; Přidal a Hofbauer, 1996 a 1998; Krieg, 2002), stejně jako možnosti jejich chovu. Přes všechny počáteční úspěchy bylo nutné nakonec konstatovat, že samotářské včely roli spolehlivého a jednoduše chovatelného opylovače neplní zcela uspokojivě. Místo samotářek se tedy pozornost začala plně soustřeďovat na čmeláky.

Opylování šlechtitelských a semenářských porostů čmeláky zemními (*Bombus terrestris*), stejně jako jejich chov přinesly poměrně brzy uspokojivé výsledky (Krieg a kol. 2009; Macháčková a kol. 2012), ale testován byl i chov čmeláka skalního (*Bombus lapidarius*), zahradního (*B. hortorum*), hájového (*B. lucorum*) (Ptáček, 2006; Bučánková a Ptáček, 2010 a 2012), rolního (*B. pascuorum*), lesního (*B. sylvarum*), úhorového (*B. ruderarius*)



a proměnlivého (*B. humilis*) (Ptáček a kol., 2015). Při semenářství úročníku lékařského (*Anthyllis vulneraria*) se výborně osvědčil čmelák zahradní (*Bombus hortorum*) (Obr. 27), protože ve srovnání s dalšími druhy čmeláků má velmi dlouhý jazyk a hluboké květy úročníku tak opyluje lépe (nepublikovaný výzkum).

Obr. 27: Čmelák zahradní (*Bombus hortorum*) je výborným opylovatelem úročníku lékařského (*Anthyllis vulneraria*)

3.11.5 Porovnání efektivity hmyzích opylovatelů na 4 modelových plodinách ve společném projektu VÚRV, v.v.i. a ZV spol. s r.o.

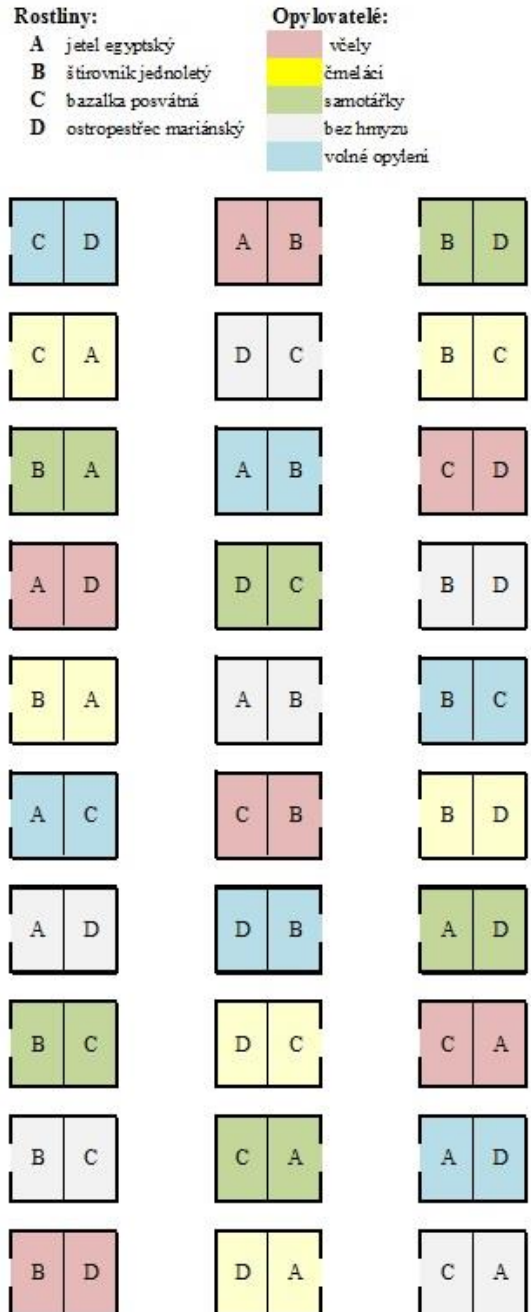
Nejnovější poznatky o efektivitě práce tří vybraných druhů opylovatelů přinese právě řešený projekt TJ02000287 s názvem Využití různých druhů opylovatelů v semenářství vybraných plodin. Na pracovištích v Olomouci a Troubsku je ve dvouletém (2019 a 2020) experimentu testována opylovací schopnost včel medonosných (*Apis mellifera*), čmeláků zemních (*Bombus terrestris*) a zednic rezavých (*Osmia bicornis*) na čtyřech modelových plodinách – jetelu egyptském (*Trifolium alexandrinum*), štirovniku jednoletém (*Lotus ornithopodioides*), bazalce posvátné (*Ocimum tenuiflorum*) a ostropestřci mariánském (*Silybum marianum*). Všechny modelové plodiny byly vždy po dvojicích v různých kombinacích vysazeny do technických izolátorů o rozměrech 2,0 × 3,0 × 1,7 m – na každé polovině izolátoru bylo na půdu krytou netkanou textílií vysazeno vždy 18 rostlin daného druhu (Obr. 28). Na počátku kvetení byly do izolátorů (Obr. 29) k rostlinám umístěny opylovací úlky se včelami medonosnými (Obr. 17) a čmeláky (Obr. 16), zednice byly k rostlinám umístěny částečně jako vylíhnutí dospělci (samice i samci) a částečně jako kokony (Obr. 19). Včely medonosné pocházely z vlastních chovů obou pracovišť, čmeláky zemní dodal pro obě pracoviště ZV spol. s r.o. a kokony zednice rezavé byly získány nákupem ze zahraničí. Jako kontrola byly stejným způsobem osazeny i izolátory, do kterých nebyli přidáni žádní opylovatelé, a také parcely, které zůstaly bez izolace, a umožňovaly tedy rostlinám volné opylení jakýmkoli nalétávajícím hmyzem. Každá kombinace variant plodina/oppylovatel byla v pokusu třikrát zopakována a uspořádání různých variant bylo na stanovišti náhodné (Obr. 30). Všechny rostliny byly v izolátorech pravidelně ošetřovány (závlivka, odplevelování) a všem opylovatelům byla věnována optimální péče (stálý přístup

k vodě, přídatné krmivo, vhodné dutiny (Obr. 18) a jíl pro hnízdění zednic); volně opylované rostliny byly proti okusu zajíci chráněny králíčním pletivem (Obr. 31).

Obr. 28 (↓) a 29 (↓↓): Výsadba modelových plodin a výsledné izolátory s plodinami a opylovateli (Olomouc)



Obr. 30: Schéma výsadby projektu TJ02000287 v r. 2019



Cílem projektu bylo ověřit vzájemnou opylovací komplementaritu modelových rostlin a vybraných druhů hmyzu a zhodnotit možnosti opylování genetických zdrojů rostlin v technické izolaci zednicí rezavou, která do té doby nebyla v podmínkách ČR ještě nikdy testována. V průběhu vegetační doby byla pozorována aktivita hmyzu v jednotlivých variantách pokusu a po sklizni byl hodnocen výnos osiva a jeho semenářská kvalita (HTS a klíčivost).

Obr. 31: Varianta s volným opylením štírovníku a ostropestřce (Olomouc)



V době přípravy této metodiky zatím nebyly finální výsledky experimentu známy, ale nové poznatky přineslo i prozatímní hodnocení. V prvním roce (2019) byly zjištěny potíže s líhnutím zednic. Místo dodavatelem deklarovaných 80% vylíhnutých kokonů se na obou pracovištích

podařilo získat pouze významně nižší počet opylujících dospělců a technické izolátory tedy mohly být místo plánovaných 10 ks zednic osazeny pouze 4 – 5 dospělci na izolační klec. Překvapivý byl také poměr vylíhnutých samic a samců – místo očekávaného poměru 1:1 nebo 1:2 ve prospěch samců se ve skutečnosti vylíhly převážně samice, a to v poměru přibližně 4:1. Špatné líhnutí bylo zřejmě způsobeno nějakým blíže neurčeným problémem při dopravě kokonů ze zahraničí. Ve druhém pokusném roce (2020) bylo líhnutí zednic významně lepší, ale očekávaného zisku 80% vylíhnutých kokonů nebylo dosaženo ani tak. Výrazně se však zvýšil poměr vylíhnutých samců.

