

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra rostlinné výroby a agroekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

České Budějovice 2013

Gabriela Ťuková

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra rostlinné výroby a agroekologie

ZPŮSOBY ORIENTACE A KOMUNIKACE VČEL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:	Gabriela Ťuková
Studijní program:	Zemědělství
Studijní obor:	Agropodnikání
Vedoucí práce:	Šárka Silovská, Ing., Ph. D.

České Budějovice 2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Gabriela ŤUKOVÁ**
Osobní číslo: **Z10172**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Agropodnikání**
Název tématu: **Způsoby komunikace a orientace včel**
Zadávací katedra: **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

Zásady pro vypracování:

Abstrakt: Stručný popis řešeného tématu, jeho hospodářský, ekologický a ekonomický význam. Cíl práce. Stručný popis způsobů řešení tématu. Přehled nejdůležitějších výsledků a doporučení, vyplývajících z řešené problematiky.

Úvod a cíl práce: Bakalářská práce bude zpracována formou literární rešerše, doplněná případně o tabulkové a grafické zpracování získaných údajů a o vlastní komentář (diskuzi) k literárním údajům. Cílem práce bude popsat různé způsoby orientace a komunikace včel, jakožto sociálního hmyzu s vysoce rozvinutou schopností komunikace.

Literární přehled: Současné znalosti o způsobech komunikace a orientace včel. Komunikace pomocí včelích tanců. Úloha feromonů při řízení, činnosti a komunikaci včelstva. Fotografická a obrazová dokumentace. Případně tabulkové a grafické zpracování zjištěných údajů. Porovnání literárních údajů.

Závěr: Přehledné shrnutí nejdůležitějších poznatků a doporučení vyplývajících ze studované problematiky.

Seznam použité literatury: V abecedním řazení podle ČSN 01 01 97 Bibliografická citace.

Obsah: Uvedení stran jednotlivých kapitol práce

Rozsah grafických prací: 5 stran
Rozsah pracovní zprávy: 30-40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

Bienefeld, K.: Včelařství krok za krokem, Líbeznice, Vfkend, 2006.
Čermák, K., Janoušek, J., Kašpar, F., Titěra, D., Veselý, V.: Kraňka v novém tisíciletí aneb metodika chovu, hodnocení a ochrany včely kraňské. Výzkumný ústav včelařský, 2000.
Kamler, F. a kol.: Nástavkové včelaření, Praha, Brázda, 2003
Llebig, G.: Včelaříme jednoduše, Praha, Brázda, 2006
Přidal, A.: Ekologie opylovatelů, Lynx, 2005, 112s.
Tautz, J.: Fenomenální včely, Praha, Brázda, 2009, 270s.
Veselý, V. a kol.: Včelařství, Praha, Brázda, 2003. 257s.
Časopisy: Odborné včelařské překlady, Moderní včelař a Včelařství.
Internetové databáze: ISI Web of Knowledge, Scopus, Agris, Agricola, Agroweb

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Šárka Šilovská, Ph.D.
Katedra rostlinné výroby a agroekologie
Konzultant bakalářské práce: Ing. Aleš Křenek
Datum zadání bakalářské práce: 16. února 2012
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2013


Ing. Karel Surhý, Ph.D.
proděkanu pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚLŠKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studenická 13
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 16. února 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum.....

Podpis studenta.....

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Šárce Silovské Ph.D. za poskytnutí cenných rad a konzultací při psaní této bakalářské práce, dále Českému svazu včelařů a to zejména paní knihovnici za ochotné hledání všech potřebných materiálů. Také bych ráda poděkovala svým rodičům a celé rodině za podporu, především své drahé sestře Helence za její hodnotné komentáře a Davidovi za celkovou pomoc s mou prací a překlady. V neposlední řadě panu Čakymu.

