

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Čmeláci

Bakalářská práce

Autor práce: Daniela Malátová

Obor studia: Speciální chovy

Vedoucí práce: Ing. Dalibor Titěra, CSc.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 16. 7. 2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Daliboru Titěrovi, CSc. za poskytnuté rady, trpělivost a vstřícný přístup při vedení mé bakalářské práce.

Čmeláci

Souhrn

Tato práce poskytuje základní přehled o rodu *Bombus*. Objasňuje taxonomické zařazení čmeláků do systému živočichů a charakterizuje nejhojnější druhy vyskytující se v České republice. Poskytuje základní informace o způsobu života postupně od solitérní fáze života matky, přes stavbu a vývoj hnízda, rozmnožování pohlavních jedinců až po zánik celé kolonie na konci sezóny. Část práce je věnována potravní biologii, konkrétně vzájemnému vztahu opylovačů a rostlin, způsobu rozhodování čmeláka při pátrání po potravě a co ho ovlivňuje, vzájemné komunikaci mezi jedinci a zpracování předávaných informací nebo využívání smyslů při orientaci. Jako s každým živočichem, jsou také se čmelákem spojeni přirození parazité, škůdci a predátoři. Někteří způsobují nemalé problémy i při laboratorních chovech, někteří napadají hnízda pouze ve vnějším přirozeném prostředí.

Shrnuje také obecné informace o chovu a jeho historii od domestikace čmeláků po objevení způsobu jejich využití v komerční oblasti a s tím spojené problémy s introdukcí nepůvodních druhů a poddruhů. Také je věnován prostor problematice intoxikací insekticidy a porovnání rozdílů v cestách a míře vystavení pesticidům u včel medonosných a čmeláků. V neposlední řadě je zde zahrnuta problematika v posledních letech velmi řešená, a to je úbytek čmeláků v krajině hlavně v souvislosti se změnou její podoby vlivem lidí a je zmíněno několik možných způsobů podpory čmeláčích populací.

Klíčová slova: *Bombus*, potravní biologie, chov, komerční využití, introdukce

Bumblebees

Summary

This work provides a basic overview of the genus *Bombus*. It clarifies the taxonomic classification of bumblebees in the animal system and characterizes the most abundant species occurring in the Czech Republic. It provides basic information about the way of life gradually from the solitary phase of the mother's life, through the construction and development of the nest, the reproduction of sexual individuals, to the extinction of the entire colony at the end of the season. Part of the work is devoted to food biology, specifically the relationship between pollinators and plants, the way the bumblebee makes decisions when searching for food and what affects it, mutual communication between individuals and processing of information or use of senses in orientation. As with any animal, the bumblebee is also associated with natural parasites, pests, and predators. Some cause considerable problems even in laboratory breeding, some attack nests only in the external natural environment.

It also summarizes general information about breeding and its history from the domestication of bumblebees to the discovery of their use in the commercial area and the associated problems with the introduction of nonnative species and subspecies. Space is also devoted to the issue of insecticide intoxication and a comparison of differences in routes and levels of exposure to pesticides in honey bees and bumblebees. Finally, the issue that has been very much addressed in recent years, namely the decline of bumblebees in the landscape, mainly in connection with the change in its appearance due to human influence, and several possible ways to support bumblebee populations are also mentioned.

Keywords: *Bombus*, food biology, breeding, commercial use, introduction

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Taxonomické zařazení čmeláků	3
3.2	Čmeláci v České republice	3
3.2.1	Čmelák zemní (<i>Bombus terrestris</i>)	4
3.2.2	Čmelák hájový (<i>Bombus lucorum</i>).....	4
3.2.3	Čmelák zahradní (<i>Bombus hortorum</i>)	5
3.2.4	Čmelák skalní (<i>Bombus lapidarius</i>).....	5
3.2.5	Čmelák úhorový (<i>Bombus ruderarius</i>).....	6
3.2.6	Čmelák luční (<i>Bombus pratorum</i>)	6
3.2.7	Čmelák rolní (<i>Bombus pascuorum</i>)	7
3.2.8	Čmelák rokytový (<i>Bombus hypnorum</i>)	7
3.2.9	Čmelák lesní (<i>Bombus sylvarum</i>)	8
3.3	Způsob života čmeláků	8
3.3.1	Soliterní fáze života matky	8
3.3.2	Čmeláčí hnízdo	9
3.3.3	Rozmnožování a zánik hnízda	10
3.4	Potravní biologie.....	11
3.4.1	Vzájemná závislost rostlin a opylovačů a její vývoj.....	11
3.4.2	Důležitost potravy pro čmeláky	11
3.4.3	Květinové preference	12
3.4.4	Opylovací schopnost.....	12
3.4.5	Délka sosáku.....	13
3.4.6	Loupení nektaru	13
3.4.7	Komunikace.....	14
3.4.8	Vliv barvy květu	14
3.4.9	Vliv sociální informace na rozhodování čmeláků při opylování.....	14
3.4.10	Čmeláčí paměť a přechod mezi opylovanými druhy rostlin	15
3.4.11	Orientace čmeláků	15
3.4.12	Vliv počasí	16
3.5	Parazité, škůdci a predátoři čmeláků	16
3.5.1	Podříše houby (Fungi Whittaker, 1959)	16
3.5.1.1	Třída hmyzomorky (Microsporidia).....	16
3.5.2	Podříše Eumetazoa Butschli, 1910	17
3.5.2.1	Kmen hlístice (Nematoda Rudolphi, 1808).....	17

3.5.2.2	Kmen členovci (Arthropoda).....	17
3.6	Chov čmeláků	21
3.6.1	Historie chovu	21
3.6.2	Základní popis jednotlivých metod chovu čmeláků.....	21
3.6.2.1	Volné vystavování úlků nebo hnízdních dutin	21
3.6.2.2	Zapletalova metoda chovu čmeláků v úlcích	22
3.6.2.3	Polská metoda chovu čmeláků	22
3.6.3	Laboratorní chov v ČR	22
3.6.4	Laboratorní metody chovu čmeláků	23
3.7	Komerční využití	23
3.8	Problémy s introdukcí nepůvodních druhů a poddruhů čmeláků.....	23
3.8.1	Rizika.....	24
3.8.2	<i>Bombus terrestris audax</i> vs <i>Bombus terrestris dalmatinus</i>	24
3.8.3	Prohlášení IUCN Bumblebee Specialist Group	25
3.8.4	Legislativní opatření v rámci EU.....	25
3.8.5	Závěr	25
3.9	Úbytek čmeláků v evropské krajině.....	26
3.9.1	Příčiny	26
3.9.2	Druhy v Červeném seznamu ohrožených druhů bezobratlých ČR	26
3.10	Problematika intoxikací.....	27
3.10.1	Nejběžněji používané insekticidy	28
3.10.1.1	Neonikotinoidy.....	28
3.10.1.2	Insekticidy na bázi sulfoximinu	28
3.10.2	Vliv na včely medonosné ve srovnání se čmeláky	29
3.10.2.1	Expozice kontaktem nebo vdechováním (inhalací).....	29
3.10.2.2	Orální expozice.....	29
3.10.2.3	Potencionální úroveň expozice pesticidů	30
3.10.2.4	Závěr.....	30
3.11	Způsoby podpory čmeláčích populací.....	31
4	Závěr	32
5	Literatura	33

1 Úvod

Čmeláci patří do početné nadčeledi Apoidea a rodu *Bombus*. Na světě žije přes 300 druhů čmeláků, v České republice jich je pozorováno okolo 30.

Čmeláci jsou vítanými hmyzími návštěvníky na zahradách. Tato obliba u lidí je nejspíše způsobena jejich velikostí, chlupatým a barevným tělem a pomalým i lehce neohrabaným stylem letu doprovázeným uklidňujícím bzučením. Děti je také znají z pohádek, kde jsou ve většině případů vyobrazeni jako milá a roztomilá stvoření. Na rozdíl od včel medonosných také méně často používají žihadlo vůči svému pozorovateli.

O čmelácích se také všeobecně ví, že jsou dobrými opylovači, a proto jejich přítomnost vítají hlavně pěstitelé rostlin. V posledních letech v České republice také stoupl zájem o chov čmeláků, ať už ze strany malopěstitelů pro zvýšení výnosů nebo ze strany lidí, kteří se tomu věnují pro své potěšení. Jelikož je všeobecně známo, že v posledních letech dochází k úbytku hmyzu ve volné přírodě, je takovýto zájem o čmeláky i z řad široké veřejnosti velmi pozitivní.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je shrnutí poznatků týkajících se čmeláků se zaměřením na jejich systematiku, způsob života, potravní biologii, historii chovu, současné metody chovu, komerční využití, transporty a import ze vzdálených lokalit, problematiku intoxikací, nemocí a parazitů.

3 Literární rešerše

3.1 Taxonomické zařazení čmeláků

Říše: živočichové (Animalia Linnaeus, 1758)
Kmen: členovci (Arthropoda Latreille, 1829)
Podkmen: šestinozí (Hexapoda Blainville, 1816)
Třída: hmyz (Insecta Linnaeus, 1758)
Podtřída: křídlatí (Pterygota Lang, 1888)
Infratřída: novokřídlí (Neoptera Martynov, 1923)
Kohorta: hmyz s proměnou dokonalou (Endopterygota Sharp, 1898)
Řád: blanokřídlí (Hymenoptera Linnaeus, 1758)
Podřád: štíhloпасí (Apocrita Gerstäcker, 1867)
Nadčeleď: včely (Apoidea Latreille, 1802)
Čeleď: včelovití (Apidae Latreille, 1802)
Podčeleď: včely (Apinae Latreille, 1802)
Tribus: čmeláci (Bombini Latreille, 1802)
Rod: čmelák (*Bombus* Latreille, 1802) (Zicha, 2020)

3.2 Čmeláci v České republice

Čmeláci jsou ve srovnání s většinou včelích druhů poměrně velcí a většina z nich je pokryta hustou srstí. Díky této kombinaci velikosti a izolace jsou čmeláci endotermní a jsou dobře přizpůsobeni pro činnost v chladných podmínkách (Goulson, 2010). Spolu s blízce příbuznou včelou medonosnou a velikou skupinou samotářských včel jsou v mírném pásmu severní polokoule nejdůležitějšími opylovači většiny hmyzosnubných rostlin. V tropických oblastech je najdeme výjimečně (Ryba et al., 2018).

Ze svého vývojového centra, které leží v Asii, se postupně rozšířili po severní polokouli, především však v mírném pásmu (Ryba et al., 2018). Nacházejí se v celé Evropě, Severní Americe a Asii (Goulson, 2010). Největší druhové zastoupení nalezneme v chladnějších a horských oblastech (Ryba et al., 2018).

V ČR se vyskytuje okolo 30 druhů čmeláků, přičemž mnohé druhy jsou vzácné, ne-li již vyhynulé. Druhové určení podle zbarvení není jednoduché, protože některé druhy mají podobnou barevnou kombinaci a liší se pouze odstíny. Zatímco druhy se ve zbarvení mnohdy překrývají, v rámci jednoho druhu naopak existují různé barevné varianty. Určení také ztěžuje vyblednutí barev na konci léta (Ryba et al., 2018).

U čmeláků rozlišujeme tři kasty: matky – plně vyvinuté velké samičky, které mají žihadlo a jsou schopné se pářit a klást oplozená vajíčka; dělnice – samičky morfologicky stejné jako matky ale menší, které se nejsou schopné pářit, ale mohou klást neoplozená vajíčka; a samci neboli trubci – nemají žihadlo a bývají barevnější, často mají chomáček žlutých chloupků mezi očima (Smékalová et al., 2018).

Mezi nejhojnější čmeláky patří v ČR čmelák zemní (*Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758)), čmelák hájový (*B. lucorum* (Linnaeus, 1761)), čmelák zahradní (*B. hortorum* (Linnaeus, 1761)), čmelák skalní (*B. lapidarius* (Linnaeus, 1758)), čmelák úhorový (*B. ruderarius* (Müller, 1776)), čmelák luční (*B. pratorum* (Linnaeus, 1761)), čmelák rolní (*B. pascuorum* (Scopoli, 1763)), čmelák rokytový (*B. hypnorum* (Linnaeus, 1758)) a čmelák lesní (*B. sylvarum* (Linnaeus, 1761)) (Smékalová et al., 2018).

3.2.1 Čmelák zemní (*Bombus terrestris*)

Samice měří 20-26 mm, dělnice 11-17 mm a samec 14-16 mm. Hlava a sosák jsou krátké. Na předohrudí a 2. tergitu tmavě žlutá páska, na předohrudí samců velmi široká, někdy páska na hrudi chybí, poslední tergity šedobíle ochlupené (Macek et al., 2017).

Jedná se o palearktický druh. Vyskytuje se v celé Evropě, severní Africe, na východ až do Střední Asie, v ČR všudypřítomný (Macek et al., 2017). Hojný na stráních potoků, na loukách, v nížinách, pahorkatinách a podhorských oblastech (Pavelka et Smetana, 2003).

Přezimující samice vyletuje brzy na jaře, někdy už počátkem března, mladé samice a samci v polovině července. Hnízdí v zemi, často až 1,5 m hluboko, využívá zejména obydlí hlodavců a krteků, příležitostně zahnízdí i v různých dutinách těsně pod povrchem půdy, samostatně osidluje i čmeláčí úly (Macek et al., 2017).

Patří k nejčasnějším druhům čmeláků a jeho první potravou je nektar z kvetoucích podbělů, vrb a sasanek. V chladných jarních dnech, kdy včely neopouštějí úly, opyluje ovocné dřeviny. V horách opyluje maliník, borůvky i brusinky a úroda je do značné míry závislá na jeho výskytu a početnosti. Jako jiné druhy patří i čmelák zemní k důležitým opylovačům jetelových kultur. Opyluje také množství dalších rostlinných druhů (Zahradník, 1987).

Čmelák zemní patří mezi nejhojnější čmeláky v České republice (Ryba et al., 2018). Ze všech našich druhů čmeláků vytváří nejpočetnější společenstva – hnízda mohou ukrývat až kolem 600 jedinců (Bellmann, 2015).

Jedná se o velice přizpůsobivý druh, a to z něj spolu s jeho hojností v přírodě vytvořilo skvělého kandidáta pro zemědělské využití. Dnes se chovají i laboratorně a vyprodukovaná hnízda se využívají při opylování skleníků s rajčaty, paprikami, okurkami, pro opylování ovocných plantáží, ovocných sadů, polí s jetely a vojtěškou apod. (Ryba et al., 2018).