Pozorování letové aktivity všech tří druhů bylo možné provádět především na počátku kvetení všech druhů. Jak pěstované rostliny postupně mohutněly, bylo hledání hmyzu na květech nebo při přeletech mezi nimi čím dál obtížnější a také počet opylujících jedinců se vlivem jejich postupného vymírání stále snižoval. I přesto však bylo vidět, že všichni tři hodnocení opylovatelé květy všech čtyř modelových plodin navštěvovali (Obr. 32 – 38) a tedy i opylovali, a to i v méně očekávaných kombinacích jako čmelák zemní/bazalka posvátná (Obr. 35) a včela medonosná/jetel egyptský (Obr. 36). Při práci na květech byly opakovaně pozorovány i zednice rezavé, ačkoli jejich množství (4 – 5 ks v r. 2019 a 8 – 10 ks v r. 2020) bylo v izolátorech ve srovnání se včelami medonosnými (cca 200 dělnic) i čmeláky zemními (cca 30 dělnic) výrazně nižší.

Širokou škálu opylovatelů, kteří měli k modelovým rostlinám tohoto experimentu přístup na parcelách bez technické izolace, je možné demonstrovat na květenstvích ostropestřce mariánského. Pozorovány byly jak včely medonosné, tak různé druhy čmeláků (nejvíce přirozeně se nejhojněji vyskytující čmeláci zemní a skalní), samotářských včel (Obr. 39 a 40), pestřenek (Obr. 41 a 42) i motýlů.

Obr. 32 – 35: Čmeláci zemní (*Bombus terrestris*) se věnovali opylování ostropestřce mariánského (←↑), jetele egyptského (→↑), štirovníku jednoletého (←↓) i bazalky posvátné (→↓) se stejnou péčí



Obr. 36 a 37: Včely medonosné (*Apis mellifera*) pečlivě opylovaly i květy jetele egyptského (←) a štirovníku jednoletého (→)



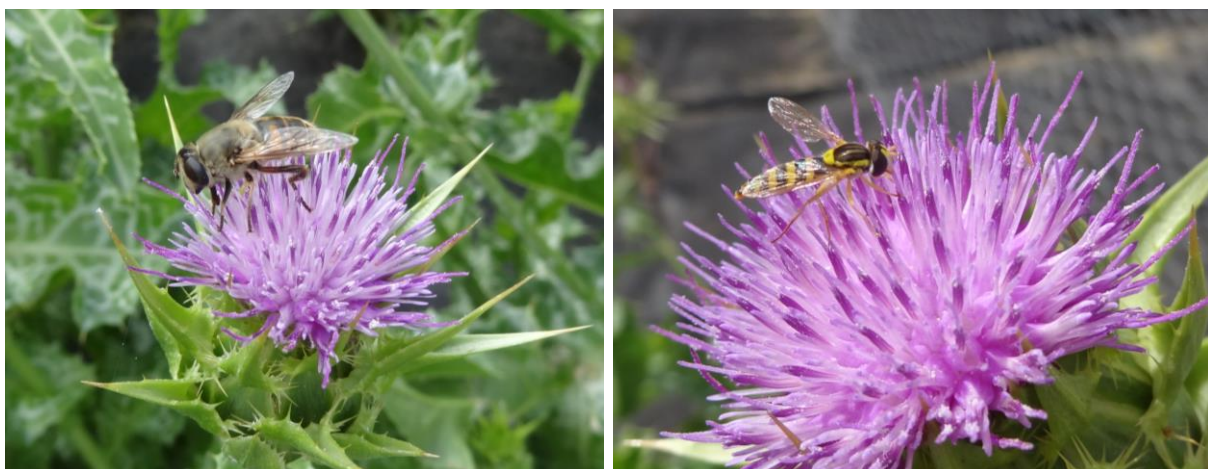
Obr. 38: Zednice rezavé (*Osmia bicornis*) jsou při letu i opylování velmi rychlé, ale na květu bazalky posvátné se jednu z nich zachytit podařilo



Obr. 39 a 40: Příklady samotářských včel, které opylovaly neizolované květy ostropestřce mariánského v Olomouci

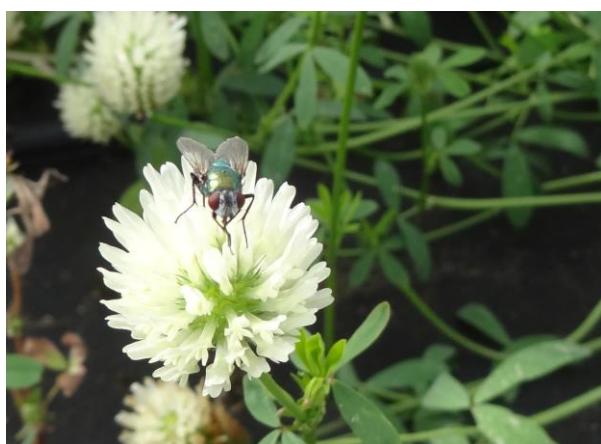


Obr. 41 a 42: Na volně opylovaných květenstvích ostropestřce mariánského byly v Olomouci i Troubsku pozorovány také různé druhy pestřenek



Zcela bez opylovatelů však bohužel nezůstaly ani rostliny v izolátorech, do kterých nebyl žádný hmyz cíleně přidáván. V několika izolačních klecích s variantou Bez opylovatelů byly pozorovány různé druhy much a masařek (Obr. 42 a 43) a v jednom izolátoru se v r. 2019 vylíhlo i několik motýlů baboček. Vajíčka těchto druhů byly zřejmě na sadbu modelových rostlin, půdokryvnou fólii nebo přímo na povrch půdy nakladeny ještě před instalací hmyzu nepropustné síťoviny. Nežádoucí druhy hmyzu se však vyskytly i v izolátorech, do kterých byly hmyzí opylovatelé přidáni – v jedné izolační kleci se zednicemi rezavými se např. v r. 2020 objevil noční motýl (Obr. 44). Jakým způsobem mohli tyto neplánované opylovatelé zkreslit výsledky výnosu semen modelových druhů rostlin nelze bohužel přesně určit.

Obr. 42 a 43: Bzučivky zelené (*Lucilia sericata*) usedaly na květy modelových rostlin (jetel egyptský (←) a ostropestřec mariánský (→)) v izolátorech varianty Bez opylovatelů i s vybranými opylovateli



Obr. 44: Noční motýl na domečku pro hnízdění zednic rezavých v izolační kleci

Výnos osiva a také jeho semenářská kvalita byly zatím známy pouze z prvního pokusného roku. Výsledky jednotlivých kombinací modelových plodin a opylovatelů z obou pracovišť však v prvním roce nebyly jednoznačné (Tab. 4).

Tab. 4: Kombinace plodina/opylovatel, u kterých bylo v r. 2019 na pracovištích v Olomouci a Troubsku dosaženo nejvyššího výnosu semen

2019 Plodina	Pracoviště	
	Olomouc	Troubsko
bazalka posvátná	Volné opylení	Včela medonosná
jetel egyptský	Volné opylení	Čmelák zemní
ostropestřec mariánský	Zednice rezavá	Bez opylovatelů* (čmelák zemní)
štírovník jednoletý	Volné opylení	Volné opylení

*varianta s nejvyšším výnosem semen měla velmi vysokou směrodatnou odchylku

V Olomouci byly nejvyšší výnosy semen jetele, bazalky a štirovníku zjištěny ve variantě Volné opylení, u ostropestřce tam byl nejvyšší výnos semen ve variantě Zednice rezavá. V Troubsku byla ale nejvyšší produkce semen jetele egyptského zjištěna ve variantě Čmelák zemní, zatímco u bazalky posvátné to bylo ve variantě Včela medonosná a u štirovníku jednoletého při Volném opylení. V případě ostropestřce mariánského vyšel průměr tří nezávislých opakování nejlépe pro variantu Bez opylovatelů, ale tato varianta vykazovala velmi vysokou směrodatnou odchylku, tedy velké rozdíly ve výnosu semen v jednotlivých opakováních. Stabilnější výnos semen ostropestřce mariánského byl u varianty Čmelák zemní, přičemž produkce osiva byla v tomto případě téměř stejně vysoká.