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce je shrnutí dosavadních poznatků ohledně způsobů orientace a komunikace včel. V první části práce popisují jednotlivé smyslové orgány, které mají velký vliv na schopnost včel se spolu dorozumět a zároveň se orientovat v čase a prostoru. Dále popisují druhy komunikace pomocí feromonů, které rozděluje podle jejich účelu a podle jejich působení na včelstvo, jednotlivé taneční figury, které včely používají pro komunikaci (kruhový a osmičkový tanec) a jak podle nich včely hledají potravu. Důležitým prvkem pro komunikaci včel je také plást, který přenáší dvojrozměrné vibrace tvořené tanečnicemi ostatním včelám, či také tvoří specifické taneční místo, které je pro včely nezaměnitelné s jinou částí plástu.

V druhé části práce se zaměřuji na způsoby orientace včel, jak se orientují v krajině podle slunce, polarizovaného světla, či jiných výrazných prvků krajiny a také jakým způsobem se orientují v čase.

Ve své práci se rovněž zabývám některými pokusy, které dokazují již zmíněné dovednosti včel.

Klíčová slova:

včelstvo, včela, orientace a komunikace včel, osmičkový tanec, kruhový tanec, natřásavý tanec, včelí tanečky feromony, smyslové orgány

ANNOTATION

Main purpose of this bachelor thesis is to summarize current knowledge about the ways of orientation and communication of bees. The first part describes each of the sense organs which have a large impact on the ability of bees to communicate each other and also to orientate in time and space. Then I describe types of communication with using of pheromones which are divided according to their purpose and effect on the colony, each dance pieces that bees use to communicate (circular and figure eight dance) and how bees find food according to them. Very important element for communication of bees is also honeycomb which carries a two-dimensional vibrations formed by dancers to other bees and also creates specific dance place that is for bees irreplaceable to another part of comb.

In second part of bachelor thesis I focus on the ways of orientation of bees, how they orient themselves in the landscape according to sun, polarized light or other significant landscape features and also on the ways how they orientate themselves in time.

In next parts of my bachelor thesis I also deal with few experiments which demonstrate the aforementioned skills of bees.

Key words:

hive, bee, bee orientation and communication, figure eight dance, circular dance, waggle dance, dancing bee pheromones, sense organs

OBSAH

ÚVOD.....	8
1. VČELSTVO.....	9
1.2. DRUHY VČEL PODLE SOCIÁLNÍHO CHOVÁNÍ.....	10
2. SMYSLOVÉ ORGÁNY VČELY.....	11
2.1. ZRAK	13
2.2. ČICH.....	14
2.3. HMAT	15
2.4. SLUCH.....	15
3. DOROZUMÍVÁNÍ VČEL.....	16
3.1. FEROMONY	17
3.1.1. POHLAVNÍ FEROMONY.....	19
3.1.2. POPLAŠNÉ FEROMONY	20
3.1.3. ZNAČKOVACÍ FEROMONY	20
3.1.3 SHROMAŽĎOVACÍ FEROMONY	21
3.1.5. POVRCHOVÉ FEROMONY	22
3.1.6 FEROMONY VČELÍHO PLODU	22
3.1.7 OBJEV NOVÉHO FEROMONU	23
3.2. VČELÍ TANEČKY	23
3.2.1. KRUHOVÝ TANEC	25
3.2.2. OSMIČKOVÝ TANEC (KÝVAVÝ)	26
3.2.3. NATŘÁSAVÝ TANEC	31
3.2.4. FUNKCE PLÁSTŮ PŘI KOMUNIKACI VČEL	32
4. ORIENTACE VČEL.....	33
4.1. PROSTOROVÁ ORIENTACE	34
4.2. ČASOVÁ ORIENTACE.....	35
ZÁVĚR.....	37
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ.....	38

ÚVOD

Jeden z nejstarších lidských oborů je právě včelařství, které člověk využívá především k získávání včelích produktů, jako je med, včelí vosk, postupem času i mateří kašička, včelí jed, pyl, či propolis. Včelařství však nabývá na důležitosti s rostoucí intenzitou využívání zemědělské půdy, při opylování hmyzosubných rostlin. Včely jsou také důležité při udržování rovnováhy v přírodě a ochraně životního prostředí, jehož indikátorem je právě včela.