Snadný chov čmeláků, relativně krátký reprodukční cyklus a velký počet potomstva jej také předurčuje pro vědecké studie, kde čmelák zemní slouží jako modelový organismus (Ryba et al., 2018).

Jeho sociálním parazitem je pačmelák panenský (*B. vestalis* (Geoffroy, 1785)) (Macek et al., 2017).

3.2.2 Čmelák hájový (*Bombus lucorum*)

Podobný čmeláku zemnímu, od kterého se liší menší velikostí (samice 18-21 mm, dělnice 9-16 mm, samec 14-16 mm), má širší, světle žluté pásy na předohrudí a 2. tergitu zadečku (páska na předohrudí u čerstvých jedinců citrónově žlutá, později vybledlá). Samec

obvykle méně výrazně zbarvený než u *B. terrestris*, téměř vždy se světle zbarvenou hlavou (Macek et al., 2017).

Upřednostňuje lesní louky, paseky, okolí potoků a okraje lesů. Vystupuje do vysokých horských poloh, kde patří k nejhojnějším druhům (Pavelka et Smetana, 2003).

Přezimující samice vylétují od poloviny března, mladí pohlavní jedinci od poloviny července. Často naletuje na rybíz, vlčí bob, hluchavky, ovocné stromy a jehnědy vrb (Macek et al., 2017).

Hnízdí zejména v opuštěných norách hlodavců, přičemž má rád dlouhé přístupové tunely i dosti hluboko v zemi. U nás je všude hojný. Hnízdo tvoří 100–400 jedinců (Ryba et al., 2018).

Sociálním parazitem je pačmelák český (*B. bohemicus* Seidl, 1838) (Macek et al., 2017).

3.2.3 Čmelák zahradní (*Bombus hortorum*)

Samice měří 17-25 mm, dělnice 11-16 mm a samec 13-20 mm. Hlava a sosák velmi dlouhé, líce delší než širší, tělo je černě zbarvené, předozádí, zadní štítek a 1. tergít zadečku okrově až hnědožlutě ochlupené, 5.-6. tergít bílé, žluté pásy mohou být u některých jedinců velmi tmavé.

U nás jej nalezneme téměř všude kromě otevřených odlesněných nížinných biotopů a vysokých horských poloh (Pavelka et Smetana, 2003). Má rád okraje lesů s přilehlými loukami, zahradami a parky (Ryba et al., 2018).

Vylétuje brzy zjara. Matky si hnízdo hledají od půlky dubna do poloviny května. Tvoří menší až střední hnízda (50–120 jedinců). Za příznivých podmínek zakládá i druhou generaci. Hnízda si zakládá v norách hlodavců, ale i opuštěných ptačích hnízdech či v zemědělských a obytných stavbách. Občas zahnízdí i v čmeláčích úlcích (Ryba et al., 2018).

Má velmi dlouhý sosák, který je dlouhý jako jeho tělo (Reichholf-Riehm, 1997). Opyluje tedy rostliny, na které nestačí ani včela, ani jiné druhy čmeláků. Je to významný opylovač jetele a ovocných stromů, velmi rád navštěvuje náprstník, hluchavky, dymnivku, plicník, prvosenku a mnoho jiných rostlin. Tento čmelák se snadno chová v umělých úlech (Zahradník, 1987).

Sociálním parazitem je pačmelák dlouhosrstý (*B. barbutellus* (Kirby, 1802)) (Macek et al., 2017).

3.2.4 Čmelák skalní (*Bombus lapidarius*)

Čmelák skalní je velký druh samice měří 20-24 mm, dělnice 12-16 mm a samec 14-16 mm (Macek et al., 2017). Tělo má černé a na posledních zadečkových člácích jsou červené chlupy, které se vlivem slunečního záření barví do oranžova (Reichholf-Riehm, 1997). Tohoto čmeláka lze snadno zaměnit s menším čmelákem úhorovým (*Bombus ruderarius*), jehož samičky však mají chloupky sběracích košíčků na zadních nohách červené, a ne černé jako čmelák skalní (Ryba et al., 2018).

Jedná se o pozdnější druh. Matky zakládají hnízda od začátku dubna až do konce května (Ryba et al., 2018).

Vyskytuje se v nížinách, středních polohách i vyšších horských oblastech. Má rád otevřená slunečná stanoviště, ale třeba i ovocné sady. Patří k našim hojnějším druhům (Ryba et al., 2018).

Tvoří střední až velká hnízda, kde žije 100–300 jedinců. Hnízdí pod zemí i nad zemí, v puklinách skal, hromadách kamení, v budovách i opuštěných ptačích budkách. Rád se usadí i ve čmelínu (Ryba et al., 2018).

Čmelák skalní spolu s dalšími druhy patří k nejdůležitějším opylovačům jetele. Často přilétá také na rozkvetlý ostružiník, na dymnivku, na různé druhy rostlin brutnákovitých, na smetanku a bodláky (Zahradník, 1987).

Sociálním parazitem je pačmelák cizopasný (*B. rupestris* (Fabricius, 1793)) (Macek et al., 2017).

3.2.5 Čmelák úhorový (*Bombus ruderarius*)

Základní barva celého těla je černá, konec zadečku červenooranžový. Od podobně zbarveného čmeláka skalního se liší kromě světlejšího odstínu konce zadečku také výrazně menší velikostí (samice měří 16-19 mm, dělnice 9-18 mm a samec 12-15 mm (Macek et al., 2017) a červenými chloupky sběracích košíčků na zadních nohách. Matky hledají hnízdiště od konce dubna do konce května (Ryba et al., 2018). Mladé samice vylétují v červenci, samci od poloviny července (Macek et al., 2017).

Hnízdí na povrchu země v suchých trsech trávy, pod mechem a v koulích ze suchého listí. U nás se vyskytuje hlavně v teplých otevřených oblastech nižších a středních poloh. Běžný, i když nepříliš hojný druh. Hnízda čítají 50–100 jedinců (Ryba et al., 2018).

Dělnice vyhledávají různé druhy brutnákovitých, hluchavkovitých i hvězdnicovitých rostlin. Patří i k důležitým opylovačům jetele (Zahradník, 1987).

Sociálním parazitem je pačmelák ladní (*B. campestris* (Panzer, 1801)) (Macek et al., 2017).

3.2.6 Čmelák luční (*Bombus pratorum*)

Malý druh s krátkou hlavou i jazykem (Ryba et al., 2018). Samice měří 15-17 mm, dělnice 9-14 mm a samec 11-13 mm (Macek et al., 2017). Jeho základní černá barva je doplněna žlutým proužkem na hrudi a na začátku zadečku (někdy mohou proužky chybět, častěji na zadečku). Konec zadečku je zpravidla oranžovočervený. Matky hnízdí od počátku března do poloviny dubna. Pohlavní jedinci se líhnou už na přelomu května a června a rodina končí svůj vývoj velmi brzy. Při hnízdění dává přednost vlhčím oblastem na okraji lesů a na pasekách. Jedná se spíše o horský a podhorský druh, proniká již však i do nížin. Celkově je u nás stále hojný. Hnízda najdeme vzácně pod zemí v opuštěných norách, ale zpravidla hnízdí na zemi či nad zemí v travních drnech, starém listí, dutinách zdí nebo pod střechami budov. Poměrně rád osidluje čmeláčí úly. Hnízdo tvoří 80–150 jedinců (Ryba et al., 2018).

Obývá vlhčí biotopy, světlé lesy, louky a pastviny. Jedná se o podhorský a horský druh (Macek et al., 2017). V teplých nížinách se vyskytuje jen v zalesněných inverzních údolích (Pavelka et Smetana, 2003).

Po jarním probuzení matek společně s dvěma dalšími časnými druhy – čmelákem zemním a čmelákem zahradním, sedají na jehnědy jívy a sbírají a požírají pyl. Vyhledávají i rozkvetlé čemeřice, prvosenky, dymnivky a plicník. Během léta zastihneme tyto čmeláky na růžokvětých (včetně ovocných stromů), hluchavkovitých, brutnákovitých i hvězdicovitých rostlinách (Zahradník, 1987).

Sociálními parazity jsou pačmelák lesní (*B. sylvestris* (Lepelletier, 1832)) a pačmelák ladní (*B. campestris*) (Macek et al., 2017).

3.2.7 Čmelák rolní (*Bombus pascuorum*)

Je poměrně drobný, samice měří 15-18 mm, dělnice 9-15 mm a samec 12-17 mm (Macek et al., 2017). Na hřbetě je žlutočerveně zbarvený, na přední části zadečku šedě a vzadu opět žlutočerveně ochlupený. Hruď se světle hnědým kožíškem, šedý zadeček se světle hnědou špičkou (Bellmann, 2015).

Matky hledají místo k založení hnízda od konce března do konce dubna. Hnízda jsou svou velikostí menší až střední (60–150 jedinců). Za příznivých podmínek může hnízdo žít až do podzimu. Hnízda si zakládá v norách hlodavců, ale někdy také na povrchu v hromádce mechu či trávy. Nezřídka zahnízdí i v čmeláčích úlcích. Čmelák rolní patří k hojným druhům našich čmeláků. Je přizpůsobivý a vyskytuje se od nížin, přes střední polohy až do vyšších poloh v otevřených i remízkovitých oblastech (Ryba et al., 2018).

Vyniká svou mírnou nekonfliktní povahou a patří v Evropě k nejhojnějším druhům. Najdeme ho i v krajině silně ovlivněné člověkem, kde jsou jiné druhy velmi vzácné (Ryba et al., 2018).

Ještě s dalšími druhy patří čmelák polní k významným opylovačům jetele. Zjara se vyskytuje často v zahradách na kvetoucích narcisech, na loukách na dymnivce, v lesích na sasankách a plicníku apod. K vyhledávaným rostlinám patří orlíčky, náprstníky, keře pámelníku, také jíva, hluchavka bílá a vlaštovičník (Zahradník, 1987).

Sociálním parazitem je pačmelák ladní (*B. campestris*) (Macek et al., 2017).

3.2.8 Čmelák rokytový (*Bombus hypnorum*)

Jedná se o středně velký druh se středně dlouhým jazykem (Ryba et al., 2018). Samice měří 17-22 mm, dělnice 8-18 mm a samec 14-16 mm (Macek et al., 2017). Celá hruď je hnědá, hnědooranžová, někdy zcela černá, konec zadečku šedobílý nebo hnědobílý (Ryba et al., 2018).

Matky hnízdí počátkem až koncem dubna, a to nad zemí v horských smrčinách a na okrajích lesů, v parcích a zahradách, také v puklinách zdí a skal, pod střechami, v kůlnách i stodolách. Jde o nejčastější druh čmeláka hnízdícího v opuštěných ptačích budkách. Nyní se také častěji než dříve vyskytuje v nižších polohách. Stále ještě poměrně hojný druh, i když ne všude. Hnízdo vytváří 80–400 jedinců. Mladé matky během sezóny často zakládají i druhou generaci potomstva (Ryba et al., 2018).

Sociálním parazitem je pačmelák norský (*B. norvegicus* (Sparre-Schneider, 1918)) (Macek et al., 2017).

3.2.9 Čmelák lesní (*Bombus sylvarum*)

Malý druh, samice 16-18 mm, dělnice 10-15 mm a samec 12-16 mm (Macek et al., 2017). Jazyk a hlava dlouhé, hrud' vespod žlutavě šedá nese vpředu a vzadu světlý šedý nebo hnědožlutý proužek, uprostřed je tmavě černohnědá. Začátek zadečku je světlešedě až žlutavě ochlupený, s černými, nejasně ohraničenými proužky, konec zadečku pak světle oranžově plstnatý, se světlými konci (Ryba et al., 2018).

Matky hledají hnízdiště od půlky dubna do počátku června. Druhové jméno tohoto čmeláka je zavádějící, protože je vázán na otevřené biotopy a uzavřeným lesům se vyhýbá (Ryba et al., 2018). Obývá parkovou krajinu, louky, zahrady, lesní okraje, výrazně preferuje teplá slunná stanoviště. V ČR hojný v nižších a středních polohách. Hnízdí v myších hnízdech, ale také na povrchu v trsech vegetace, pod travními drny (Macek et al., 2017). Hnízdo vyprodukuje 80–150 jedinců (Ryba et al., 2018).

Čmelák lesní přilétá s oblibou do květů hluchavek, šalvěje, dobromysli, chrastavce, chrpy, bodláku, pcháče, patří rovněž k opylovačům jetele (Zahradník, 1987).

3.3 Způsob života čmeláků

Jelikož je život čmeláků vázán na kvetoucí rostliny, v přírodě je nacházíme pouze ve vegetační době, kdy na květech mohou sbírat nektar a pyl, kterým se živí dospělí jedinci i larvy v hnízdě (Ptáček, 2008).

V průběhu roku můžeme pozorovat změnu ve velikosti čmeláků. Brzy na jaře létají jedinci, kteří jsou robustní, poté se objeví velmi drobní, postupně se zvětšují, až v létě a k podzimu spatříme opět čmeláky větších rozměrů nebo dokonce stejně velké jako na jaře. Jedná se o vnější projev jejich specifického způsobu života (Ptáček, 2008).

Většina druhů mírného pásma zakládá jednoleté kolonie s jedinou plodnou samicí a několika generacemi dělnic. Severské druhy, vzhledem k nepříznivým podmínkám produkují jednou generaci dělnic před tím, než na konci sezony vyprodukují několik málo pohlavních jedinců. Naproti tomu tropické druhy mohou mít kolonie víceleté (Macek et al., 2017).

3.3.1 Solitérní fáze života matky

Oplozené samice se probouzí z hibernace na konci zimy nebo na jaře. Načasování se mezi druhy značně liší. Některé druhy se poprvé objevují na začátku února nebo března, jiné až v květnu nebo červnu (Goulson, 2010).

Po probuzení ze zimního spánku se budoucí matka živí nektarem z jarních květů a také se často vyhřívá na slunci. Jakmile nabere sílu, začne konzumovat i pyl, což umožní rozvoj jejich vaječnicků. Asi po týdnu až 10 dnech začne poletovat nízko nad zemí a hledat místo vhodné ke hnízdění (Ptáček, 2008).

Podle toho, o který druh čmeláka se jedná, vyhledávají samice vhodné místo pro založení nového hnízda. Můžou to být přirozené dutiny v zemi, na chráněných místech v mechu,

v dutinách stromů, pařezech, opuštěných norách hlodavců a ptačích hnízdech (Macek et al., 2017).