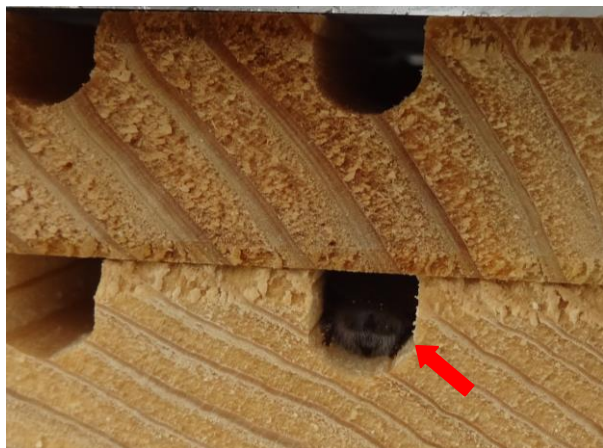
Kromě štirovníku jednoletého bylo tedy nejvyššího výnosu semen u modelových plodin na obou pracovištích dosaženo pokaždé jiným způsobem opylení a toto zjištění je nutné interpretovat v širších souvislostech. První možností, jak mohly být výsledky efektivity práce zájmových opylovatelů ovlivněny, bylo již uvedené částečné narušení experimentu přítomností nežádoucích opylovatelů (much, masařek a motýlů) v některých izolátorech. Další příčinou mohl být významně nižší (4 – 5 ks) než plánovaný (10 ks) počet samotářských včel, které byly do izolátorů umístěny a skutečnost, že jejich počet nebyl v průběhu vegetace a tedy postupného nakvétání plodin nijak doplňován. Délku života zednic však nebylo možné v izolátorech nijak přesněji určit, protože to neumožňovala hustota porostu. Je tedy možné, že zednice vzhledem ke svému nižšímu počtu a předpokládané kratší, ne však nutně na obou stanovištích stejné, životnosti, stihly ve srovnání se včelami medonosnými a čmeláky zemními opylovat jen menší počet dříve rozvinutých květů. U rostlin štirovníku byl navíc v Troubsku pozorován negativní vliv technické izolace. Rostliny v izolátorech v průběhu horkého léta špatně reagovaly na vyšší teplotu a brzy zasychaly – zkrácená životnost rostlin se tedy musela nutně projevit i ve sníženém výnosu semen oproti variantám bez technické izolace. Dále je pravděpodobné, že vyšší výnosy ve variantě Volné opylení, byly v Olomouci způsobeny také vyšším výskytem přirozených opylovatelů na lokalitě. Při vyšší koncentraci hmyzu je nasnadě, že květy navštíví jak vyšší počet opylovatelů, tak jejich pestřejší složení a navíc v různou denní dobu, v souladu s postupným rozkvětáním květů. V porovnání s omezeným počtem opylovatelů jediného druhu v izolátoru, se tedy zdají vyšší výnosy semen při volném opylování logické. Na stanovištích, kde však není výskyt přirozených opylovatelů vyšší, než jejich počet v izolátoru, bude zřejmě výsledek opačný. Na pracovišti v Olomouci je kromě chovaných 19 včelstev poměrně husté přirozené „zahmyzení“, např. výskyt čmeláků byl při zběžném pozorování výrazně vyšší než v Troubsku – také to by mohlo být tedy příčinou rozdílného výsledku na obou pracovištích.

Podobně nejednoznačná zjištění vyplynula i z hodnocení kvality získaných semen, tedy jejich HTS a klíčivosti. V některých případech výsledky korespondovaly s výnosem osiva (př. semena jetele, u kterých byl v Troubsku zjištěn nejvyšší výnos při opylování čmeláky, měly současně i nejvyšší jak HTS, tak klíčivost), u jiných kombinací rostlin, opylovatelů, hodnocených znaků a stanovišť však vycházely hodnoty zcela protichůdně.

Uvedené hypotézy je nutné konfrontovat s výsledky získanými v další vegetační sezóně, ale předběžně lze uvažovat o tom, že ačkoli volné opylení je pro všechny modelové plodiny

přirozené, a proto nejlepší, tak v případě, kdy je z nějakého důvodu nutné pěstovat rostliny v technické izolaci, je použití všech tří testovaných hmyzích opylovatelů možné.

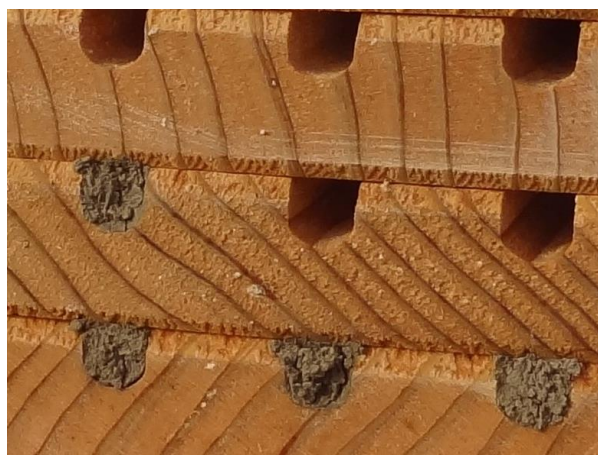
Je pravděpodobné, že na obou pracovištích se budou v budoucnu k opylování využívat již zavedení opylovatelé, tedy včely medonosné v Olomouci a čmeláci zemní v Troubsku – v případě jejich nečekaného výpadku však lze použít i zednice rezavé. V takové situaci však bude nutné počítat s nákupem vyššího množství kokonů, protože na chovateli uváděnou míru líhnutí 80% se nelze plně spoléhat. Nákup kokonů zednic by se navíc zřejmě musel plánovat opakovaně, protože předpoklad, že z nakoupených kokonů by se dal poměrně snadno založit vlastní nový chov, se zcela nepotvrdila. V prvním roce experimentu sice v některých izolátorech zřejmě došlo ke spáření samic zednic se samci, samice začaly navštěvovat dutiny v připravených hnízdištích (Obr. 45), zakladly je a utěsnily jílem (Obr. 46 a 47), ale k líhnutí nových dospělců v jarním období příštího roku bohužel nedošlo. Nespolehlivost v zakládání dalších generací potvrdili i Titěra a kol. (2018), kteří u zednic rezavých, které jako komerčně získané kokony umístili do ovocného sadu, pozorovali v dalším roce jen asi pětinné obsazování hnízdních trubiček v porovnání s prvním rokem a ve třetím roce už samotářky zakládaly hnízdiště pouze sporadicky.



obsazování hnízdních trubiček v porovnání s prvním rokem a ve třetím roce už samotářky zakládaly hnízdiště pouze sporadicky.

Obr. 45: Zednice rezavé začaly v izolátorech brzy prozkoumávat i hnízdní dutiny.

Obr. 46 a 47: V polovině srpna bylo už mnoho hnízdních otvorů zakladených a utěsněných jílem.



Celkové závěry z porovnání efektivity hmyzích opylovatelů na čtyřech modelových plodinách, které budou zjištěny v rámci společného projektu VÚRV, v.v.i. a ZV spol. s r.o. budou po ukončení projektu publikovány samostatně v odborném tisku.

4 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Metodika „Výběr vhodných opylovatelů minoritních plodin pro semenářskou praxi“ představuje rozšíření a nadstavbu dříve publikovaných prací současných i bývalých pracovníků olomouckého oddělení VÚRV, v.v.i., VÚP spol. s r.o. a ZV spol. s r.o. v Troubsku a shrnuje jejich mnohaleté zkušenosti se semenářstvím cizosprašných hmyzosubných druhů zelenin, léčivých, aromatických a kořeninových rostlin a píceň.