Včely, jako jedny z mála organismů jsou schopny se mezi sebou dokonale dorozumívat, a to pomocí tanců či feromonů, kterými dokážou přesně svým družkám ukázat, kde se nachází potrava. Tuto včelí řeč objevil až roku 1965 Karl von Frisch, rakouský nositel Nobelovy ceny, který se celý život zabýval životem včel.

Také dobrý orientační smysl u zvířat není vůbec samozřejmost. Je to osobitý smysl, kterým se vyznačují právě včely. Jeho umístění či anatomickou stavbu se ale zatím nedokázalo přesně zjistit. Existence tohoto smyslu se ale předpokládá proto, že včely se dokážou orientovat i tehdy, když nemohou používat zrak nebo čich.

Cílem mé práce je tedy shrnout všechny dostupné poznatky ohledně dorozumívání včel a jejich orientace v času a prostoru, se zaměřením na jejich specifické smyslové orgány, které jim v tom pomáhají.

1. VČELSTVO

Podle všech kritérií, je včela medonosná (*Apis mellifera*) hmyz. Přesněji podle kmenů ji zařadíme do IV. kmenu členovců, tento kmen je charakterizován článkovitým tělem a končetinami. Dále ho rozdělujeme na čtyři třídy, poslední třída je hmyz. Veškerý hmyz se dále rozděluje do dvou skupin: okřídlení a bezkřídlí. Okřídlený hmyz dělíme podle toho, jestli při svém vývoji prošel přeměnou dokonalou, či nedokonalou. Hmyzu patřícímu do kategorie s přeměnou nedokonalou schází stádium kukly, to se projeví tím, že larva se musí několikrát svléknout, než se postupně promění v dospělého hmyz. U hmyzu, kde stádium kukly neschází, jako na příklad u včely se jedná o hmyz s přeměnou dokonalou. Zde můžeme rozlišovat stádium vajíčka, larvy a kukly. Tento hmyz pak dále dělíme do pěti řádů: síťokřídlí (např. zlatoočka), motýli (např. smrtihlav), brouci (např. chroust), dvoukřídlí (mouchy), blanokřídlí – *Hymenoptera*, kam zařazujeme i včelu medonosnou, podřád štíhloпасí - *Apocrita*, a nadčeleď včela - *Apoidea* (Geisler et al., 1954).

Odhaduje se, že na světě je přibližně kolem 20 000 různých druhů včel, velmi blízkými příbuznými včely medonosné jsou např. včela květnatá, či indická.

Včela medonosná, je jeden z nejvýznamnějších zástupců společenského hmyzu. Avšak od 19. století díky srovnání proslulého vynálezce mezistěny Johannese Mehringa někteří odborníci začali pohlížet na včely jako na obratlovce. „Včelstvo je jako jedna bytost a odpovídá obratlovcům. Dělnice reprezentují tělesné orgány potřebné pro údržbu a výživu organismu, zatímco matka odpovídá samičím pohlavním orgánům a trubci samčím.“ (Johannese Mehring 1815-1878) Proto se na včelstvo pohlíží jako na celek, který nelze dělit (Tautz, 2010). Jednotu včel, jejich obydlí a zásoby nazval pojmem „včelí bytost“, pro společenstvo včel zavedl slovo der Bien. V Německu včelaři toto označení používají dodnes (Včelařství, 12/2009).

Americký biolog William Morton Wheeler zavedl pro tuto formu života označení superorganismus, a tvrdí, že tento superorganismus má dokonce znaky savce. A to z důvodů:

- Mají malou intenzitu rozmnožování.
- Samičky vyrábějí tzv. sesterské mléko, které je potřeba k výživě potomků.
- Včely uchovávají své larvy při teplotě 35 °C, tělesná teplota savců je 36°C.
- Savci díky velkému mozku mají nadání rychle se učit novým věcem, avšak včely za savci nijak nezaostávají, některé dokonce svojí inteligencí předčí

(Tautz, 2010).