Místo ke hnízdění musí poskytovat nejen ochranu před nepohodou a nepřáteli, ale především dostatek vhodného tepelně izolujícího materiálu (jemný mech, tráva, srst, listí, peří), v němž by matka mohla postavit prvotní hnízdní buňku a který by i později sloužil k tepelné ochraně rozvíjející se rodiny. Na pečlivém výběru místa pro hnízdění závisí osud budoucího společenstva, protože čmeláci jednou založené hnízdo s plodem již neopustí. Nedovedou se vyrojit a uhnízdit jinde jako některé druhy včel (Ptáček, 2008).

3.3.2 Čmeláci hnízdo

Samice vhodné místo vyčistí, urovná a stěny potáhne vrstvou vosku, ze kterého zhotoví i medový zásobník jako zásobárnu nektaru pro dobu inkubace vajíček. Nektar používá i ke zpevnění stěny hnízda a ke zlepšení jejích termoizolačních vlastností, vosk často mísí s pryskyřicí a pylem. Samice uhněte ze směsi pylu a nektaru bochník, na který vyklade 8-16 vajíček, pylový bochník spolu s vajíčky překryje voskovou vrstvou a tím vznikne plodová buňka (Macek et al., 2017).

Plodovou buňku, stejně jako později larvy a kukly, pak matka pečlivě zahřívá. Položí se přes ně a udržuje konstantní teplotu své tělní tekutiny (hemolymfy) na úrovni 29-30°C. Energii k tomu získává konzumací nektaru z medového džbánečku. Potřeba energie bývá tak velká, že obsah medového džbánečku jí vydrží sotva do druhého dne, a proto musí prakticky denně bez ohledu na počasí vylétnout a zásobu potravy obnovit (Ptáček, 2008).

Do týdne se z vajíček vylíhnou larvy, které se živí na pylovém bochníku, zatímco samice pokračuje v sezení a krmí se ze zásob nektaru, které si sama připravila. S růstem larev samice rozšiřuje i voskový kryt. Vzhledem k nerovnoměrnému růstu larev – larvy na okraji bochníku rostou pomaleji – nabývá bochník postupně nepravidelného hroudovitého tvaru. Po spotřebování pylu z bochníku samice larvy pravidelně přikrmuje – do plástve prokouše otvor a z volete vydává směs pylu a medu individuálně larvám přímo do úst (Macek et al., 2017). U jiných druhů ukládá matka pylové bochničky do zvláštní voskové kapsy, kterou ze strany přistavila k plodové buňce a která směřuje pod vyvíjející se plod. V ní se larvy samy pylem přikrmují (Ptáček, 2008).

Ke konci larválního vývoje si každá larva utvoří zámotek – kokon, ve kterém se promění v kuklu. Během zdánlivě klidného stádia kukly proběhnou velké změny larválních tkání v orgány dospělého hmyzu. Kukly nepřijímají potravu, avšak potřebují teplo, má-li se proměna zdárně dokončit (Ptáček, 2008).

V této době vypadá plod jako hrozen kuliček se žlábkem uprostřed, kam se matka při zahřívání plodu pokládá. Jakmile se larvy prvního kladení zapředou, matka vosk z kokonů seškrabe a založí v pořadí druhou plodovou buňku, do níž položí opět několik vajíček. Buňka se nachází na jednom ze dvou vyvýšených míst plodového žlábků. Zatímco matka pečlivě zahřívá kukly, dostane se tepla i vajíčkům, z nichž se přibližně po 3-4 dnech vylíhnou larvy. Ty nyní matka musí opět krmit. V této době pak založí na protější straně plodového žlábků třetí plodovou buňku nebo řádek buněk. Sotva se však z těchto vajíček vylíhnou larvy, již se

prokusují první dělnice z nejstaršího plodu, Jejich vývoj od vajíčka trvá 22 až 23 dnů, v závislosti na příslušnosti k druhu a teplotních poměrech se může zčásti zkrátit nebo prodloužit (Ptáček, 2008).

Výletem prvních dělnic končí počáteční fáze života matky na jaře. Do té doby se mnoho matek stane obětí nepřátel (Ptáček, 2008). Po vylíhnutí prvních dělnic už matka hnízdo neopouští a věnuje se pouze kladení vajíček a péči o potomstvo (Ryba et al., 2018)

Od této chvíle se růst hnízda zrychluje, hnízdo může zvýšit svou hmotnost až 10krát během 3–4 týdnů. Je odchováno několik dalších generací dělnic, ale výsledná velikost hnízda se mezidruhově velmi liší (Goulson, 2010).

Líhnou se dělnice různé velikosti. Některé z nich vykonávají službu mimo hnízdo, jiné jsou převážně uvnitř, specializovanou kastou jsou komorné, které pečují o matku. Příležitostně kladou neoplozená vajíčka i dělnice, z nich se však líhnou jen samci. Samice po vylíhnutí dělnic odstraní voskový kryt a jeho materiál znovu použije ke stavbě nových plodových buněk. Nektar čmeláci ukládají do prázdných kokonů a pyl do voskových buněk. Hnízdo kryje svrchu vrstva vosku, u povrchových hnízd je zde navíc vrstva mechu a suché trávy. Teplota hnízda je udržována asi na 30 °C, výměnu vzduchu zajišťují každé ráno u vchodu hlídající dělnice vířením křídel (Macek et al., 2017).

Příslušnice téže kolonie se rozpoznávají podle specifického pachu. Kastovní hierarchie v kolonii je udržována vzájemným agresivním chováním dělnic, přičemž dominantní jedinci mají lépe vyvinuté vaječníky (Macek et al., 2017).

3.3.3 Rozmnožování a zánik hnízda

Pokud hnízdo dosáhne dostatečné velikosti, přepne se na chov samců a mladých matek (Goulson, 2010). Samci hned opouštějí hnízdo a připravují se na páření – buď vyčkávají před vchodem do hnízda nebo si značkují sekrety kusadlových žláz svá teritoria, jež pravidelně kontrolují patrolačními lety po přesně vymezených letových drahách (Macek et al., 2017). Samice po několika dnech od vylíhnutí opouští své rodiště, aby se spářily s nepříbuznými samci. Matky se páří až na výjimky pouze s jedním trubcem (Ryba et al., 2018). Samec totiž po páření vypouští do pohlavního traktu samice speciální tuhou hmotu uzavírající vstup do pohlavního otvoru (Macek et al., 2017). Trubci se však mohou pářit vícekrát (Ryba et al., 2018).

Vláda matky nad hnízdem pomalu končí a dělnice se začínají bouřit (tzv. switch-point) (Ryba et al., 2018). Nadále sice pečují o veškeré larvy v hnízdě, ale začnou také zápasit mezi sebou i s vlastní matkou o možnost klást svá vlastní neoplozená vajíčka, ze kterých se rovněž líhnou samci. Dochází k vzájemným fyzickým atakům, kradení a požívání cizích vajíček. Toto období může trvat různě dlouho a setrvává až do zániku hnízda v létě nebo na podzim. Někdy v této fázi stará matka umírá. Dělnice mohou ještě několik týdnů existovat a udržovat hnízdo (Bučánková et Ptáček, 2012), poté však umírají a hnízdo nakonec úplně zanikne (Macek et al., 2017).

Mladé matky si vytváří velké tukové zásoby. Jsou zaznamenány případy, kdy v hnízdě ještě pomáhali s péčí o plod. Přesto však, až se dostatečně nakrmí nektarem a pylem, opouštějí hnízdo natrvalo, aby se na nadcházející zimu ukryly v zemi a přečkaly v zimním spánku

(hibernaci) do jara. Toto místo se nazývá hibernákulum a nachází se zpravidla několik centimetrů pod zemí (Ryba et al., 2018).

Množství mladých, správně oplozených a úspěšně přezimovaných matek, přímo ovlivňuje sílu čmeláčí populace v dalším roce (Smékalová et al., 2018).

3.4 Potravní biologie

3.4.1 Vzájemná závislost rostlin a opylovačů a její vývoj

Klíčovou záležitostí v ekologii čmeláků je vztah čmeláků k rostlinám a obráceně (Pavelka et Smetana, 2003). Vzájemný vztah rostlin a opylovačů se vyvíjel přibližně 100 milionů let (Goulson, 2010).

Pro rostliny, které se samy nemohou pohybovat, je klíčovou otázkou zabezpečení přenosu samčích pohlavních buněk mezi jedinci stejného druhu. U primitivnějších nahosemenných rostlin přenos pylu obstarává vítr. Je jasné, že přenos pylu větrem je sám o sobě velmi neefektivní a rostliny proto musí produkovat pyl ve velkém množství (například naše jehličnany). Se stoupající druhovou diverzitou a vzdáleností mezi rostlinami stejného druhu se poměr větrem úspěšně dopravených pylových zrn na místo určení dále snižuje (Pavelka et Smetana, 2003).

Vznik krytosemenných rostlin je spojen se vznikem a vývojem selektivnějších mechanismů přenosu pylu, než je vítr. Ke svému opylování využívají krytosemenné rostliny různé druhy živočichů, zejména hmyz. V průběhu vývoje došlo ke vzniku řady opylovacích mechanismů (Pavelka et Smetana, 2003).

Za přenos svých pylových buněk původní krytosemenné rostliny opylovačům platily částí pylu, kterou opylovači zkonsumovali (Pavelka et Smetana, 2003). Původní kantarogamie, se postupně schopností květu tvořit nektar zefektivnila a rostliny tak k sobě začaly přitahovat i další druhy hmyzu (Smékalová et al., 2018).

Postupem vývoje došlo mezi rostlinami a jejich hmyzími opylovači ke vzniku řady vzájemných adaptací. U včelovitých se jedná hlavně o přeměnu původního kousacího ústrojí na sosák (Pavelka et Smetana, 2003). Jednotlivé druhy rostlin si vytvořily celý systém upozornění pro přilákání opylovačů. V průběhu evoluce se postupně zvětšovala velikost květů nebo si vyvinulo jejich uspořádání do květenství, a tím se staly nápadnějšími. Vytvořila se celá řada barev a vůní květů, efektivita opylování byla u některých druhů zvýšena i přizpůsobením tvaru květů či jednotlivých částí na míru konkrétním opylovačům (Smékalová et al., 2018).

3.4.2 Důležitost potravy pro čmeláky

Čmelák má na rozdíl od jiného hmyzu značnou energetickou spotřebu. Je těžký, velký, má vzhledem ke své hmotnosti malou plochu křídel (Macek et al., 2017). Spalováním nektaru čmelák získává energii k pohybu. K tomu, aby mohl létat musí udržovat svou tělesnou teplotu v optimálním rozmezí 35-39 °C bez ohledu na teplotu okolí. Čmeláčí hnízdo je také nesmírně nákladná záležitost. Nesmí vychladnout (Pavelka et Smetana, 2003). Teplota hnízda je

udržována asi na 30 °C, výměnu vzduchu zajišťují každé ráno u vchodu hlídkující dělnice vířením křídel (Macek et al., 2017).

3.4.3 Květinové preference

Suroviny (nektar a pyl), které musí čmeláci shromáždit jsou různě rozptýleny v prostoru. Pro jejich shromáždění musí vynaložit značné množství energie a pokud je doba potřebná k jejich nalezení a manipulaci s každou květinou příliš dlouhá nebo odměna příliš malá, jedná se o čistou ztrátu zdrojů a energie. Matka, která učiní špatná rozhodnutí začne rychle hladovět a neefektivní dělnice vyčerpají shromážděné zdroje ostatními jedinci. Proto si čmeláci vyvinuli řadu chování, která zlepšují efektivitu pátrání po potravě (Goulson, 2010).

Rozdělení odměn je v čase a prostoru nepředvídatelné. Jednotlivé rostlinné druhy i samotné rostliny otevírají své květy v různých denních dobách i různých měsících. Samotné množství odměn za květ se liší i na jednotlivých rostlinách stejného druhu kvůli genetickým a enviromentálním vlivům. Mnoho rostlinných druhů také skrývá své produkty různým způsobem a dostanou se k nim pouze opylovači, kteří jsou k tomu morfologicky uzpůsobeni např. dostatečnou hmotností nebo dostatečnou délkou sosáku. Mnoho květů, se kterými se tak jedinec setká nemusí mít zrovna žádnou odměnu anebo částečně, či úplně nepřístupnou (Goulson, 2010).

Většina čmeláků má flexibilní květinové preference a podle dostupnosti navštíví řadu květin různých druhů rostlin (Goulson, 2010). Z pohledu rostlin se však značná část pylu ztratí tím, že jej univerzální opylovači přenesou na jiné rostlinné druhy, proto pro ni nebude výhodné poskytovat čmelákům velké množství nektaru. Pokud je však rostlina specializovaná na jediný druh opylovače, vytváří relativně málo pylu, ale produkuje hodně koncentrovaný nektar a tím zvyšuje pravděpodobnost přilákání vhodného opylovače (Pavelka et Smetana, 2003).

Jsou známy tři druhy čmeláků, kteří jsou téměř zcela závislí na rostlinném rodu či druhu alespoň v některých jejich populacích nebo místech výskytu (*B. consobrinus* Dahlbom, 1832, *B. gerstaeckeri* Morawitz, 1881, *B. brodmannicus* Vogt, 1909). Tyto druhy mají jednu společnou charakteristiku a tou je fakt, že se jedná o vysokohorský druh. Tím pádem mají tyto druhy krátkou dobu trvání kolonie, což jim pravděpodobně umožňuje specializaci (Goulson, 2010).

3.4.4 Opylovací schopnost

Opylovací schopnosti různých druhů hmyzích opylovačů se liší. Příčinou je rozdílná stavba různých květů, stejně jako rozdílná morfologie různých druhů opylovačů. (Smékalová et al., 2018).

Čmeláci, kteří mají delší sosák než většina druhů včel, jsou na rozdíl od nich schopni opylovat i květy, u kterých se pohlavní orgány i nektar nacházejí v dlouhé květní trubce (plicník lékařský, mydlice lékařská, bukvice lékařská, některé druhy šalvějí aj.). Schopnost opylování však u různých druhů hmyzu závisí i na jejich potravní preferenci související s oblibou květů, které danému hmyzu poskytují nektar a pyl o určitém složení. Množství a vzájemný poměr

různých druhů cukrů (glukóza, fruktóza, sacharóza aj.) a zvláště obsah tuků, bílkovin, vitamínů a minerálů v pylu má na složité vztahy rostlin a hmyzích opylovačů, resp. opylovací schopnost hmyzu také vliv (Smékalová et al., 2018).