Novost postupů představuje rozšíření spektra hmyzích opylovatelů, vhodných pro opylování v technických izolátorech, o tzv. samotářské včely zednice rezavé (*Osmia bicornis*) a hodnocení zkušeností s použitím včely medonosné, čmeláka zedního a zednice rezavé na čtyřech modelových plodinách. Nové je také hodnocení náročností (i finanční) na jejich pořízení nebo chov.

5 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Metodika je určena pro pracovníky šlechtitelských a semenářských podniků, odborníky z oblasti zemědělské výroby, ekology a přírodovědce, studenty a pedagogy těchto i příbuzných oborů a mnohé další zájemce o rostliny a jejich množení, opylování a opylující 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

6 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Hlavním přínosem implementace metodiky je stručné shrnutí vlastních i dříve publikovaných poznatků o semenářství minoritních kultur cizosprašných hmyzosubných druhů rostlin. Metodika si nekladla za cíl nějakým způsobem přímo ovlivnit náklady nutné k provozování semenářské praxe, ale spíše přinést vodítko, jak na základě relevantních údajů zhodnotit různá řešení maloobjemové produkce osiva včetně jejich nákladovosti.

Náklady na opylování hmyzosubných plodin v technické izolaci jsou ovlivňovány celou řadou proměnných. Jako nejvýznamnější lze jmenovat typ množené plodiny, její morfologické vlastnosti a pěstební nároky, plánovanou produkční plochu, požadované množství získaného osiva, dostupné technické vybavení, atraktivitu plodiny pro opylující hmyz, schopnosti pracovníků o vybrané opylovače pečovat apod. Do nutných nákladů je

nutné započítat i časovou náročnost péče o opylující hmyz a osobní náklady na zaměstnance, kteří péči zajišťují. Významný vliv má také plánovaná délka činnosti. Potřeba jednorázového řešení bude klást na výběr vhodného opylovatele a koncepci celého provozu samozřejmě jiné požadavky, než činnost plánovaná na delší časovou periodu. Nejvýhodnější řešení si tedy každý pěstitel musí na základě svých unikátních parametrů zvolit sám.

Jediným hlediskem, podle kterého lze nákladovost různých způsobů opylování hmyzosubných rostlin v technické izolaci alespoň přibližně porovnat, jsou tedy náklady na pořízení hmyzích opylovatelů přepočítané na jejich předpokládanou výkonnost (Tab. 5).

Tab. 5: Orientační náklady na pořízení hmyzích opylovatelů (opylovací jednotka) pro opylení izolační klece s pěstební plochou cca 10 m²

	Hmyzí opylovatelé				
	Včela medonosná	Zednice rezavá	Čmelák zemní	Pestřenka trubcová	Mouchy a masařky
Náklady na pořízení opylovatelů	4 000,- Kč (vzimované včelstvo)	10,- Kč (1 pupárium)	1 000,- Kč (minioddělek)	2 000,- Kč (80 EUR)	30,- Kč (0,1 l larev)
Počet opylovatelů při pořízení	20 000 ks (10 plástů × 2 000 včel)	13 ks	10 ks	1 000 ks (pupária)	1 500 (odhad)
Opylovací jednotka	200 včelích dělnic	10 zednic (76% líhnutí)	10 čmeláčích dělnic	100 pestřenek	100 much nebo masařek
Počet získaných opyl. jednotek	100	1	1	10	150
Cena opylovací jednotky	40,- Kč/ks	100,- Kč/ks	1 000,- Kč/ks	200,- Kč/ks	0,2 Kč/ks

Údaje v tabulce vycházejí z konkrétních (čmeláci a pestřenky) nebo průměrných (včely, zednice a mouchy či masařky) nákladů, které bylo nutné vynaložit na pořízení určitého množství opylovatelů v r. 2020. Zatímco z vzimovaného včelstva, které disponuje 20 tis. včelími dělnicemi, lze utvořit 100 opylovacích jednotek po 200 dělnicích, tak v případě zednice rezavé je třeba koupit 13 ks pupárií, aby při předpokládaném líhnutí 76% společně vytvořily jednu opylovací jednotku o 10 zednicích. Jednoduchým výpočtem pak lze z výchozích nákladů na pořízení určitého komerčně dostupného množství opylovatelů získat přibližnou cenu opylovací jednotky, která může zajistit dostatečnou produkci osiva v technickém izolátoru s pěstební plochou cca 10 m².

Uvedené výpočty vycházejí z minimálních množství jak opylovatelů, tak opylovaných prostor. Při větším počtu technických izolátorů a tím i potřebě většího množství opylovatelů se budou náklady na jejich pořízení samozřejmě měnit. Započítány nejsou také náklady na pořízení opylovacích úlů a hnízdišť pro včely medonosné a samotářské včely, v případě dlouhodobé činnosti také náklady na chov včel, které lze případně snížit o dotaci na chov včel a odpisy dlouhodobého majetku. Finanční atraktivita much a masařek je na druhé straně vyvážena nevýhodou v jejich menší opylovací efektivitě – pro opylování mnoha druhů plodin

nejsou tyto opylovatelé vůbec vhodné. V neprospěch včel medonosných hovoří jejich nesporná agresivita a bez vlastního chovu také obtížná dostupnost v časných jarních měsících. Handicapem samotářských včel je nejistota jejich líhnutí, zvláště v pokročilejší fázi vegetační sezóny. Znovu lze pouze shrnout, že ekonomické aspekty opylování cizosprašných hmyzosnubných plodin v technické izolaci vychází z volby konkrétního řešení.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- ABROL, D. P. *Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production*. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2011. ISBN 9789400719422.
- ANONYM, A. *Reprodukční systémy rostlin*. Brno, 2015. Dostupné také z: https://is.muni.cz/el/sci/jaro2015/Bi7240/um/2015_Reprodukcní_systémy_rostlin_text.pdf
- BALCAR, M., odborný pracovník [e-mailová komunikace]. MoravoSeed CZ a.s., 2.10.2020.
- BILIŇSKI, M. a D. TEPER. Rearing and utilization of red mason bee *Osmia rufa* L. (Hymenoptera, Megachilidae) for orchard pollination. *Journal of Apicultural Science*. 2004, **48**(2), 69-74. ISSN 1643-4439.
- BIOCONT LABORATORY. Obtěžující mouchy: Škodlivé mouchy v chovech. *Biologická ochrana proti mouchám v chovech* [online]. Modřice: Biocont Laboratory, spol. s r.o., c2016-2020 [cit. 2020-10-05]. Dostupné z: <http://www.stajebezmuch.cz/mouchy/obtezuji-mouchy>
- BIODAR. Red Mason Bee (*Osmia rufa*). *BioDar System* [online]. Lomza: BioDar Dorota Flaga, nevedeno [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: http://www.biodar.com.pl/EN/oferta_murarka_ogrodowa.php?page=murarka_ilosci
- BLAŽEK, J. Vliv opylování na kvalitu jablek. *Zahradnictví*. 2007, **19**(3), 17-18. ISSN 1213-7596.
- BONDOK, A. A. T., S. M. EL NAHRAWY a A. A. ESA. Effect of honey bees pollination on egyptian clover seed yield. *Alexandria Science Exchange Journal*. 2016, **37**(3), 451-456. ISSN 1110-0176.
- BRIGGS, D. a S. M. WALTERS. *Proměnlivost a evoluce rostlin*. 3. vyd., 1. české vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2001. ISBN 80-244-0186-X.
- BUČANKOVÁ, A. a V. PTÁČEK. Experiences in rearing of *Bombus lucorum* L. (Hymenoptera, Apoidea) in captivity: Zkušenosti s laboratorním chovem čmeláka hájového *Bombus lucorum* L. (Hymenoptera, Apoidea). *Úroda*. 2010, **58**(12), 1-4. ISSN 0139-6013.
- BUČANKOVÁ, A. a V. PTÁČEK. A Test of *Bombus terrestris* cocoon and other common methods for nest initiation in *B. lapidarius* and *B. hortorum*. *Journal of Apicultural Science*. 2012, **56**(2), 37-47. ISSN 2299-4831. Dostupné z: doi:10.2478/v10289-012-0022-x
- CANE, J. H. A native ground-nesting bee (*Nomia melanderi*) sustainably managed to pollinate alfalfa across an intensively agricultural landscape. *Apidologie*. 2008, **39**(3), 315-323. DOI: 10.1051/apido:2008013. ISSN 0044-8435. Dostupné také z: https://www.researchgate.net/publication/44034032_A_native_ground-nesting_bee_Nomia_melanderi_sustainably_managed_to_pollinate_alfalfa_across_an_intensively_agricultural_landscape
- CLEMENT, S. L., B. C. HELLIER, L. R. ELBERSON, R. T. STASKA a M. A. EVANS. Flies (Diptera: Muscidae: Calliphoridae) are efficient pollinators of *Allium ampeloprasum* L. (Alliaceae) in field cages. *Journal of Economic Entomology*. 2007, **100**(1), 131-135. ISSN 00220493. Dostupné z: doi:10.1603/0022-0493(2007)100[131:FDMCAE]2.0.CO;2
- CURRAH, L. a D. J. OCKENDON. Pollination activity by blowflies and honeybees on onions in breeders' cages. *Annals of Applied Biology*. 1984, **105**(1), 167-176. ISSN 0003-4746. Dostupné z: doi:10.1111/j.1744-7348.1984.tb02812.x
- ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o podrobnostech uvádění osiva a sadby pěstovaných rostlin do oběhu. In: 2012. Praha: VLÁDA ČR, 2012, ročník 2012, 48/2012, číslo 129.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o požadavcích na odběr vzorků, postupy a metody zkoušení osiva a sadby. In: 2011. Praha: VLÁDA ČR, 2011, ročník 2011, 22/2011, číslo 61.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška o stanovení druhového seznamu pěstovaných rostlin. In: 2010. Praha: VLÁDA ČR, 2010, ročník 2010, 136/2010, číslo 378.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny. In: 1992. Praha: VLÁDA ČR, 1992, ročník 1992, 28/1992, číslo 114.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o krajích (krajské zřízení). In: 2000. Praha: VLÁDA ČR, 2000, ročník 2000, 38/2000, číslo 129.

- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat a o změně některých souvisejících zákonů (plemenářský zákon). In: 2000. Praha: VLÁDA ČR, 2000, ročník 2000, 49/2000, číslo 154.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin. In: 2003. Praha: VLÁDA ČR, 2003, ročník 2003, 79/2003, číslo 219.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon). In: 1999. Praha: VLÁDA ČR, 1999, ročník 1999, 57/1999, číslo 166.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon, kterým se mění zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby), ve znění zákona č. 444/2005 Sb., a některé další zákony. In: 2006. Praha: VLÁDA ČR, 2006, ročník 2006, 61/2006, číslo 178.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon, kterým se mění zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby), ve znění zákona č. 444/2005 Sb. a zákona č. 178/2006 Sb. In: 2007. Praha: VLÁDA ČR, 2007, ročník 2007, 97/2007, číslo 299.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon, kterým se mění zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby), ve znění pozdějších předpisů. In: 2009. Praha: VLÁDA ČR, 2009, ročník 2009, 30/2009, číslo 96.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon, kterým se mění zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby), ve znění pozdějších předpisů. In: 2009. Praha: VLÁDA ČR, 2009, ročník 2009, 91/2009, číslo 300.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon, kterým se mění zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby), ve znění pozdějších předpisů. In: 2010. Praha: VLÁDA ČR, 2010, ročník 2010, 120/2010, číslo 331.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon, kterým se mění zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby), ve znění pozdějších předpisů. In: 2012. Praha: VLÁDA ČR, 2012, ročník 2012, 20/2012, číslo 54.
- ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon, kterým se mění zákon č. 531/1990 Sb., o územních finančních orgánech, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony. In: 2005. Praha: VLÁDA ČR, 2005, ročník 2005, 155/2005, číslo 444.
- DANFORTH, B. N., R. L. MINCKLEY, J. L. NEFF a F. FAWCETT. *The Solitary Bees: Biology, Evolution, Conservation*. Princeton: Princeton University Press, 2019. ISBN 9780691189321.
- 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.
- DUŠEK, K. a E. DUŠKOVÁ. Vliv opylovatelů na kvalitu semene vybraných druhů LAKR. *Zahradnictví*. 2013, **12**(3), 38-39. ISSN 1213-7596.
- DUŠEK, K., E. DUŠKOVÁ, V. CHYTILOVÁ, J. LOSÍK a K. KARLOVÁ. Metody a techniky regenerace cizosprašných zelenin a léčivých, aromatických a kořeninových rostlin. In: FÁBEROVÁ, I., (ed.) *Aktuální problémy práce s genofondy rostlin v ČR: Sběry – zpracování, konzervace a využití; Regenerace a uchování cizosprašných rostlin; Mezinárodní spolupráce v oblasti genetických zdrojů rostlin a agro-biodiversity, dostupnost pro uživatele*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2007, s. 45-52. ISBN 978-80-87011-04-1.
- DUŠEK, K., P. KRIEG a E. DUŠKOVÁ. *Methodology for using insect pollinators in heterogamous vegetable species, medicinal, aromatic and culinary plants grown in technical isolation: certification methodology for practice*. Prague: Crop Research Institute, 2010a. ISBN 978-80-7427-031-4. Dostupné také z: <https://www.vurv.cz/sites/File/Publications/ISBN978-80-7427-031-4.pdf>
- DUŠEK, K., P. KRIEG a E. DUŠKOVÁ. *Metodika použití hmyzích opylovačů u cizosprašných druhů zelenin, léčivých, aromatických a kořeninových rostlin pěstovaných v technické izolaci: certifikovaná metodika pro praxi*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2010b. ISBN 978-80-7427-037-6. Dostupné také z: <https://www.vurv.cz/sites/File/Publications/ISBN978-80-7427-037-6.pdf>