Včelstvo je tedy samostatná biologická a hospodářská jednotka, ve které je přesně zavedená dělba práce. Skládá se pouze z jedné matky, a několika tisíc dělnic, přechodně z několika set trubců a z plodů. Jak již bylo řečeno ve srovnání Johannese Mehringa, tyto jednotlivé složky včelstva bez sebe nemohou existovat. Samotná matka, včela, trubec či samotný plod bez ostatních složek za krátký čas hynou. Činnost všech složek včelstva je harmonicky sladěná, takže každý jedinec je ve vzájemném funkčním spojení. Vzájemné spojení včelstva je velmi ovlivňováno feromony (Rejnič et al., 1990). Dělnice vykonávají činnosti nezbytné k přežití (sběr nektaru a pylu, přinášení vody, stavba plástů, péče o plod, čištění, obrana), matka zajišťuje kladení vajíček, soudržnost včelstva a dělbu práce. Poslání trubců spočívá v oplodnění mladé matky (Bienefeld, 2006).

1.2. DRUHY VČEL PODLE SOCIÁLNÍHO CHOVÁNÍ

Z různých druhů dnes žijících včel odvozujeme podle jejich sociálního chování několik skupin. Některé žijí zcela soliterně (samotářsky) a některé zase žijí vysoce sociálním způsobem života. Samozřejmě mezi těmito dvěma extrémními způsoby jsou ještě další skupiny s různými odlišnostmi v sociálním chování (Přidal, 2005).

Soliterní (samotářské) chování

Pro značnou část druhů včel je toto chování typické. Pro toto chování je charakteristická matka, která žije sama a sama si také staví hnízdo, nosí do něj pyl, nektar a také sama klade vajíčka. O potomky ale už nijak nepečuje.

Subsociální chování

Pro subsociální chování je typická samice, která po samostatném postavení hnízda a naklazení vajíček čeká na vylíhnutí potomků, a dál se o ně stará. Tato samice však před zimou hyne. Pokud uhynie před zakuklením larev, uhynie i potomstvo. U této formy sociálního chování stále ještě není zavedená dělba práce.

Parasociální chování – typ komunální

Tyto druhy včel už vytvářejí malá společenství, která se skládají ze samic stejné generace, jež žijí v jednom hnízdě, ale každá samice si staví vlastní chodbu. V této chodbě si staví buňky, které si zásobuje potravou a klade do nich vajíčka.

Parasociální chování – typ pseudosociální

Toto chování je podobné typu komunálnímu, jen s tím rozdílem, že samice si vzájemně pomáhají se stavěním buněk a celého hnízda. Dělbů práce u tohoto druhu opět nenajdeme.

Parasociální chování – typ semisociální

Semisociální typ je charakterizován samicemi, jenž si při stavbě hnízda pomáhají. Zde poprvé se vyskytuje dělba práce – vznik kast. A na rozdíl od předchozích typů, jen některé samice mají plně rozvinuté a funkční vaječníky. Neoplozené samice jsou zde v pozici primitivních dělnic.

Eusociální chování

Zde se už setkáváme s druhy, které budují kolonie a také se zde vyskytují jedinci dvou generací to znamená, matka a dcery. Toto je asi největší rozdíl mezi semisociálními a eusociálními včelami.

Podtyp – primitivně eusociální chování

Pro tento podtyp je typické, že matky a dělnice se neliší ve vnější morfologii, kolonii ale zakládá pouze matka.

Podtyp – vysoce eusociální chování

Zde se již matky od dělnic morfologicky liší. Matky založit hnízdo už samy nedokážou, chybí jim orgány pro sběr pylu a tak nemohou žít mimo včelstvo. Nové kolonie jsou tvořeny už jen rojením. Do tohoto typu patří druhy *tribu Meliponini* (bezžihadlové včely tropické) a *tribu Apini* (rod včela – *Apis*) (Přidal, 2005).