Čmelák potřebuje k úspěšnému obslužení květu určitý čas a ten je dán dvěma faktory, tréninkem (učením) a vztahem mezi délkou sosáku a délkou květní trubky. Čmelák potřebuje jistou dobu k tomu, aby na nově objeveném zdroji potravy v podobě jinak (nezvykle) utvářených květů získal dokonalost (Pavelka et Smetana, 2003).

3.4.5 Délka sosáku

Čmeláčí druhy se mohou dělit do třech skupin podle délky sosáku (krátký, střední a dlouhý sosák). Různě velcí jedinci téhož druhu mají různě dlouhé sosáky což dále zjemňuje rozvrstvení délek. Tak mohou čmeláčí společenstva efektivně využívat celé spektrum přítomných rostlin, aniž by si vzájemně překáželi. (Pavelka et Smetana, 2003).

Délka sosáku čmeláka a délka květní trubky rostliny určují snadnost, s jakou čmelák získá nektar z květu. Čas potřebný k obslužení květu je nejkratší, pokud si délka sosáku a hloubka květu vzájemně odpovídají. Čmeláci s dlouhým sosákem na mělkých květech jsou stejně neefektivní jako čmeláci s krátkým sosákem na květech hlubokých (Pavelka et Smetana, 2003). Čmeláci proto vykazují preference pro rostlinné druhy, u kterých délka květní trubky odpovídá délce sosáku (Graham et al., 2012).

3.4.6 Loupení nektaru

Vztah mezi rostlinami a jejich opylovači je vzájemný, ale i u těchto vztahů může docházet k podvádění, a to v případě, že si jeden z organismů vyvine schopnost získat kýžený prospěch, aniž by to prospělo organismu druhého. V případě hmyzu a flóry existuje pravděpodobně pouze malý tlak na hmyz, aby se eliminovala jejich opylovací služba, kterou poskytují, protože přenášení pylových zrn mezi rostlinami není náročná činnost. Pokud je to však možné, hmyz si najde způsob, jak snadno získat potravu z květů, aniž by došlo k opylení (Goulson, 2010).

Díky souvislosti mezi délkou sosáku a květní trubky během opylování by se zdálo, že čmelákům s krátkým sosákem je nektar v hlubokých květech zcela nepřístupný. Ale není tomu tak. Používají totiž fintu, jak se dostat k nektaru hlubokých květů. Prokousnou květní trubku. Tím mohou odsát nektar, aniž by květ opylili. Zvláště *B. terrestris*, *B. lucorum* a hlavně *B. wurfleini* Radoszkowski, 1859 často používají tento způsob získávání potravy. Jimi vyrobené otvory pak využívají i včely, ostatní druhy čmeláků a další hmyz (Pavelka et Smetana, 2003). Jsou dva druhy loupění nektaru, primární a sekundární. Primární loupění spočívá ve vykousnutí otvoru do květu a sekundární v použití již existujícího otvoru (Sowig, 1989).

Loupení nektaru jsou mnohem častěji vystaveny květy rostoucí ve skupinách než ty, které rostou izolovaně (Sowig, 1989). U velkých shluků rostlin je hustota květů dostatečně vysoká, aby byl umožněn dostatečný výnos (Sowig, 1989).

3.4.7 Komunikace

Čmeláci spolu neumí komunikovat tak dokonale jako včely. Ukázalo se však, že čmeláci si také dokáží předávat informace o potravě. Úspěšné dělnice po návratu stráví až několik minut pobíháním na povrchu hnízda (Dornhaus et Chittka, 2001). Zároveň dochází z uvolňování feromonu z 5. až 7. tergitu (Dornhaus et al., 2003). To stimuluje ostatní dělnice, aby opustili hnízdo a hledali zdroj stejné květinové vůně (Goulson, 2010).

Dělnice v hnízdě reagují odlišně v souvislosti na kvalitě přinášeného nektaru a je pravděpodobnější, že ho poletí hledat, pokud je bohatý na cukr. Jejich rozhodnutí také závisí na aktuálních zásobách nektaru v hnízdě. (Goulson, 2010).

3.4.8 Vliv barvy květu

Čmeláci vrozeně preferují konkrétní barvy květů, zejména fialové a modré odstíny. Je to ale proměnlivé na úrovni kolonií či určitých jedinců (Jones et al., 2015), nebrání jim to však v tom navštěvovat i květy jiných barev. Navíc bylo při různých pokusech zjištěno, že hmyz vnímá barvy jinak než lidé (Smékalová et al., 2018). Vnímají totiž i paprsky ultrafialového záření a tím se liší škála barev vnímaná hmyzem od té lidské. Okvětní lístky mnoha květů mají navíc skvrny nebo pruhy viditelné pouze ultrafialovým světlem. Je to považováno za důležité při napomáhání opylujícímu hmyzu zaměřit se na květiny. Často se vyskytují na bázi okvětních lístků pro zvýraznění středu květiny nebo kolem pohlavních orgánů (Primack, 1982).

Čmeláci se mohou rychle naučit spojovat konkrétní barvy a vůně s odměnami a rozlišovat mezi květinami s různými kvalitami odměňování. Čmeláci také používají sociální informace v různých kontextech. Jsou také přitahováni přítomností dalších včel na květinách. Navíc se učí květinové vůně, kterým byli vystaveni v úlu. Mají proto přístup k široké škále sociálních informací s potenciálem ovlivnit rozhodnutí o hledání potravy (Jones et al., 2015).

3.4.9 Vliv sociální informace na rozhodování čmeláků při opylování

Rozhodování čmeláků při hledání potravy mohou být ovlivněna vrozenými preferencemi, předchozími individuálními zkušenostmi a sociálními informacemi (Jones et al., 2015).

Jones et al. (2015) se zaměřili na využívání těchto informací čmeláky, konkrétně jak kolísání kvality odměn za určitou barvu květu ovlivňuje využívání sociálních informací. Nejprve cvičili dělnice, aby si spojovaly barvu květu s nízkou (20%) koncentrací sacharózy nebo s vysokou (50%) koncentrací. Posléze jim byly nabídnuty květy s alternativní barvou a také k nim byly přidány dělnice s informací o této barvě květu a bylo zkoumáno, zda dojde k využití nové informace a ke změně jejich chování při sběru potravy.

Jedinci, kteří neměli žádnou předchozí zkušenost nebo měli zkušenost s nízkými odměnami využívali významně sociální informaci, pokud se alternativní barva shodovala s vrozenou barevnou preferencí. Jedinci, kteří však měli individuální zkušenost s vysokými odměnami, setrvali v navštěvování těchto květů bez ohledu na vrozenou preferenci. Ukázalo

se tedy, že individuální zkušenost jedinců se zdroji potravy ovlivňuje využívání sociálních informací, ale důležitou úlohu mají i vrozené preference barev (Jones et al., 2015).

V přírodě se však čmeláci potýkají s širší škálou možností a dalšími smyslovými podněty jakou jsou různé tvary a vůně květů. I tyto informace ovlivňují výsledné rozhodnutí při pátrání po potravě (Jones et al., 2015).

3.4.10 Čmeláci paměť a přechod mezi opylovanými druhy rostlin

Čmeláci při sběru navštěvují různé květiny. Mohou navštěvovat několikrát po sobě stejný druh a poté letí na úplně jiný. Konstantní lety, při kterých navštěvují rostliny stejného druhu jsou častější než přechodové lety, kdy dojde ke změně cílového druhu (Raine et Chittka, 2007).

Raine a Chittka (2007) zkoumali, zda má takovýto přechod na jiný druh vliv na čas potřebný k manipulaci s daným květem. Výsledky této studie ukazují, že průměrná doba manipulace s květem se v důsledku změny druhu nezvýšila. V případě této studie se čmeláci museli naučit nejméně tři různé sady manipulačních dovedností. K tomuto závěru dospěli i (Dukas et Real, 1993).

V úvahu se musí také brát fakt, že byly vybrány rostliny s relativně jednoduchou morfologickou stavbou květu. U květin s komplexnější nebo neobvyklou morfologií se však může projevit zpoždění při vybavování motorických dovedností (Raine et Chittka, 2007), to potvrzují také výsledky studie (Gegeer et Laverty, 1998).

Stálost opylovaných květů je nejspíše určena omezenou pamětí čmeláků. Omezením však není nedostatek kapacity pro ukládání signálů různých druhů květin nebo postupů manipulace v dlouhodobé paměti. Velmi pravděpodobné je však omezení kapacity krátkodobé paměti, kde jsou několik vteřin drženy informace o naposledy navštívených květech. V krátkodobé paměti jsou informace drženy 1-2 vteřiny. S tímto uchovaným obsahem interagují podněty přicházející z vnějšího prostředí. Pokud dojde ke shodě signálů, je velká pravděpodobnost, že čmelák navštíví tuto rostlinu. Po odeznění uchovaných signálů v krátkodobé paměti se zvyšuje pravděpodobnost přechodu na jiný druh květiny (Raine et Chittka, 2007).

Dalším vysvětlením změny druhu navštěvovaných květin může být například reakce na nízké odměny nebo záměr vyhnout se oblasti s již prázdnými květy. (Raine et Chittka, 2007).

Pokud však dojde ke změně druhu rostliny, čmeláci se obecně častěji přesunou k obyčejným než vzácným druhům (Raine et Chittka, 2007).

3.4.11 Orientace čmeláků

Co se týká zraku čmeláků, jsou schopni vidět ultrafialovou barvu, nevidí však červenou (Pavelka et Smetana, 2003).

Pokud nemají možnost využít k orientaci zrak, významnou roli hraje čich (Chittka et al., 1999). Čichem rozeznávají nejen vůně květů, vlastní pachové značky, které jim pomáhají

lokalizovat zdroje potravy (Pavelka et Smetana, 2003), ale i se díky tomu mohou dostat zpět do hnízda (Chittka et al., 1999).

Čmeláci však mají i další nevizuální schopnosti, které jim pomáhají s orientací. Jisté je, že mají určitý druh vnitřního měření vzdálenosti. Jednou z možností je to, že hodnotí spotřebu paliva během letu měřením napětí v jejich žaludku. Mohlo by také docházet k měření doby letu nebo počtu podniknutých kroků během cesty. Při světle mohou tímto způsobem doplňovat vizuální hodnocení dráhy letu (Chittka et al., 1999).

3.4.12 Vliv počasí

Podle pozorování Peat a Goulson (2005) má počasí na rychlost hledání potravy (při sběru nektaru) značně omezený vliv. Při vysoké vzdušné vlhkosti byla doba letu kratší. Pravděpodobně nízká vlhkost vystaví rostliny vodnímu stresu a tím se sníží produkce nektaru, ale zároveň dochází k rychlejšímu odpařování vody z něj a tím se zvyšuje koncentrace živin. Z toho vyplývá, že i když se dělnice vrací do úlu lehčí, koncentrace cukru je však pravděpodobně vyšší.

Vliv počasí na sběr pylu je však větší. Čmeláci inklinují k jeho sběru hlavně v teplých, větrných dnech s nízkou vlhkostí (Peat et Goulson, 2005) a primárně uprostřed dne (Goulson, 2010). Dělnice nesbírají pyl, je-li vegetace mokrá při ranní rose nebo po dešti nebo je-li vysoká vzdušná vlhkost pravděpodobně proto, že pyl je po styku s vodou lepivý (Peat et Goulson, 2005).

3.5 Parazité, škůdci a predátoři čmeláků

Čmeláci jsou napadáni v různých fázích svého životního cyklu různorodým množstvím parazitů, škůdců a predátorů (Goulson, 2010). V přírodních podmínkách představují tyto organismy důležitý regulační mechanismus, v chovem to však může být závažný problém (Pavelka et Smetana, 2003). Nevyskytuje se však u nich žádná plošná, a tak závažná choroba jako např. varoáza u včel medonosných (Ryba et al., 2018).

3.5.1 Podříše houby (Fungi Whittaker, 1959)

3.5.1.1 Třída hmyzomorky (Microsporidia)

3.5.1.1.1 *Nosema bombi* Fantham & Porter 1914

Nosema bombi je velmi podobná hmyzomorci *Nosema apis* Zander, která parazituje na včelách. (Pavelka et Smetana, 2003).

Spory *N. bombi* jsou širší a delší než *N. apis*. Roztahuje a paralyzuje zadeček matky, způsobuje průjmy a znesnadňuje páření. Silně nakažené matky nemohou přezimovat a umírají. Při mírnějším nakažení můžou hibernaci přežít, dochází však k opožděnému založení kolonie a zpomaluje se její růst. Navíc dochází k dřívějšímu úmrtí matky během vývoje hnízda, než je tomu u zdravých matek (Cankaya et Kaftanoglu, 2006).

3.5.2 Podříše Eumetazoa Butschli, 1910

3.5.2.1 Kmen hlístice (Nematoda Rudolphi, 1808)

3.5.2.1.1 *Sphaerularia bombi* Dufour, 1837

Nechvalně známý parazit *Sphaerularia bombi* parazituje na matkách čmeláků. K nakažení matky dochází z půdy v úkrytu, kde přezimuje, a to hned na počátku jejího zimního spánku. Velikost parazita se postupně zvětšuje a téměř celé jeho tělo je vyplněné vajíčky. Na jaře se vylíhnou larvičky a uvolní se do hemolymfy matky (Pavelka et Smetana, 2003).

Tento hlíst zásadně ovlivňuje matku. V důsledku jeho přítomnosti v těle se matce nevyvíjí vaječníky, mění se její hormonální rovnováha a také chování (Pavelka et Smetana, 2003). Dochází také k zastavení růstu tělíska corpora allata (Macfarlane et al., 1995). Matka se stane sterilní a ztratí pud pro založení hnízda. Při pátracích letech matky nerozeznáme napadenou matku od zdravé. Rozdíl je vidět až v době, kdy matky sbírají potravu pro zabezpečení potomstva. Zdraví jedinci létají čile, zatímco napadené matky létají stále nízko a pomalu. Poté co si matka v létě vyhledá vhodné místo pro přezimování, larvy parazita se z jejího těla uvolní do půdy a dochází k úhynu matky. (Pavelka et Smetana, 2003).

3.5.2.2 Kmen členovci (Arthropoda)

3.5.2.2.1 Řád roztoči (Acarina Baraud, 1965)

V hnízdech čmeláků žije velmi rozmanitá fauna roztočů. Většinou zde působí jako komezálkové. Mezi skutečné parazity čmeláků patří roztoč *Locustacarus buchneri* Stammer, 1951 (Ryba et al., 2018).