- ECKHARDT, M., M. HAIDER, S. DORN, A. MÜLLER a T. INGS. Pollen mixing in pollen generalist solitary bees: a possible strategy to complement or mitigate unfavourable pollen properties? *Journal of Animal Ecology*. 2014, **83**(3), 588-597. DOI: 10.1111/1365-2656.12168. ISSN 00218790. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1365-2656.12168>
- FÖLDESI, R., A. KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, Á. KÖRÖSI, et al. Relationships between wild bees, hoverflies and pollination success in apple orchards with different landscape contexts. *Agricultural and Forest Entomology*. 2016, **18**(1), 68-75. ISSN 14619555. Dostupné z: doi:10.1111/afe.12135
- GELDMANN, J. a J. P. GONZÁLEZ-VARO. Conserving honey bees does not help wildlife. *Science*. 2018, **359**(6374), 392-393. DOI: 10.1126/science.aar2269. ISSN 0036-8075. Dostupné také z: <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.aar2269>
- GILLOT, C. *Entomology*. New York: Plenum Press, 1980. ISBN 0-306-40514-8.
- GLADIS, T. Bees versus flies? – Rearing methods and effectiveness of pollinators in crop germplasm regeneration. *Acta Horticulturae*. 1997, -(437), 235-238. DOI: 10.17660/ActaHortic.1997.437.25. ISSN 0567-7572. Dostupné také z: https://www.actahort.org/books/437/437_25.htm
- GONZÁLEZ-VARO, J. P., J. C. BIESMEIJER, R. BOMMARCO, et al. Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends in Ecology & Evolution*. 2013, **28**(9), 524-530. DOI: 10.1016/j.tree.2013.05.008. ISSN 01695347. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169534713001274>
- 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/>
- GRIN *Czech* [online]. Praha, xy-2020 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <https://grinczech.vurv.cz/gringlobal/search.aspx>
- GRUBER, B., K. ECKEL, J. EVERAARS a C. F. DORMANN. On managing the red mason bee (*Osmia bicornis*) in apple orchards. *Apidologie*. 2011, **42**(5), 564-576. DOI: 10.1007/s13592-011-0059-z. ISSN 0044-8435. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s13592-011-0059-z>
- GRZYWACZ, A., M. J. R. HALL, T. PAPE a K. SZPILA. Muscidae (Diptera) of forensic importance – an identification key to third instar larvae of the western Palaearctic region and a catalogue of the muscid carrion community. *International Journal of Legal Medicine*. 2017, **131**(3), 855-866. DOI: 10.1007/s00414-016-1495-0. ISSN 0937-9827. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5388714/>
- RAJČATA Z HAŇOVIC. Olomoucký deník – Kvalitní produkty z našeho kraje: Rajčata z Haňovic bez chemie a pesticidů. In: *ZD Haňovice skleníky* [online]. ZD Haňovice, © 2016-2020, 30.9.2020 [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: <http://www.rajcathanovice.cz/olomoucky-denik-kvalitni-produkty-z-naseho-kraje/n>
- HAVRÁNEK, P., V. CHYTILOVÁ a J. LACINA. *Pestřenky Myathropa florea (L.) jako opylovači brukvovitých zelenin* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2004a [cit. 2020-09-27]. Dostupné z: <https://www.vurv.cz/files/Pestrenky-metodika.pdf>
- HAVRÁNEK, P., V. CHYTILOVÁ a J. LACINA. *Syrphid flies Myathropa florea (L.) as pollinators of brassica vegetables* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2004b [cit. 2020-09-27]. ISBN -. ISSN -. Dostupné z: <https://www.vurv.cz/files/Syrphid-fly-manual.pdf>
- HEIDENREICHOVÁ, T. Masoví červi: nástraha nebo návnada? *Rybářské potřeby MILO* [online]. Loštice: Rybářské potřeby MILO, c1993-2020, neuvedeno [cit. 2020-10-05]. Dostupné z: <https://www.milorybarskepotreby.cz/clanky/masovi-cervi>
- HEINRICH, B. Keeping a coolhead: Honeybee thermoregulation. *Science*. 1979, **205**(4412), 1269-1271. DOI: 10.1126/science.205.4412.1269. ISSN 0036-8075. Dostupné z: <https://science.sciencemag.org/content/205/4412/1269>
- HEISTINGER, A. *The manual of seed saving: Harvesting, storing, and sowing techniques for vegetables, herbs, and fruits*. London: Timber Press, 2013. ISBN 9781604695564.

- HLADOVCOVÁ, D. a K. ČAPOUNOVÁ. Pestřenky – úspěšní opylovači. *Zemědělec*. 2019, **2019**(11), 40. ISSN 1211-3816. Dostupné také z: https://aa.ecn.cz/img_upload/8d8825f1d3b154e160e6e5c97cf9b8b3/pestrenky_opylovaci_11_19.pdf
- HODGKISS, D., M. J. F. BROWN a M. T. FOUNTAIN. Syrphine hoverflies are effective pollinators of commercial strawberry. *Journal of Pollination Ecology*. 2018, **22**(-), 55-66. DOI: 10.26786/1920-7603(2018)five. ISSN 19207603.
- HOLINKA, J., J. LACINA, E. KŘÍSTKOVÁ, V. CHYTILOVÁ a P. HAVRÁNEK. Využití pestřenky *Myathropa florea* (L.) (Diptera, Syrphidae) k opylování vybraných druhů kulturních plodin. In: BRYJA, J. a J. ZUKAL, (ed.) *ZOOLOGICKÉ DNY: Sborník abstraktů z konference 13.-14. února 2003*. Brno: Ústav biologie obratlovců AV ČR, 2003, s. 75. ISBN 80-239-0073-0.
- HOLUBEC, V., L. PAPOUŠKOVÁ, I. FÁBEROVÁ, V. ZEDEK a L. DOTLAČIL. *Rámcová metodika: Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity*. 2. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2017. Dostupné z: <https://www.gzr.cz/wp-content/uploads/2018/05/Ra%CC%81mcova%CC%81-metodika-Na%CC%81rodni%CC%81ho-programu-konzervace-a-udrz%CC%8Citelne%CC%81ho-vyuz%CC%8Ci%CC%81va%CC%81ni%CC%81-GZR.pdf>
- HOWLETT, B. G. Hybrid carrot seed crop pollination by the fly *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Applied Entomology*. 2012, **136**(6), 421-430. ISSN 09312048. Dostupné z: doi:10.1111/j.1439-0418.2011.01665.x
- HŮRKOVÁ, J. Chov mouchy domácí. *Živa*. 1961, **1961**(2), 61. ISSN 0044-4812.
- CHANDLER, D., E. COOPER a G. PRINCE. Are there risks to wild European bumble bees from using commercial stocks of domesticated *Bombus terrestris* for crop pollination? *Journal of Apicultural Research*. 2019, **58**(5), 665-681. DOI: 10.1080/00218839.2019.1637238. ISSN 0021-8839. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00218839.2019.1637238>
- JARLAN, A., D. DE OLIVEIHA a J. GINGRAS. Effects of *Eristalis tenax* (Diptera: Syrphidae) pollination on characteristics of greenhouse sweet pepper fruits. *Journal of Economic Entomology*. 1997b, **90**(6), 1650-1654. ISSN 1938-291X. Dostupné z: doi:10.1093/jee/90.6.1650
- 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*. 1997a, **90**(6), 1646-1649. ISSN 1938-291X. Dostupné z: doi:10.1093/jee/90.6.1646
- JAT, M. K., O. P. CHAUDHARY, H. D. KAUSHIK, S. YADAV a A. S. TETARWAL. Effect of different modes of pollination on quantitative and qualitative parameters of Egyptian Clover, *Trifolium alexandrinum* L. *Journal of Applied and Natural Science*. 2014, **6**(2), 605-611. DOI: 10.31018/jans.v6i2.504. ISSN 2231-5209. Dostupné také z: <https://journals.ansfoundation.org/index.php/jans/article/view/504>
- 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.
- JAUKER, F., B. BONDARENKO, H. C. BECKER a I. STEFFAN-DEWENTER. Pollination efficiency of wild bees and hoverflies provided to oilseed rape. *Agricultural and Forest Entomology*. 2012, **14**(1), 81-87. ISSN 14619555. Dostupné z: doi:10.1111/j.1461-9563.2011.00541.x
- JERSÁKOVÁ, J. a R. TROPEK. Polinační syndromy. *Živa*. 2018, **2018**(6), 169-172. ISSN 0044-4812.
- KAFFKOVÁ, K., K. SMÉKALOVÁ a A. VOTAVOVÁ. *Hodnocení potravních preferencí u hmyzích opylovatelů: certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2019. ISBN 978-80-7427-311-7.
- 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/>
- KIESTER, A. R., R. LANDE a D. W. SCHEMSKE. Models of coevolution and speciation in plants and their pollinators. *The American Naturalist*. 1984, **124**(2), 220-243. ISSN 0003-0147. Dostupné z: doi:10.1086/284265