3.5.2.2.1.1 *Locustacarus buchneri*

Tento roztoč cizopasí ve vzdušnicích čmeláků, čímž znesnadňuje dýchání a tím i běžné životní funkce (Ptáček, 2008). Samice roztoče přezimují uvnitř těl matek. Svými ústy naruší tracheální stěnu hostitele a živí se jeho hemolymfou. Když se matka stane aktivní, samice se vyvinou vaječníky a snáší vajíčka (Cankaya et Kaftanoglu, 2006). *L. buchneri* nemusí mít nutně silný vliv na vývoj kolonie, nakažená matka je totiž schopna přežít i dva měsíce, může ale dojít k dřívějšímu úmrtí v průběhu stavby hnízda. Pokud dojde k nakažení i ostatních čmeláků v hnízdě, projeví se to průjmy (Macfarlane et al., 1995).

3.5.2.2.2 Řád škvoři (Dermaptera DeGeer, 1773)

Známý, pro zahrady obecně užitečný hmyz. Do čmeláčích úlů však někdy vniká zřejmě proto, aby tam hledal ochranu. K jeho ničivé činnosti může dojít u slabších hnízd, kdy je schopen zlikvidovat všechny čmeláčí plod (Ryba et al., 2018).

3.5.2.2.3 Řád brouci (Coleoptera Linnaeus, 1758)

3.5.2.2.3.1 *Antherophagus nigricornis* (Fabricius, 1787)

Jedná se o drobného hnědého broučka, který na jaře číhá na květech na čmeláky, přichytí se na jejich nohu či tykadlo a tímto způsobem je zaneseni do hnízda. Naklade tam vajíčka, z nichž se vyvinou nažloutlé larvičky. Živí se pravděpodobně zbytky pylu, takže většinou působí jako komenzál, ale při jeho nedostatku může konzumovat vosk z buněk, případně napadat i plod (Ryba et al., 2018).

Největší nebezpečí představují pro matku v solitérní fázi vývoje, kdy broučci či jejich larvičky vnikají v nově zakládaném hnízdě do prvních buněk s vajíčky či s prvními čmeláčími larvami. Matka pak často svůj plod natrvalo opustí (Ryba et al., 2018).

3.5.2.2.4 Řád motýli (Lepidoptera Linnaeus, 1758)

3.5.2.2.4.1 Zavíječ čmeláčí (*Aphomia sociella* (Linnaeus, 1758))

Hlavní ničitel čmeláčích chovů je tento drobný noční motýl (Ryba et al., 2018). Můry jsou našedivělé s hnědými až černými znaky (Sladen, 1912).

Samička v dubnu až srpnu vnikne za tmy do čmeláčího hnízda a naklade tam shluky miniaturních vajíček. Postupně se vyvinou v až 3 cm dlouhé nažloutlé, velmi pohyblivé a světloplaché housenky (Ryba et al., 2018). Housenky tohoto motýla patří mezi nejničivější parazity čmeláčích hnízd (Sladen, 1912). Zpočátku zůstávají larvy ve skupinách a živí se odpadem, v pokročilejších vývojových stadiích housenky zavíječe požírají v čmeláčím úlu vše kromě teplodržného materiálu, tedy voskové buňky i s vajíčky, larvy čmeláků, ale i mrtvé čmeláky. V pozdější fázi napadení hnízda zavíječem začne aktivita čmeláků pomalu slábnout a místo stále větších dělnic, jak tomu bylo dosud, vyletují dělnice menší (ty větší už natrvalo opustily úl), třebaže matka a některé dělnice po nějaký čas ještě v úlu setrvávají, a dokonce vyletují za potravou (Ryba et al., 2018). Poté housenky zapředou čmeláčí hnízdo bílou pevnou hedvábnou hmotou (Bučánková et Ptáček, 2012). V tomto okamžiku je již hnízdo zcela zničené a veškerý čmeláčí plod, vosk i zásoby zavíječem zkonsumovány. Nakonec se housenky nastěhují nahoru pod kryt úlu a ve vzájemné blízkosti se zapředou do bílých zámotků pevně přimknutých ke stěně. Tam se až na jaře zakuklí a později se z nich líhnou dospělí motýli, kteří úl opustí a po oplodnění nastoupí dráhu nových ničitelů. Jakmile tito škůdci jednou napadnou hnízdo, je odsouzeno k záhubě (Ryba et al., 2018).

Zejména u časnějších čmeláčích druhů se značným počtem jedinců v hnízdě (čmelák zemní, čmelák rokytový a čmelák skalní) nebo u hnízd, která mají dostatek potravy (zejména pylu) a vyprodukují dostatek vosku pro housenky zavíječe, může dojít k vyprodukování nových matek a trubců (Ryba et al., 2018).

Při chovu zatím není žádná jiná spolehlivá ochrana kromě mechanických zábran připevněných u vchodu do úlu (Ptáček, 2008). Principem fungování ochranné klapky je skutečnost, že čmelák je schopen svým robustním tělem při vstupu do úlku přizvednout klapku a vlézt dovnitř. Pro drobného motýla zavíječe je toto příliš obtížné a klapku vlastním tělem nezvedne (Ryba et al., 2018).

3.5.2.2.5 Řád dvoukřídlí (Diptera Linnaeus, 1758)

3.5.2.2.5.1 Čeled' masařkovití (Sarcophagidae Macquart, 1834)

3.5.2.2.5.1.1 *Brachicoma devia* (Fallén, 1820)

Tato moucha se vzhledově podobá mouše domácí. Čmelákům škodí tak, že vnikne do čmeláčího úlu a klade svoje larvy (nikoliv vajíčka) na larvy čmeláků v jejich voskovém obalu. Larvy této mouchy jsou až 1,5 cm dlouhé, bílé a skoro hladké. Když se čmeláčí larva zapředě v kokon, začne ji larva mouchy vysávat, až ji usmrtí (Ryba et al., 2018). Poté kokon opustí a zakuklí se v koutě hnízda (Ptáček, 2008). Po 2-3 týdnech se vylíhnou dospělé mouchy a opustí úl. Při velkém napadení může dojít až k úplné likvidaci hnízda, obvykle však dojde pouze k jeho oslabení (Ryba et al., 2018).

Jedná se o významného škůdce v laboratorních chovech (Ptáček, 2008).

3.5.2.2.5.2 Čeled' pestřenkovití (Syrphidae Samouelle, 1819)

3.5.2.2.5.2.1 Pestřenka čmeláková (*Volucella bombylans* (Linnaeus, 1758))

Tato moucha svým vzhledem dokonale napodobuje čmeláky (Ryba et al., 2018). Také se často vyskytuje na květech rostlin, které navštěvují i čmeláci. Pokud je jedinec uchopen do prstů, vydává stejný bzučivý zvuk jako čmelák a tím způsobuje strach z bodnutí (Sladen, 1912).

Její vajíčka nakladená v úlu jsou poměrně velká, tvrdá a jsou pevně přilepena k podkladu (Ryba et al., 2018). To způsobuje lepkavá látka na povrchu vajíček po naklazení, která rychle na vzduchu tvrdne (Sladen, 1912). Larvy má dvoucentimetrové s řadou ostnů na těle a bradavičnatými hrbolky na břiše. V čmeláčím úlu se živí především odpadem a mrtvými čmeláky, ale pokud toho není dostatek, může zřejmě napadat i živé larvy. Když dospějí, opouštějí larvy úl a zakuklí se venku pod blízkými kameny (Ryba et al., 2018).

3.5.2.2.6 Řád blanokřídlí (Hymenoptera)

3.5.2.2.6.1 Čeled' včelovití (Apidae)

3.5.2.2.6.1.1 Podrod pačmeláci (Psithyrinae)

K sociálnímu parazitismu jsou zcela přizpůsobeni pačmeláci. Vazba na hostitele je obvykle velmi těsná, zpravidla je každý druh specializován na určitý druh hostitele. (Macek et al., 2017). Svým vzhledem jsou velice podobní danému druhu čmeláka, proto jsou pro laika velmi obtížně rozlišitelní (Ryba et al., 2018). Pačmelák napodobuje konkrétní druh čmeláka i chemickými signály (Macek et al., 2017).

Samicím chybí sběrací košíček a voskové žlázy a nevytváří se kasta dělnic. Charakteristickými znaky jsou silná kusadla, pevná kutikula a silné, nahoru zahnuté žihadlo (Macek et al., 2017).

Matky pačmeláků opouštějí zimoviště později než matky čmeláků (Ryba et al., 2018). Po období úživného žíru, kdy jim dozrají ve vaječnicích vajíčka (Macek et al., 2017), létají podobně jako čmeláci při zemi, obvykle proti větru a pátrají po pachu čmeláčího hnízda. Najde-li samička vhodný druh vnikne dovnitř (Ptáček, 2008). V tuto dobu je již čmeláčí hnízdo v rozvinuté fázi vývoje. Po adaptaci na prostředí hostitelského hnízda hostitelskou samici

nejčastěji zabijí nebo si ji podřizují (Macek et al., 2017). Někdy se pačmeláčí matka vloudí do čmeláčího úlu tak obratně, že přijme osobitý pach hnízda a je přijata čmeláčí matkou i dělnicemi do rodiny (Ryba et al., 2018). Samice otevírají nakladené hostitelské plodové buňky a likvidují vajíčka a na jejich místo kladou vajíčka vlastní. Larvy pačmeláků jsou však zcela odkázány na péči hostitelských dělnic (Macek et al., 2017). V hnízdě již bývá vylíhnuto první nebo druhé pokolení dělnic a další jsou ve stádiu kokonů a larev (Ptáček, 2008). Samice pačmeláků mají vyšší produkci vajíček a rychlejší vývoj plodu. Pohlavní jedinci se rovněž líhnou dříve než u hostitele (Macek et al., 2017). Protože pačmeláci požírají pouze vajíčka, a nikoliv larvy či kukly čmeláků, rodí se někdy v takovém úlu při jeho pozdějším napadení kromě samiček a samečků pačmeláků v menším množství i matky a samečkové čmeláků (Ryba et al., 2018).

Při chovu lze venkovní úlky před invazí pačmeláků chránit zúžením vletového otvoru na 8 mm, dokud se nevyvine dostatek dělnic a období letu pačmeláků nepomine. Jeden úzký otvor bývá totiž v početných hnízdech málo. (Ptáček, 2008).

3.5.2.2.6.2 Čeleď Eulophidae Westwood, 1829

3.5.2.2.6.2.1 *Melittobia acasta* (Walker, 1839)

Jedná se o drobnou, tmavou, pouhým okem sotva viditelnou vosičku (Ptáček, 2008). Většinou se setkáme s partenogenetickými samičkami, samečkové jsou vzácní. Samička po vniknutí do hnízda naklade desítky až stovky vajíček do některé z čmeláčích kukel, kterou předem inaktivuje. Vylíhlé larvy kuklu zkonzumují, uvnitř se zakuklí a po 12–14 dnech skrz kuklu vylézají z mrtvého kokonu čmeláka nové samičky (Ryba et al., 2018). Tyto samičky poté napadají sousední kokony (Ptáček, 2008). Čmeláčí hnízda se přestanou rozvíjet a obrovské množství vylíhnutých chalcidek zaplaví úl (Ryba et al., 2018) a poté začnou rozletovat do okolí (Ptáček, 2008). V tomto stádiu je hnízdo odsouzeno k zániku (Bučánková et Ptáček, 2012). Někdy zdatná matka nebo i dělnice dobře chránící hnízdo dovedou zlikvidovat líhnoucí se parazitoidy v počáteční fázi napadení (Ptáček, 2008).

M. acasta spolu se zavíječem čmeláčím patří k nejnebezpečnějším parazitů při laboratorních chovech (Ryba et al., 2018). Dostává se tam spolu s hnízdou, která se vyvíjela venku, nebo nedostatečně zabezpečenými okny, větracími otvory a vstupy do chovných místností (Ptáček, 2008).

3.5.2.2.6.3 Čeleď mravencovití (Formicidae Latreille, 1809)

Mravenci škodí v hnízdech tím, že kradou cukerné (medové) zásoby a mohou také požírat čmeláčí larvy (Ryba et al., 2018). Dokáží hnízdo oslabit nebo zcela zničit (Bučánková et Ptáček, 2012). Často jsou tak obtížní, že dospělí jedinci čmeláků hnízdo zcela opustí (Ryba et al., 2018). Někdy dochází k tomu, že mravenci ucpou vletový otvor a čmeláci se nedostanou ven a uhynou. Poté dochází k úplné likvidaci hnízda mravenci (Pavelka et Smetana, 2003).

3.6 Chov čmeláků

3.6.1 Historie chovu

Význam čmeláků jako opylovačů mnoha rostlinných druhů je znám již po staletí, avšak možnostmi jejich chovu za účelem zlepšení a zvýšení výnosů v zemědělství se začali vědci zabývat až později (Komzáková, 2010).

V první polovině 20. století probíhali první pokusy, které spočívaly pouze v chovu v úlkách ve volné přírodě v blízkosti přírodní vegetace nebo polí. Začátkem druhé poloviny 20. století se řada vědců zaměřila na zlepšení založení hnízda. Do klece nebo skleníku vysadili vhodné rostliny jako potravní zdroj pro čmeláky a umístila tam i hnízdní budky. Poté, co se samice probudily z hibernace, byly umístěny do tohoto umělého prostředí. Řada matek tyto podmínky přijala a založily kolonie. Později byly hnízdní boxy přeneseny na pole. (Velthuis et Van Doorn, 2006). Až v roce 1961 švýcarský vědec E. Horber zjistil, že když zimující matky přenesou do osvětlené místnosti a zvýší teplotu prostředí na 30 stupňů, probudí to matky z hibernace a začnou hnízdit. Základ laboratorního chovu byl na světě (Bučánková et Ptáček, 2012).

Někdy okolo roku 1985 zkusil belgický veterinář R. de Jonghe čmeláky použít ve skleníku pro opylování rajčat. Ta se v té době musela opylovat ručně, což bylo velmi náročné i nákladné a výsledky nebyly optimální. Použití čmeláků přineslo rekordní zisky na trhu, následované obrovskou poptávkou po čmelácích (Bučánková et Ptáček, 2012). V roce 1987 Dr. de Jonghe založil společnost Biobest pro komerční chov čmeláků. Další rok ho následovali v Holandsku a poté další země různě po světě (Velthuis et Van Doorn, 2006). Nyní se na světě ročně vyprodukuje kolem milionu kolonií čmeláků, a to převážně čmeláka zemního (*Bombus terrestris*) a *B. impatiens*. Tyto druhy vytvářejí početné kolonie a nejlépe se přizpůsobují laboratorním podmínkám. V České republice se již od 60. let zabývá laboratorním chovem čmeláků Vladimír Ptáček z Masarykovy univerzity v Brně, který je uznávanou vědeckou osobností v této oblasti výzkumu u nás i v zahraničí (Komzáková, 2010).

3.6.2 Základní popis jednotlivých metod chovu čmeláků

3.6.2.1 Volné vystavování úlů nebo hnízdních dutin

Je to metoda nejméně náročná, ale také nejméně spolehlivá (Pavelka et Smetana, 2003).

Důležitý je výběr lokality pro zakopání nebo vyvěšení budky. Čmeláci se tam musí přirozeně vyskytovat, aby došlo k jejímu osídlení. Uvnitř musí být vhodný teplodržný materiál, například surová bavlna, jemně rozcupovaná krejčovská vlna nebo nastříhaný mech (Pavelka et Smetana, 2003).

Budky mohou být z libovolného materiálu, pokud zachovají uvnitř vhodné mikroklima pro hnízdo. Nejdostupnějším takovým materiálem je dřevo, které však ve vlhkém prostředí rychle podléhá zkáze (Pavelka et Smetana, 2003).

Rozměr budek může být libovolný, většinou vyhovuje 20 x 20 x 20 cm až 25 x 25 x 25 cm. Přívodní chodbička spojující hnízdo s okolím může být dlouhá 20-50 cm, průměr mít 2 cm. Je výhodné, pokud k hnízdu nevede přímo (Pavelka et Smetana, 2003).

Nejlepší čas pro instalaci budky je časně na jaře (Pavelka et Smetana, 2003).

3.6.2.2 Zapletalova metoda chovu čmeláků v úlcích

Matku pro tuto metodu chovu odchytíme pouze takovou, která si hledá hnízdo. V úlku ji uvězníme na 1 až 3 dny, česno úlku otevíráme vždy po setmění. Nesmíme zapomenout dát do úlku roztok medu ve vhodné nádobce eventuálně i hrudku pylového těsta. Každé tři dny po setmění opatrně kontrolujeme, zda je matka uvnitř pomocí poklepání nebo jemného pohnutí výplní kdy posloucháme, jestli zabučí. Pokud se matka neozve, kontrolu opakujeme následujícího dne. Pokud se ani pak neozve, vyměníme náplň, úlek vyvětráme a můžeme ho zkusit osadit novou matkou (Pavelka et Smetana, 2003).

3.6.2.3 Polská metoda chovu čmeláků

Úlek s matkou je umístěn v izolátoru nad záhonem hluchavek. Hluchavky musí být v plném květu, nejlépe pokud jsme jejich záhony založili v předchozím roce. Izolátor, který zabraňuje matce v úniku, tvoří klec o rozměrech 1 x 1 x 1 m. Úlek je na stojánku jako při chovu Zapletalovou metodou. Pokud matka nechce úlek osídlit, uzavřeme ji tam do večera a česno po setmění uvolníme (Pavelka et Smetana, 2003).

Poté, co se vylíhnou první dělnice, klec odstraníme. Pokud chceme čmeláky držet pod klecí i nadále, musíme klec přemístit na přehlednější místo a její okraje musíme zapustit do země. Čmeláky v tomto případě musíme neustále krmit roztokem cukru, který dáváme do krmítka do klece. Pyl dáváme do hnízda přímo na plodové buňky (Pavelka et Smetana, 2003).

Záhony hluchavek nevydrží dlouho na tomtéž místě. Vždy po dvou letech hluchavky přesadíme na nové místo a původní záhony zaořeme (Pavelka et Smetana, 2003).

3.6.3 Laboratorní chov v ČR

Nejstarší a největší chov čmeláků v ČR se nachází v prostorách Zemědělského výzkumu, spol. s r.o. v Troubsku. Dochází zde i ke komerčnímu chovu a každoročnímu prodeji stovek nových hnízd pro soukromé využití. Chovatelský program je zaměřen na domácí poddruh čmeláka zemního (*Bombus terrestris terrestris*) (Smékalová et al., 2018).

Životní cyklus čmeláků v laboratorních podmínkách se nijak výrazně neliší od toho přirozeného, pouze není striktně vázán na střídání ročních období a také odpadá např. hledání potravy, zimoviště nebo hnízdní dutiny. Nejlépe zvládnutý je chov čmeláka zemního, ale metodika jeho chovu se s menšími úpravami zkouší aplikovat i na některé další druhy (Komzáková, 2010).

Nejdůležitější a nejobtížnější fází chovu v laboratorních podmínkách je období od vytvoření voskové buňky a naklazení prvních vajíček samičkou po vychování prvních dělnic. Jakmile se v hnízdě objeví dělnice, kritická fáze je většinou překonána a kolonie se úspěšně

rozzrůstá (Komzáková, 2010). Dalším úskalím je zimování matek v laboratorních podmínkách. Důležitá je také ochrana před parazity. V laboratorních chovech je největší problém se zavíječem čmeláčím a vosičkou *Melittobia acasta* (Komzáková, 2010).

3.6.4 Laboratorní metody chovu čmeláků

Čmeláci jsou chováni v uzavřeném prostoru v termostatu. Základním problémem všech metod laboratorního chovu je stimulace matek. Matka je v omezeném prostoru, sama od sebe začne hnízdit jen výjimečně. Existuje několik metod, kterými je možné matku přimět k založení hnízda. Nejúčinnější metoda, která se často využívá v komerčních chovech je přidání včelí mladušky. Čmeláci matku umístíme do vhodné nádoby (plocha dna okolo 100 cm²), kterou vybavíme krmítkem (napáječkou), hrudkou pylového těsta a kouskem včelího vosku vymodelovaného do tvaru medového džbánečku. K samičce přidáme 3-5 včelích mladušek a nádobu umístíme do termostatu, kde udržuje určité vhodné prostředí. Při dodržení určitých hygienických podmínek a dalšího postupu dojde k úspěšnému zahnízdění matky. Po vylíhnutí prvních dělnic umístíme hnízdo do vhodnější chovné nádoby (Pavelka et Smetana, 2003).

3.7 Komerční využití

Čmeláci jsou důležitými opylovači mnoha zemědělských plodin. Jejich schopnost přizpůsobit se omezenému prostoru skleníků je v současné době široce využíván při pěstování desítek plodin (např. rajčat, paprik, okurek, cuket, drobného ovoce atd.). O čmeláci hnízda má zájem i široká veřejnost. Lidé je využívají na svých zahradách pro opylení i pro podporu místní populace opylovačů (Dobeš et al., 2020).

Zájem o komerčně chované čmeláky pro využití při pěstování rajčat byl již od začátku vysoký. Opylování čmeláky bylo i v minulých dobách levnější než mechanický způsob. Také lze dobře sledovat množství čmeláky navštívených květů, je na nich totiž viditelný vykousnutý otvor. Používání přirozených opylovačů vede k vyšší kvalitě a vyššímu výnosu plodiny. Čmeláci totiž navštěvují květ v tu nejhodnější chvíli jeho vývoje, při dřívějším mechanickém opylování tomu však tak nebylo. Další kladným důsledkem využívání čmeláků pro opylování rostlin je redukce použití pesticidů kvůli jejich přítomnosti a pro prodloužení jejich života (Velthuis et Van Doorn, 2006).

3.8 Problémy s introdukcí nepůvodních druhů a poddruhů čmeláků

Bombus terrestris je důležitým opylovačem a díky zdařilé domestikaci je nyní hojně používán pro komerční účely (Stabler et al., 2015). V evropské přírodě žije mnoho poddruhů. Ve většině západní Evropy je původní *B. terrestris terrestris*, zatímco ve Velké Británii a Irsku se přirozeně vyskytuje endemický *B. terrestris audax*. Poddruhem, se kterým se nejvíce obchoduje je *B. terrestris dalmatinus*, nejčastěji se dováží z Řecka a Turecka (Goulson, 2010).

Jedná se o závažný problém, který se objevil v souvislosti s komerčními chovy čmeláků a jejich rozvážením po zeměkouli bez ohledu na místní druhy a poddruhy čmeláků (Pavelka et Smetana, 2003).

3.8.1 Rizika

Existuje několik rizik spojených s introdukcí poddruhů čmeláků do míst, kam nepatří. Jedním z nejvýznamnějších možných důsledků je vytěšňování původních opylovačů, ať už místního poddruhu čmeláka nebo ostatního hmyzu. Odčerpávají jim nektar a také jsou konkurenty v obsazování hnízdních dutin. Druhým velmi vážným rizikem je potencionální snížená životaschopnost místních populací čmeláků kvůli křížení s nepůvodními druhy (Pavelka et Smetana, 2003).

Invazivní nepůvodní druhy čmeláků představují pro původní druhy různá rizika, včetně: konkurence, hybridizace vedoucí ke ztrátě lokálně přizpůsobených ekotypů a zavádění nepůvodních chorob včel. Existují důkazy o tom, že paraziti z komerčních čmeláků mohli být nevratně zavlečeni nebo rozšířeni v Japonsku, Severní Americe a Jižní Americe, což může mít značný dopad na domorodé čmeláky (IUCN, 2020).

3.8.2 *Bombus terrestris audax* vs *Bombus terrestris dalmatinus*

Tato problematika se týká Velké Británie a Irska, kde je původním čmelákem *B. t. audax* a dováženým *B. t. dalmatinus* (Ings et al., 2006).

Ings et al. (2006) provedli přímé ekologické srovnání mezi dováženými koloniemi pro komerční využití a původními koloniemi *B. terrestris* žijícími ve volné přírodě ve Velké Británii. Porovnávali množství nasbíraného nektaru a produkci nových samic a samců na pěti vybraných lokalitách, kdy na každou z nich bylo umístěno jedno hnízdo od obou poddruhů.

Hodnocení úspěšnosti sběru nektaru proběhlo podle třech kritérií. První kritérium bylo množství nektaru doneseného kolonií za hodinu, druhé množství nektaru přinesené jedincem za jeden let a třetím délka sběracího letu. Komerční kolonie byly výrazně úspěšnější ve sběru nektaru než kolonie původní (Ings et al., 2006).

Z pohledu produkce pohlavních jedinců byly nepůvodní kolonie taktéž úspěšnější. Všechny kolonie vyprodukovaly samce a zde nebyl zaznamenán žádný výrazný rozdíl v jejich počtu mezi danými poddruhy. Lišil se ovšem počet narozených matek. Všem nepůvodním koloniím se podařilo vyprodukovat alespoň jednu mladou samici, zatímco ze všech hnízd původního poddruhu se to podařilo pouze dvěma. Hnízda původního druhu tak vyprodukovala celkem pouze 5 mladých samic, zatímco hnízda nepůvodního druhu vyprodukovala celkem 173 mladých samic (Ings et al., 2006).

Bylo ukázáno, že dovážení čmeláci *B. terrestris dalmatinus* jsou schopni ve Velké Británii přežít a dobře se rozmnožovat i mimo prostředí skleníku (Ings et al., 2006).

B. t. dalmatinus je přizpůsobený pro život ve středozemním podnebí, takže má kratší chlupy na těle než *B. t. audax*. Podle všeho jim to v teplém prostředí pomáhá zvyšovat tepelné ztráty, ale při introdukci můžeme z tohoto důvodu očekávat jisté problémy s adaptací na

chladné a vlhké přírodní podmínky v novém prostředí (Peat et al., 2005). Owen (2015) však uvádí, že po aklimatizaci mají tyto dva poddruhy podobné rozmezí teplotní tolerance na chlad, proto může být schopen *B. t. dalmatius* konkurovat poddruhu *B. t. audax* v britském klimatu, a to vyvolává obavy o budoucnosti *B. t. audax*.

Další potencionální hrozbou je ztráta genetické rozmanitosti na poddruhové úrovni. Pokud se *B. t. dalmatinus* zkříží s místními poddruhy, jako je *B. t. audax*, pak bude ztracena integrita *B. t. audax* a nakonec se mohou všechny poddruhy *B. terrestris* sloučit do jediné homogenní populace. V testech v klecích se *B. t. audax* a *B. t. dalmatius* snadno zkřížili a vyprodukovali životaschopné potomky. Při výběru partnera však upřednostňují jedince stejného poddruhu (Goulson, 2010).

3.8.3 Prohlášení IUCN Bumblebee Specialist Group

Převzato z IUCN (2020).

Celosvětový obchod s čmeláky za účelem opylení plodin, zejména s evropským druhem *Bombus terrestris* a severoamerickým druhem *Bombus impatiens*, vedl k jejich introdukci daleko od jejich původních oblastí.

IUCN BBSG se domnívá, že obchod a použití čmeláků pro opylování by se mělo řídit zásadami pro předcházení neúmyslného poškození. Komerční druhy a poddruhy čmeláků by měli být chovány a používány v jejich původních oblastech. Všichni čmeláci pro komerční využití by měli být důkladně vyšetřeni na přítomnost parazitů chovateli i nezávislými kontrolními orgány.

Invazivní nepůvodní druhy čmeláků představují pro původní druhy různá rizika, včetně: konkurence, hybridizace vedoucí ke ztrátě lokálně přizpůsobených ekotypů a zavádění nepůvodních chorob včel. Existují důkazy o tom, že paraziti z komerčních čmeláků mohli být nevratně zavlečeni nebo rozšířeni v Japonsku, Severní Americe a Jižní Americe, což může mít značný dopad na domorodé čmeláky. Pokud mají být čmeláci použiti k podpoře opylovačů ve volné přírodě, měly by být použity pouze původní druhy nebo geograficky vhodné poddruhy. Veškeré využití čmeláků ve sklenících by mělo být kontrolováno, aby se vyloučilo riziko úniku.

3.8.4 Legislativní opatření v rámci EU

Veterinární požadavky na přepravu čmeláků v rámci Evropské unie jsou popsány v Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2020/692 ze dne 30. ledna 2020, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/429, pokud jde o pravidla pro vstup zásilek některých zvířat, zárodečných produktů a produktů živočišného původu do Unie a jejich přemísťování a manipulaci s nimi po vstupu.