- KOMZÁKOVÁ, O. a M. SKALSKÝ. Monitoring druhového spektra opylovačů v ovocných výsadbách – I díl. *Zahradnictví*. 2017a, **2017**(11), 58-60. ISSN 1213-7596.
- KOMZÁKOVÁ, O. a M. SKALSKÝ. Monitoring druhového spektra opylovačů v ovocných výsadbách – II díl. *Zahradnictví*. 2017b, **2017**(12), 24-25. ISSN 1213-7596.
- KOPPRT. Podpora opylování. *Koppert Biological Systems* [online]. [cit. 2020-10-12]. Dostupné z: <https://www.koppert.cz/natupol/>
- KOŘÍNEK, M. Chov krmného hmyzu. *Akvárium – terárium: časopis československých akvaristů teraristů*. 1993, **36**(11), 29-31. ISSN 0002-3930.
- KOTLIŇSKA, T. Osmia rufa (Apoidea, Megachilidae) as a pollinator of cultivated and wild Allium species. In: MAGGIONI, L. *Report of a Working Group on Allium: Sixth Meeting, 23-25 October 1997, Plovdiv, Bulgaria: European cooperative programme for crop genetic resources networks*. Plovdiv: Bioversity International, 1999, s. 65-67. ISBN 9789290433989.
- KREJČÍK, P., (ed.) *Situační a výhledová zpráva: Včely*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2017. ISBN 978-80-7434-396-4.
- KRIEG, P. Queen substitutes for small pollination colonies of the honey bee, Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae). *European Journal of Entomology*. 1994, **91**(2), 205-212. ISSN 1210-5759.
- KRIEG, P., J. HOFBAUER a O. KOMZÁKOVÁ. *Čmeláci a jejich podpora v zemědělské krajině*. Dol: Výzkumný ústav včelařský v Dole, 2009. ISBN 978-80-97196-01-4.
- KRIEG, P. Metodika chovu čmeláků pro komerční využití. In: *Včelařská stanice Žeravice* [online]. VÚVč Dol, c2020, 2002 [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: <https://vcelarskastanicezeravice.webnode.cz/chov-cmelaku/>
- 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.
- KUKLÍK, M. Rozhodnutí o odvolání společnosti Brinkman Polska SP. In: *Lichoceves* [online]. c2011-2020, 8.11.2018 [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: http://www.lichtoceves.cz/2018/18-11-25/181126_MZP_Rozhodnuti_odvolani_Brinkman_proti_KUSK_cmelak.pdf
- 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
- LOHWASSER, U. vědecko-výzkumná pracovnice [ústní sdělení]. IPK Gatersleben, 29. 7. 2019.
- MACCAGNANI, B., G. BURGIO, L. Ž. STANISAVLJEVIĆ a S. MAINI. Osmia cornuta management in pear orchards. *Bulletin of Insectology*. 2007, **60**(1), 77-82. ISSN 1721-8861.
- MACHÁČKOVÁ, I., V. PTÁČEK a A. BUČÁNKOVÁ. Zkušenosti s využitím čmeláka zemního (Bombus terrestris L., Apidae) ve šlechtění ozimné řepky (Brassica napus L.). *Úroda*. 2012, **60**(12), 21-26. ISSN 0139-6013.
- MALAVIYA, D. R., K. C. PANDEY, A. K. ROY a P. KAUSHAL. Role of honey bees in seed setting of egyptian clover. *Crop Improvement*. 1999, **26**(2), 204-207. ISSN 0256-0933.
- MARTINIELLO, P., A. IANNUCCI a M. PINZAUTI. Behavior of solitary pollinators and their effect on Berseem and Alfalfa seed yield and yield components in Mediterranean environments. *Journal of New Seeds*. 2003, **5**(4), 17-27. DOI: 10.1300/J153v05n04_02. ISSN 1522-886X. Dostupné také z: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J153v05n04_02
- MARTINS, K. T., A. GONZALEZ a M. J. LECHOWICZ. Pollination services are mediated by bee functional diversity and landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015, **200**(-), 12-20. ISSN 01678809. Dostupné z: doi:10.1016/j.agee.2014.10.018
- MATSUMOTO, S., A. ABE a T. MAEJIMA. Foraging behavior of Osmia cornifrons in an apple orchard. *Scientia Horticulturae*. 2009, **121**(1), 73-79. DOI: 10.1016/j.scienta.2009.01.003. ISSN 03044238. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423809000193?via%3Dihub>
- 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/>

- 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.
- ONDRÁŠ, F. Zrušení rozhodnutí KÚOK č.j. 562019 ze dne 22.1.2019. In: *Náměšť na Hané: oficiální stránky městyse* [online]. © 2020, 3.6.2019 [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: https://www.namestnahane.cz/e_download.php?file=data/uredni_deska/obsah930_15.pdf&original=63%20-%202019%20%20Zru%C5%A1en%C3%AD%20rozhodnut%C3%AD%20K%C3%AOK%20%C4%8D.j.%20562019%20ze%20dne%2022.1.2019.pdf
- 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.
- PETERSON, S. S. a D. R. ARTZ. Production of solitary bees for pollination in the United States. In: MORALES-RAMOS, J. A., M. GUADALUPE ROJAS a M. GUADALUPE ROJAS, (ed.) *Mass Production of Beneficial Organisms*. USA: Academic Press, 2014, s. 653-681. ISBN 9780123914538.
- PETRÁČKOVÁ, V. a J. KRAUS. *Akademický slovník cizích slov*. Praha: Academia, 1998. ISBN 80-200-0607-9.
- PETRÁŠOVÁ, L. Včely krmím absintem, říká šéf největší české semenářské firmy. *Hospodářské noviny* [online]. *Economia*, © 1996-2020, 4.10.2017 [cit. 2020-10-20]. ISSN 1213-7693. Dostupné z: <https://byznys.ihned.cz/c1-65902600-vcely-krmim-absintem>
- PITTS-SINGER, T. L. a J. BOSCH. Nest establishment, pollination efficiency, and reproductive success of *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae) in relation to resource availability in field enclosures. *Environmental Entomology*. 2010, **39**(1), 149-158. DOI: doi:10.1603/EN09077. ISSN 0046-225X. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/41421238_Nest_Establishment_Pollination_Efficiency_and_Reproductive_Success_of_Megachile_rotundata_Hymenoptera_Megachilidae_in_Relation_to_Resource_Availability_in_Field_Enclosures
- PITTS-SINGER, T. L. a J. H. CANE. The alfalfa leafcutting bee, *Megachile rotundata*: The world's most intensively managed solitary bee. *Annual Review of Entomology*. 2011, **56**(1), 221-237. DOI: 10.1146/annurev-ento-120709-144836. ISSN 0066-4170. Dostupné z: <https://naldc.nal.usda.gov/download/48741/PDF>
- Polyfly - Fly pollinator* [online]. Almeria: Polyfly, 2019 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <http://polyfly.es>
- POTTS, S. G., J. C. BIESMEIJER, C. KREMEN, P. NEUMANN, O. SCHWEIGER a W. E. KUNIN. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*. 2010, **25**(6), 345-353. DOI: 10.1016/j.tree.2010.01.007. ISSN 01695347. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169534710000364>
- PŘIDAL, A. a J. HOFBAUER. Activation of laboratory-reared bumblebee queens (Hymenoptera: Apidae, *Bombus* spp.). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 1998, **46**(1), 79-84. ISSN 1211-8516.
- PŘIDAL, A. a J. HOFBAUER. Laboratory rearing and nutrition of young queens of bumblebee (*Bombus terrestris* L.) from emergence to diapause. *Scientific Papers of the Research Institute for Fruit Growing*. 1996, -(14), 125-131. ISSN 1584-2231.
- PŘIDAL, A. Včela medonosná zajišťuje opylení i v uzavřených prostorech. *Agro: Ochrana a výživa rostlin*. 2005, **10**(7), 96-100. ISSN 1211-362X.
- PTÁČEK, V. a A. VOTAVOVÁ. *Terminovaný chov čmeláka zemiho (Bombus terrestris): uplatněná certifikovaná metodika*. Troubsko: Zemědělský výzkum, 2013. ISBN 978-80-905080-7-1.
- PTÁČEK, V., A. VOTAVOVÁ a O. KOMZÁKOVÁ. Experience in rearing common carder bees (*Bombus pascuorum* Scop.), with some notes on three similar species: shrill carder bee (*B. sylvarum* L.), red-shanked carder bee (*B. ruderarius* Müll.), and brown-banded carder bee (*B. humilis* Ill.) (Hymenoptera: Apidae). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2015, **63**(5), 1535-1542. ISSN 1211-8516. Dostupné z: doi:10.11118/actaun201563051535
- PTÁČEK, V. a J. HOFBAUER. Předběžná pozorování opylovačů (Hymenoptera, Apoidea) čičorky pestré (*Coronilla varia* L.) cv. Chemung. In: *Sborník vědeckých prací, ČAZ, VSP Troubsko*. Troubsko: VSP Troubsko, 1973, s. 51-56. ISBN -. ISSN -.