3.8.5 Závěr

Ačkoli dochází k úbytku populací čmeláku v mnoha regionech světa, komerční využití čmeláků by měla respektovat přítomnost původních druhů a vyhnout se tak možnému

narušení místního ekosystému (Dobeš et al., 2020). I ostatní poddruhy *B. terrestris* lze také snadno chovat, takže se lze vyhnout nutnosti dovážet *B. t. dalmatinus* (Goulson, 2010).

Ings et al. (2006) také upozornili na to, že hrozbou pro přirozenou rovnováhu ekosystému nemusí být pouze invazivní druh, ale že i nepůvodní poddruhy jsou potencionálním rizikem.

3.9 Úbytek čmeláků v evropské krajině

Pokles početnosti čmeláků v evropské krajině potvrzuje Williams a Osborne (2009) a Vereecken (2017). Je to také doprovázeno i změnami druhové diverzity. Ačkoliv některé druhy zůstávají relativně hojné (např. *B. terrestris*, *B. lapidarius*, *B. pascuorum*), jiné se staly vzácností a mnohým dokonce hrozí vyhubení (*B. distinguendus* Morawitz, 1869, *B. muscorum* (Linnaeus, 1758), *B. pomorum* (Panzer, 1805)) (Komzáková, 2010).

3.9.1 Příčiny

Urbanizace, zemědělská intenzifikace a změna klimatu ovlivňují podobu krajiny. Pro čmeláky je zásadní změna rozlohy a složení porostů rostlin. Prostorová a časová dostupnost různorodých rostlin se považuje za důležitý faktor pro udržení čmeláků v krajině (Cameron et Sadd, 2020). Monokultury a velké osevní plochy tedy znamenají pro čmeláky ztrátu potravních zdrojů. Přílišná kultivace krajiny také omezuje možnosti hnízdění a zimování čmeláčích matek. Nedostatek hnízdišť se ve střední Evropě (na rozdíl od severní Evropy) většinou jako limitující faktor neuvádí, v některých oblastech však může být nedostatek vhodných hnízdišť pro čmeláky omezujícím prvkem (Pavelka et Smetana, 2003). Fauna čmeláka v EU zahrnuje mnoho vysoce ohrožených druhů, které se vyznačují relativně úzkou rozlohou a často se omezují na vysokohorská stanoviště s vysokou nadmořskou výškou, u nichž lze očekávat, že hrozby současného i budoucího globálního oteplování budou zvláště závažné (Vereecken, 2017). Například minimální nadmořská výška *Bombus alpinus* (Linnaeus, 1758) se od roku 1984 zvýšila o 479 m, zatímco horní mez se nezměnila (Biella et al., 2017).

Nevhodné vypalování mezí a stařiny ničí podle ročního období přezimující matky nebo jejich hnízda, likviduje možnost hnízdění a nepříznivě ovlivňuje rostlinnou skladbu ve prospěch jednoletých rostlin (Pavelka et Smetana, 2003).

3.9.2 Druhy v Červeném seznamu ohrožených druhů bezobratlých ČR

V následující tabulce je srovnání zařazených druhů čmeláků do Červeného seznamu ohrožených druhů bezobratlých v roce 2005 (Farkač et al., 2005) a v roce 2017 (Hejda et al., 2017).

Druh	Kategorie IUCN 2005	Kategorie IUCN 2017
------	---------------------	---------------------

<i>Bombus argillaceus</i> (Scopoli, 1763) (čmelák temný)		DD
<i>Bombus armeniacus</i> Radoszkowski, 1877 (čmelák Pallasův)	RE	DD
<i>Bombus confusus</i> Schenck, 1859 (čmelák klamavý)	VU	CR
<i>Bombus cryptarum</i> (Fabricius, 1775) (čmelák podvojný)	CR	DD
<i>Bombus distinguendus</i> (čmelák zdobený)	VU	EN
<i>Bombus fragrans</i> (Pallas, 1771) (čmelák obrovský)	RE	RE
<i>Bombus haematurus</i> Kriechbaumer, 1870 (čmelák balkánský)		DD
<i>Bombus humilis</i> Illiger, 1806 (čmelák proměnlivý)	VU	
<i>Bombus jonellus</i> (Kirby, 1802) (čmelák drobný)		VU
<i>Bombus laesus</i> Morawitz, 1875 (čmelák stepní)		DD
<i>Bombus magnus</i> Vogt, 1911 (čmelák větší)	CR	CR
<i>Bombus mesomelas</i> Gerstäcker, 1869 (čmelák sličný)	RE	RE
<i>Bombus mocsaryi</i> Kriechbaumer, 1877 (čmelák Mocsaryův)		RE
<i>Bombus muscorum</i> (čmelák mechový)	CR	CR
<i>Bombus pomorum</i> (čmelák ovocný)	VU	CR
<i>Bombus pyrenaeus</i> Pérez, 1880 (čmelák pyrenejský)		VU
<i>Bombus ruderatus</i> (Fabricius, 1775) (čmelák humenní)	EN	CR
<i>Bombus semenoviellus</i> Skorikov, 1910 (čmelák tajgový)	CR	
<i>Bombus sidemii</i> Radoszkowski, 1888	RE	
<i>Bombus sicheli</i> Radoszkowski, 1859 (čmelák Sichelův)	RE	CR
<i>Bombus soroensis</i> (Fabricius, 1777) (čmelák sorojský)		NT
<i>Bombus subterraneus</i> (Linnaeus, 1758) (čmelák pruhovaný)	VU	EN
<i>Bombus veteranus</i> (Fabricius, 1793) (čmelák písečný)	CR	CR
<i>Bombus wurflenii</i> (čmelák širolebý)	VU	VU

Kategorie IUCN

RE – vyhynulý nebo vyhubený v určité části světa (Regionally Extinct)

CR – kriticky ohrožený (Critically Endangered)

EN – ohrožený (Endangered)

VU – zranitelný (Vulnerable)

NT – téměř ohrožený (Near Threatened)

DD – druh, o němž jsou nedostatečné údaje (Data Deficient)

3.10 Problematika intoxikací

Intenzivní způsob zemědělství má za následek také zvýšenou potřebu používání pesticidů pro hubení škůdců (Cameron et Sadd, 2020). Čmeláci mohou být vystaveni směsi

insekticidů a fungicidů, z nichž u některých bylo prokázáno, že přímo ovlivňují čmeláky a jiné divoké včely (Rundlöf et al., 2015).

3.10.1 Nejběžněji používané insekticidy

3.10.1.1 Neonikotinoidy

Neonikotinoidy jsou syntetické insekticidy, které našly využití v zemědělství ve více než sto zemích světa. Jsou vysoce selektivní, aplikují se na semena rostlin již před výsevem a následně pronikají do celé rostliny a v určitém množství se vyskytují i v pylu a nektaru (Bučánková, 2013). Nejnámější jsou imidacloprid, clothianidin a thiamethoxam (Moffat et al., 2016). Jsou toxické pro býložravý hmyz ale také pro hmyz sbírající pyl a nektar (Cameron et Sadd, 2020).

Neonikotinoidy se vážou na nikotinové acetylcholinové receptory v synaptické membráně hmyzích neuronů, což vede k nadměrné aktivaci (depolarizaci) nervových buněk a ke konečné smrti neuronu. Tato třída insekticidů působí primárně na keňské buňky, dominantní v houbovém těle včelího mozku. Tyto buňky zprostředkovávají multisenzorickou integraci, učení a paměť (Moffat et al., 2016). Po chronické expozici realistickým hodnotám těchto pesticidů se čmeláci učili pomaleji a jejich krátkodobá paměť byla významně narušena. Tyto výsledky naznačují, že realistické vystavení pesticidům v terénu může mít znatelné dopady na učení a paměť, což může mít dopad na základní chování jednotlivců a kondici kolonií (Stanley et al., 2017).

Výsledky výzkumu Barraud et al. (2020) poukazují na to, že expozice imidaklopridu může snížit růst kolonie i shromažďování zdrojů potravy. Zjistili zejména silný účinek expozice imidaklopridu na účinnost pylu, přičemž produkce larev na gram sebraného pylu je nejméně čtyřikrát nižší ve srovnání s kontrolními koloniemi.

Čmeláčí hnízda umístěná vedle polí s řepkou olejkou, která byla ošetřena neonikotinoidy, vykazovaly o 71 % nižší průměrný počet kokonů mladých matek nalezených v hnízdě (Rundlöf et al., 2015) a o 32-36 % nižší průměrný počet vyprodukovaných samců a dělnic (Woodcock et al., 2017).

Neonikotinoidy jsou celosvětově nejčastěji používanými insekticidy, ale rostoucí důkaz o negativních dopadech na důležité opylovače a jiné necílové organismy vedl k legislativním opatřením a tím se vytvořila poptávka po vývoji alternativních produktů (Siviter et al., 2018).

3.10.1.2 Insekticidy na bázi sulfoximinu

Insekticidy na bázi sulfoximinu jsou nejpravděpodobnějšími nástupci neonikotinoidů a jsou buď licencovány k použití nebo jsou zvažovány pro udělení licencí na několika světových trzích, včetně Evropské unie, kde jsou některé neonikotinoidy (imidacloprid, clothianidin a thiamethoxam) nyní zakázány pro zemědělské použití mimo trvalé skleníkové struktury (Siviter et al., 2018).

Siviter et al. (2018) zkoumali účinky vystavení insekticidnímu sulfoxafloru na bázi sulfoxaminu na kolonie čmeláka zemního. Ukázali, že při chronické expozici mají vliv na dělnice i produkci nových jedinců v hnízdě. Po dvou až třech týdnech po expozici se začaly projevovat rozdíly v počtu dělnic mezi těmito a kontrolními koloniemi. Při dalším vývoji kolonií se projevily negativní dopady na produkci pohlavních jedinců. Polní kolonie, které byly vystaveny sulfoxafloru během rané fáze vývoje, produkovaly o 54 % méně samců a mladých matek ve srovnání s kontrolními koloniemi. Tyto výsledky naznačují, že z pohledu volně žijících opylovačů by vystavení sulfoxaflorům mohlo vést k podobným dopadům na životní prostředí jako je to v případech používání neonikotinoidů.

3.10.2 Vliv na včely medonosné ve srovnání se čmeláky

Dosud se regulační hodnocení rizik pesticidů spoléhala na včely medonosné (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) jako náhradní testovací druh pro odhad rizika expozice pesticidů všem druhům včel. Ty se však mohou lišit co do náchylnosti a expozice pesticidům. Celkově jsou hlavní cesty expozice pesticidů pro čmeláky a včely podobné; čmeláci však čelí dalším expozičním cestám (přímé vystavení potravních královen a vystavení larev a dospělých reziduí půdy). Kromě toho mohou čmeláci dostávat relativně vyšší dávky pesticidů při kontaktu nebo orální expozici (Gradish et al., 2018).

3.10.2.1 Expozice kontaktem nebo vdechováním (inhalací)

Čmeláci a včely medonosné mohou být vystaveni pesticidům přímým tělesným kontaktem s prachem vytvořeným při výsadbě ošetřených semen, listovými postřiky nebo rezidui ve vosku (při skladování kontaminovaného nektaru a pylu). Mohou být také vystaveni inhalaci pesticidního spreje nebo prachových částic nebo výparů generovaných těkáním zbytků z povrchu rostlin, vosku nebo půdy. Toto je u obou taxonů stejné (Gradish et al., 2018).

Při srovnání matek včel a čmeláků je pravděpodobnost expozice pesticidům při tělesném kontaktu vyšší u čmeláků. Zatímco včelí matky zůstávají chráněny v hnízdě, čmeláčí matky mohou být přímo vystaveny postřikům a zbytkům na rostlinách při hledání potravy na konci léta před hibernací nebo při zakládání hnízda na jaře. Na rozdíl od včel se také dospělci čmeláků mohou dostat do kontaktu se zbytky pesticidů v půdě, kde se nachází jejich podzemní hnízdo nebo kde matka hibernuje (Gradish et al., 2018).

3.10.2.2 Orální expozice

Další hlavní cestou vystavení pesticidům pro oba taxony je potrava. Pesticidy se mohou nacházet v nektaru nebo pylu. Touto cestou jsou ohroženi všichni dospělí jedinci i larvy. U včel také dochází ke sběru vody a gutační tekutiny, které mohou být také kontaminovány. U čmeláků toto chování není známo, proto u nich tato cesta nemá žádný nebo relativně malý význam. (Gradish et al., 2018).

3.10.2.3 Potencionální úroveň expozice pesticidů

Ačkoliv potencionální cesty vystavení pesticidům jsou pro včely medonosné i čmeláky podobné, úroveň expozice (tj. přijatá dávka) se může lišit kvůli několika morfologickým a behaviorálním rozdílům (Gradish et al., 2018).

Dospělí čmeláci jsou obvykle větší než dospělé včely medonosné. Vykazují tedy nižší poměr plochy povrchu těla k objemu, a proto při kontaktní expozici obdrží menší dávku pesticidu na jednotku tělesné hmotnosti. Čmeláci mají navíc tělo pokryté hustými chlupy, a to brání v kontaktu pesticidů a kutikuly. Při expozici přímým kontaktem může být tedy dávka u čmeláku nižší ve srovnání s včelou medonosnou (Gradish et al., 2018).

Při orální expozici závisí dávka pesticidu, kterou obdrží určitý jedinec na množství spotřebované potravy a koncentraci pesticidu. Podle dostupných údajů je u čmeláčích a včelích dělnic a u čmeláčích matek množství potravy spotřebované na mg tělesné hmotnosti podobné. Včelí matky však konzumují pouze mateří kašičku, která v důsledku zpracování obsahuje nižší množství reziduí pesticidů než nezpracovaný nektar nebo pyl, který konzumují matky čmeláků. Larvy obou taxonů spotřebují podobné množství nektaru denně, ale u množství spotřebovaného pylu je rozdíl. Larvy čmeláků mohou konzumovat více než 130krát více pylu za den než larvy včely medonosné. Čmeláčí larvy jsou na rozdíl od včelích krmény po celou dobu vývoje nezpracovaným nektarem nebo pylem, který obsahuje vyšší množství reziduí pesticidů než zpracovaná mateří kašička. Celková doba vývoje, tedy i období výživy, je u čmeláčích larev přibližně dvojnásobná ve srovnání s včelími larvami. Tyto tři faktory mohou podstatně zvýšit množství přijaté dávky pesticidů u čmeláčích larev (Gradish et al., 2018).

Posledním možným faktorem ovlivňujícím množství pesticidů přijímaných dělnicemi jsou rozdíly v chování u čmeláků a včel. Ačkoliv je počet podniknutých letů za den u obou podobný, čmeláčí dělnice navštíví 2-3krát více květů za jednu cestu. Čmeláci jsou na rozdíl od včel také aktivní i při chladnějších teplotách a horších povětrnostních podmínkách a z toho vyplývá několik důsledků. Jsou aktivní dříve a později v průběhu dne a tím mohou být vystaveni ranním nebo večerním postřikům, jsou aktivní dříve a později v sezóně i během dne, a proto čmeláci s dlouhým cyklem mohou být vystaveni pesticidům delší dobu a jelikož je rozsah potravy čmeláků obecně menší než u včely medonosné, mohou se v případě hnízdění v zemědělské oblasti setkat s vyšším podílem ošetřených rostlin. Všechny tyto skutečnosti mohou poměrně zvýšit kontaktní i orální expozici jedinců a množství kontaminovaného nektaru a pylu přineseného do hnízda (Gradish et al., 2018).

3.10.2.4 Závěr

Vzhledem ke zjevným rozdílům v expozici pesticidů u čmeláků a včely medonosné je nutné rozšířit stávající způsob posuzování rizik takovým způsobem, aby zahrnoval i čmeláky. Porovnání způsobu života včel medonosných a čmeláků naznačuje, že v určitých životních fázích nebo kastách čmeláků může dojít k rozdílné nebo vyšší expozici pesticidům. Je to důležité i z toho důvodu, že působení pesticidů (vystavením expozice pesticidů) během

soliterní životní fáze života matky se promítá do budoucnosti celého hnízda (Gradish et al., 2018).

3.11 Způsoby podpory čmeláčích populací

Kvůli výše zmíněným negativním změnám v krajině je o čmeláky zájem také z pohledu ochránců přírody a ekologů. Ti při výzkumu laboratorního chovu lépe poznávají způsob jejich života a vidí možnosti, jak případně čmeláky reintrodukovat do rekultivovaných oblastí nebo udržet ohrožené druhy v krajině. Od toho se pak mohou odvíjet ochranná opatření a další aktivity (Komzáková, 2010).

Pavelka a Smetana (2003) uvádí hned několik možností podpory čmeláků. Například udržování mozaikovitosti krajiny a hospodaření na malých plochách, neobdělávat okraje polí, meze a remízky, postupné kosení luk nebo rozmísťování hnízdních dutin nebo budek pro čmeláky na vhodná stanoviště s dostatkem nepřerušované nabídky potravy. Smékalová et al. (2018) doporučují obnovu přírodních biotopů (louky, lesy, mokřady aj.), které byly lidskou činností zničeny nebo narušeny. Čmeláci se však vyskytují i v umělých ekosystémech (města, obce), kde je lze podporovat například výsadbou vhodných rostlin.

Důležitost dostupnosti květinových zdrojů je zdůrazněna pozitivními výsledky při doplňování vhodných stanovišť. Bylo zaznamenáno, že plodiny kvetoucí v pozdním období pozitivně ovlivňují hustotu kolonií (Rao et Strange, 2012). Přežití hnízd *Bombus pascuorum* a *Bombus lapidarius* v sezoně je pozitivně spojeno s přítomností zahrad a doplňováním květinových zdrojů, které poskytují, v jinak chudé zemědělské krajině (Goulson et al., 2010). V městských oblastech má pozitivní vliv změna travních porostů chudých na květiny na květinové porosty, které jsou pro opylovače velmi atraktivní a poskytují jednoduchý způsob jejich (Blackmore et Goulson, 2014).

4 Závěr

Čmeláci jsou, stejně jako další hmyz, důležitou součástí mnoha ekosystémů. Jejich život je velmi úzce spjatý s kvetoucími rostlinami kvůli zdrojům potravy, proto jsou v našich zeměpisných podmínkách aktivní pouze v době vegetace. Při sběru potravy se čmelák rozhoduje podle řady kritérií, konkrétní míra jejich vlivu však není dosud známa. Vztah rostlin a čmeláků je o hodně komplikovanější, než se na první pohled zdá a je ještě hodně co studovat.

Čmeláci mají v přírodě řadu parazitů, škůdců a predátorů. Při jejich chovu však největší potíže působí *Aphomia sociella* a *Mellitobia acasta*, často jsou totiž příčinou úplného zániku hnízda. Z mého pohledu jsou také velmi zajímaví pačmeláci. Jejich dokonalé přizpůsobení určitému hostitelskému druhu čmeláka a fakt, že dokáží převzít kontrolu nad již rozvinutým hnízdem a využít čmeláčí dělnice pro péči o svůj plod je fascinující.

Domestikace čmeláků, například ve srovnání s včelami, proběhla vcelku nedávno, ale poté to nabralo rychlý spád. Jejich chov a následné použití pro opylování skleníkových rostlin, které se ukázalo jako velmi ziskové, se během několika málo let rozšířilo z Belgie do různých částí světa a poptávka po čmeláčích hnízdech dodnes stále roste. Souvisí s tím sice problém introdukce nepůvodních druhů a poddruhů, ale i díky studiím na toto téma dochází ke zpříšňování podmínek jejich přepravy.

Stejně jako tomu je v případě některých dalších druhů hmyzu i čmeláků v přírodě ubývá. Máme různé způsoby jejich podpory v krajině, ale je potřeba, aby se tyto opatření více rozšířila. Zaznamenala jsem, že v některých českých městech dochází například k vytváření květinových luk v parcích i na sídlištích nebo sekání trávníku mozaikovitým způsobem. Podobná opatření někteří lidé zavádějí i na svých zahradách, a to je jedině dobře. I menší změny jsou důležité a mají význam pro lokální kolonie čmeláků. U široké veřejnosti je také v poslední době zvýšený zájem o chov ve čmelínech, není to však tak jednoduché. Pro zdárný chov je důležitá informovanost a pravidelná kontrola stavu hnízda spojená s případným řešením problémů. Při správném postupu to má však pozitivní dopad na počet jedinců v dané lokalitě. Jako důležité opatření je také uváděno pěstování různorodých plodin na menších plochách nebo obnovení remízků. S tím jsou však spojené vyšší náklady ze strany zemědělců. Pokud má dojít k zastavení snižování počtu čmeláků a potenciální ztrátě některých druhů, mělo by dojít k nalezení vhodného kompromisu.

Ke studiu čmeláků mě přivedl zájem o podporu živočichů žijících ve městech, jejichž životy jsou lidskou přítomností omezovány. Díky této práci jsem zjistila nové informace a souvislosti, nad kterými bych se dříve nezamýšlela a můj zájem o čmeláky ještě vzrostl.

5 Literatura

Barraud, A., Vanderplanck, M., Nadarajah, S., Michez, D. 2020. The impact of pollen quality on the sensitivity of bumblebees to pesticides. *Acta Oecologica* **105**.

Bellmann, H. 2015. *Hmyz: nový průvodce přírodou*. Knižní klub, Praha.

Biella, P., Bogliani, G., Cornalba, M., Manino, A., Neumayer, J., Porporato, M., Rasmont, P., Milanesi, P. 2017. Distribution patterns of the cold adapted bumblebee *Bombus alpinus* in the Alps and hints of an uphill shift (Insecta: Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Conservation* **21**:357-366.

Blackmore, L., Goulson, D. 2014. Evaluating the effectiveness of wildflower seed mixes for boosting floral diversity and bumblebee and hoverfly abundance in urban areas. *Insect Conservation and Diversity*. **7**:480-484.

Bučánková, A. 2013. Ze života čmeláků. *Vesmír* **92**:416-420.

Bučánková, A., Ptáček, V. 2012. *Opylování a opylovači*. Zemědělský výzkum, s r.o., Troubsko.

Cameron, S., Sadd, B. 2020. Global Trends in Bumble Bee Health. *Annual Review of Entomology* **65**:101–1024.

Cankaya, N., Kaftanoglu, O. 2006. An Investigation on Some Diseases and Parasites of Bumblebee Queens (*Bombus terrestris* L.) in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences* **9**:1282-1286.

Dobeš, P., Kunc, M., Hurychová, J., Votavová, A., Komzáková, O., Hyršl, P. 2020. The Effect of Foraging on Bumble Bees, *Bombus terrestris*, Reared under Laboratory Conditions. *Insects* **11**:321.

Dornhaus, A., Brockmann, A., Chittka, L. 2003. Bumble bees alert to food with pheromone from tergal gland. *Journal of Comparative Physiology A: Sensory, Neural and Behavioral Physiology* **189**:47-51.

Dornhaus, A., Chittka, L. 2001. Food alert in bumblebees (*Bombus terrestris*): Possible mechanisms and evolutionary implications. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **50**:570-576.
Dukas, R., Real, L. 1993. Effects of Recent Experience on Foraging Decisions by Bumble Bees. *Oecologia* **94**:244-246.

Farkač, J., Král, D., Škorpík, M. 2005. Červený seznam ohrožených druhů České republiky: Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

Gegeer, R., Laverty, T. 1998. How many flower types can bumble bees work at the same time?. *Canadian Journal of Zoology* **76**:1358–1365.

Goulson, D. 2010. *Bumblebees: behaviour, ecology, and conservation*. Oxford University Press, New York.

Goulson, D. 2010. Impacts of non-native bumblebees in Western Europe and North America. *Applied Entomology and Zoology* **45**:7-12.

Goulson, D., Lepais, O., O'Connor, S., Osborne, J., Sanderson, R., Cussans, J., Darvill, B. 2010. Effects of land use at a landscape scale on bumblebee nest density and survival. *Journal of Applied Ecology*. **47**:1207-1215.

Gradish, A., et al. 2018. Comparison of Pesticide Exposure in Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) and Bumble Bees (Hymenoptera: Apidae): Implications for Risk Assessments. *Environmental Entomology* **48**:12-21.

Graham, P., David, I., James, T. 2012. Local Geographic Distributions of Bumble Bees Near Crested Butte, Colorado: Competition and Community Structure Revisited. *Environmental Entomology* **41**:1332-1349.

Hejda, R., Farkač, J., Chobot, K. 2017. Červený seznam ohrožených druhů České republiky: Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

Chittka, L., Rasmussen, H., Thomson, J. 1999. Navigation without vision: bumblebee orientation in complete darkness. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **266**:45-50.

Ings, T., Ward, N., Chittka, L. 2006. Can commercially imported bumble bees out-compete their native conspecifics?. *Journal of Applied Ecology* **43**:940-948

IUCN. 2020. Bumblebee Specialist Group. Available from <https://bumblebeespecialistgroup.org> (accessed July 2020).

Jones, P., Ryan, M., Chittka, L. 2015. The influence of past experience with flower reward quality on social learning in bumblebees. *Animal Behaviour* **101**:11-18.

Komzánková, O. 2010. Laboratorní chov čmeláků a jeho význam. *Živa* **2010**:27-29.

- Macek, J., Straka, J., Bogusch, P., Dvořák, L., Bezděčka, P., Tyrner, P. 2017. Blanokřídlí České republiky I.: žahadloví. Academia, Praha.
- Macfarlane, R., Lipa, J., Liu, H. 1995. Bumble bee pathogens and internal enemies. *Bee World* **76**:130-148.
- Moffat, C., Buckland, S., Samson, A., McArthur, R., Chamosa Pino, V., Bolland, K., Huang, J., Connolly, C. 2016. Neonicotinoids target distinct nicotinic acetylcholine receptors and neurons, leading to differential risks to bumblebees. *Scientific Reports* **6**:1-10.
- Owen, E. 2015. Bumblebee ecophysiology: assessing the impacts of climate change and pesticide use on *Bombus terrestris audax* and *B. t. dalmatinus* [Ph.D. Thesis]. University of Birmingham, Birmingham.
- Pavelka, M., Smetana, V. 2003. Čmeláci. ZO ČSOP, Valašské Meziříčí.
- Peat, J., Darvill, B., Goulson, D. 2005. Effects of climate on intra- and interspecific size variation in bumble-bees. *Functional Ecology* **19**:145-151.
- Peat, J., Goulson, D. 2005. Effects of experience and weather on foraging rate and pollen versus nectar collection in the bumblebee, *Bombus terrestris*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **58**:152-156.
- Ptáček, V. 2008. Chov čmeláků v laboratoři. Tribun EU, Brno.
- Raine, N., Chittka, L. 2007. Flower Constancy and Memory Dynamics in Bumblebees (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*). *Entomol Gener* **29**:179–199.
- Rao, S., Strange, J. 2012. Bumble Bee (Hymenoptera: Apidae) Foraging Distance and Colony Density Associated With a Late-Season Mass Flowering Crop. *Environmental Entomology*. **41**:905-915.
- Reichholf-Riehm, H. 1997. Hmyz a pavoukovci. Knižní klub, Praha.
- Rundlöf, M., et al. 2015. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature* **521**:77-80.
- Ryba, Š., Votavová, A., Komzáková, O. 2018. Čmeláci. Středisko společných činností AV ČR, pro Kancelář Akademie věd ČR, Praha.

Sladen, F. 1912. The humble-bee its life-history and how to domesticate it with descriptions of all the British species of *Bombus* and *Psithyrus*. Macmillan, London.

Smékalová, K., Kaffková, K., Votavová, A. 2018. Podpora čmeláků pro malopěstitele a zahrádkáře. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.

Sowig, P. 1989. Effects of flowering plant's patch size on species composition of pollinator communities, foraging strategies, and resource partitioning in bumblebees (Hymenoptera: Apidae). *Oecologia* **78**:550-558.

Stabler, D., Paoli, P., Nicolson, S., Wright, G. 2015. Nutrient balancing of the adult worker bumblebee (*Bombus terrestris*) depends on the dietary source of essential amino acids. *The Journal of experimental biology* **218**:793-802.

Stanley, D., Smith, K., Raine, N. 2017. Bumblebee learning and memory is impaired by chronic exposure to a neonicotinoid pesticide. *Scientific Reports* **5**:1-10.

Velthuis, H., van Doorn, A. 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie* **37**:421-451.

Vereecken, N. 2017. A phylogenetic approach to conservation prioritization for Europe's bumblebees (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*). *Biological Conservation* **206**:21-30

Williams, P., Osborne, J. 2009. Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie* **40**:367-387.

Woodcock B., et al. 2017. Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science* **356**:1393-1395.

Zahradník, J. 1987. Blanokřídlí. Artia, Praha.

Zicha, O. 2020. BioLib. Available from <https://www.biolib.cz/> (accessed July 2020)