- PTÁČEK, V. *Chov samotářské včely čalounice mateřidouškové (Megachile pacifica Panz.) pro dokonalejší opylování vojtěšky*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1978. ISBN -. ISSN -.
- PTÁČEK, V. Naše první zkušenosti s umělým chovem samotářské včely čalounice mateřidouškové *Megachile rotundata* F., (Hymenoptera, Megachilidae). In: *Sborník vědeckých prací, ČAZ, VSP Troubsko*. Troubsko: VSP Troubsko, 1973, s. 31-39. ISBN -. ISSN -.
- PTÁČEK, V. Rearing *Bombus lapidarius* L. (Hymenoptera) in laboratory. In: VESELÝ, V., M. VOŘECHOVSKÁ a D. TITĚRA, (ed.) *Proceedings of the Second European Conference of Apidology*. Prague: Bee Research Institute at Dol, 2006, s. 72-73. ISBN 80-903442-5-9.
- PTÁČEK, V. Výkonnost některých druhů včel (Hymenoptera, Apoidea) při opylování vojtěšky (*Medicago sativa* L.). In: *Sborník věd. prací VŠÚP Troubsko*. Troubsko: VŠÚP Troubsko, 1979, s. 91-98. ISBN -. ISSN -.
- PTÁČEK, V. Zkoušky tří metod chovu čmeláků (Hymenoptera, Bombidae). In: *Sborník věd. prací VŠÚP Troubsko*. Troubsko: VŠÚP Troubsko, 1985, s. 59-67. ISBN -. ISSN -.
- RHODES, C. J. Pollinator Decline – An ecological calamity in the making? *Science Progress*. 2019, **101**(2), 121-160. DOI: 10.3184/003685018X15202512854527. ISSN 0036-8504. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.3184/003685018X15202512854527>
- RUSSO, L., M. G. PARK, E. J. BLITZER a B. N. DANFORTH. *Flower handling behavior and abundance determine the relative contribution of pollinators to seed set in apple orchards*. 2017, **246**, 102-108. ISSN 01678809. Dostupné z: doi:10.1016/j.agee.2017.05.033
- SEDIVY, C., A. MÜLLER a S. DORN. Closely related pollen generalist bees differ in their ability to develop on the same pollen diet: evidence for physiological adaptations to digest pollen. *Functional Ecology*. 2011, **25**(3), 718-725. ISSN 02698463. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2435.2010.01828.x
- SHEFFIELD, C. S. Pollination, seed set and fruit quality in apple: studies with *Osmia lignaria* (Hymenoptera). *Journal of Pollination Ecology*. 2014, **12**(2014), 120-128. ISSN 19207603. Dostupné z: doi:10.26786/1920-7603(2014)11
- SCHENK, M., J. KRAUSS, A. HOLZSCHUH a R. MORRIS. Desynchronizations in bee–plant interactions cause severe fitness losses in solitary bees. *Journal of Animal Ecology*. 2017, **87**(1), 139-149. DOI: 10.1111/1365-2656.12694. ISSN 0021-8790. Dostupné také z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2656.12694>
- 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.
- STAVERT, J. R., D. E. PATTEMORE, I. BARTOMEUS, A. C. GASKETT, J. R. BEGGS a T. DIEKÖTTER. Exotic flies maintain pollination services as native pollinators decline with agricultural expansion. *Journal of Applied Ecology*. 2018, **55**(4), 1737-1746. DOI: 10.1111/1365-2664.13103. ISSN 00218901. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1365-2664.13103>
- STEFFAN-DEWENTER, I. Seed set of male-sterile and male-fertile oilseed rape (*Brassica napus*) in relation to pollinator density. *Apidologie*. 2003, **34**(3), 227-235. DOI: 10.1051/apido:2003015. ISSN 0044-8435. Dostupné také z: <http://www.edpsciences.org/10.1051/apido:2003015>
- STOUT, J. C. a C. L. MORALES. Ecological impacts of invasive alien species on bees. *Apidologie*. 2009, **40**(3), 388-409. ISSN 0044-8435. DOI: 10.1051/apido/2009023. Dostupné z: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00892018/document>
- SUCHÝ, P., E. STRAKOVÁ a I. HERZIG. *Nutriční hodnota bezobratlých živočichů a jejich využití ve výživě (současnost a perspektivy)*. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, 2017. Dostupné z: <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/03/Studie-Strakov%C3%A11-hmyz.pdf>
- SÝKORA, P. Výjimka z ochranných podmínek zvláště chráněných živočichů druhu čmelák zemní (*Bombus terrestris*) – dovoz, prodej a souhlas s jejich vypouštěním do volné přírody. In: *Lichoceves* [online]. c2011-2020, 10.7.2017 [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: http://www.lichtoceves.cz/2017/170717_KU_ROZHODNUTI_vyjimka_cmelak.pdf

- ŠEVČÍKOVÁ, M., P. ŠRÁMEK a J. PELIKÁN. Možnosti zvyšování druhové diversity travních porostů a zavádění vybraných druhů píce z čeledi Poaceae a Fabaceae do zemědělské výroby. In: DOTLAČIL, L. a I. FÁBEROVÁ, (ed.) *Genofond zemědělských plodin a jeho využití pro rozšíření agrobiodiversity*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2002, s. 20-29. Dostupné také z: http://genbank.vurv.cz/genetic/nar_prog_rostlin/dokumenty/sbornik2002.pdf
- ŠROT, R. *1000 dobrých rad zahrádkářům*. Vyd. 8. Praha: Brázda, 1996. ISBN 80-209-0257-0.
- ŠVAMBERK, V. *Prostředí a včely: ekologie (nejen) pro včelaře*. Praha: Máj, spolek pro rozvoj včelařství, 2015. ISBN 978-80-88045-01-4.
- 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.
- TITĚRA, D., F. KAMLER, M. KAMLER, a kol. *Využití včelstev v sadech a jiných porostech pro opylování*. Dol: Výzkumný ústav včelařský, s. r. o, 2018. ISBN 978-80-87196-41-0.
- VAEZ-OLIVERA, M. spoluzakladatel a jednatel firmy Polyfly [e-mailová komunikace]. Firma Polyfly, 1.10.2020.
- 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.
- VELTHUIS, H. H. W. a A. VAN DOORN. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*. 2006, **37**(4), 421-451. DOI: 10.1051/apido:2006019. ISSN 0044-8435. Dostupné z: <https://www.apidologie.org/articles/apido/abs/2006/04/m6028/m6028.html>
- VESELÝ, V. a kol. *Včelařství*. Praha: Brázda, 2013. ISBN 978-80-209-0320-0.
- WILKANIEC, Z., K. GJEDASZ a G. PRÓSZYŃSKI. Effect of pollination of onion seed 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 16434439.
- ZYCH, M., J. GOLDSTEIN, K. ROGUZ a M. STPICZYŃSKA. The most effective pollinator revisited: pollen dynamics in a spring-flowering herb. *Arthropod-Plant Interactions*. 2013, **7**(3), 315-322. DOI: 10.1007/s11829-013-9246-3. ISSN 1872-8855. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s11829-013-9246-3>

8 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- KAFFKOVÁ, K., SMÉKALOVÁ, K. a A. VOTAVOVÁ. Hodnocení potravních preferencí u hmyzích opylovatelů: Certifikovaná metodika. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2019. ISBN 978-80-7427-311-7.
- 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.
- PTÁČEK, V. a A. VOTAVOVÁ. *Termínovaný chov čmeláka zemního (Bombus terrestris): uplatněná certifikovaná metodika*. Troubsko: Zemědělský výzkum, 2013. ISBN 978-80-905080-7-1.
- 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: CAROVIČ-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 opylovače. 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 Užitiný 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 Užitiný 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.

Autoři: Ing. Katarína Kaffková, Ph.D.
Ing. Kateřina Smékalová, Ph.D.
Mgr. Alena Votavová, Ph.D.
Ing. Josef Malec

Název: Výběr vhodných opylovatelů minoritních plodin pro semenářskou praxi

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

Náklad: 50 ks

Vydáno v roce: 2020

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

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 2020

© Zemědělský výzkum, spol. s.r.o., 2020

ISBN: 978-80-7427-333-9