2. SMYSLOVÉ ORGÁNY VČELY

Pro včelí komunikaci a zároveň i orientaci hrají klíčovou roli smyslové orgány tvořící propojení s okolním světem. Smysly včel se velmi dobře přizpůsobily signálům, které vysílají květy. Ty se od listů opticky výrazně liší barvou, kterou včely vnímají. Například dávají přednost modré a žluté barvě. Zároveň každé barvě přiřazují určitý význam. Vůně květů podněcuje jejich vysoce vyvinutý čichový smysl. Včela je tak schopná rozeznat květy od listů,

dále rozeznat různé druhy květů, jejich stav, stanovit zeměpisnou polohu květu v krajině, aby mohla dát vědět ostatním včelám, kde je potrava a také dokáže stanovit denní dobu, kdy mají různé květy nejvyšší nektarovou výtěžnost (Tautz, 2010).

Při práci v úlu můžeme vidět, jak je včela citlivá na světlo, tmu, teplo, chlad, zvukové vibrace ale také na podráždění při dotyku, vnímání vůní a pachů. Na všechny tyto vnější podmínky reaguje díky velmi dobře vyvinutému smyslovému vnímání a dokonale funkčnímu nervovému systému, jehož základem je soustava nervových buněk propojených vlákny k nervovým uzlinám a k centrální nervové soustavě. Nervové uzliny jsou v každém článku těla, avšak nejvíce jich najdeme v zadečku. V ústřední nervové soustavě je nejdůležitější zadní část mozku, kde se vyskytují dvě nervové uzliny. Ze zadní části mozku vychází nervová vlákna, která vedou k centru vnímání zvuku v týlní části hlavy a také k čichovým a hmatovým centrům zakončeným nejvíce v tykadlech. Dále vedou k centru chuti spojením se sosákem a pyskem (Včelařství, 2/2011).

Smyslové orgány včely jsou velmi úzce spjaty s nervovou soustavou. Smyslové buňky hmyzu přijímají vzruchy a dále je vedou k ústřední nervové soustavě. Základ smyslového orgánu je tzv. sensillum, které se skládá z jedné či i více smyslových buněk. Mohou k nim být přidána ještě přídatná zařízení. Smyslové orgány včely většinou můžeme nalézt na povrchu těla (ústrojí čichu, hmatu, chuti). Tato ústrojí se nachází hlavně na tykadlech, sosáku a nohách či také uvnitř dutin tykadel a noh (Veselý, 2003). Včela má kromě základních smyslů jako zrak, čich, sluch, hmat také specifické, pro ni nepostradatelné smysly – smysl pro čas a orientační smysl (Kresák, 1963). Smyslová ústrojí včely se dělí na:

Vlasovitá smyslová ústrojí

Vlasovitá ústrojí má podobu tuhého chitinového vlásku vyčnívajícího z nepatrně prohlubně pokožky, sloužící k vnímání mnoha vzruchů. Toto ústrojí je ústrojím hmatovým (na tykadlech matek dělnic), které reaguje na zemskou tíži, ale také ústrojím sluchovým, které vnímá zvukové vlny, jež se šíří vzduchem. Toto ústrojí je pro své vlastnosti velmi důležité právě pro včelí orientaci.

Destičkovitá smyslová ústrojí

Toto ústrojí má velký vliv na čich a chuť, je považováno za jejich sídlo a zároveň za orgány, které reagují na vibrace a tlak vzduchu. Destičkovitá smyslová ústrojí najdeme na tykadlech, sosáku a na člancích chodidel (Veselý, 2003).

Leydigovy kužele (kuželovité smyslové ústrojí)

Mají v podstatě podobnou stavbu jako vlasovité smyslové ústrojí. Ve větším počtu se nacházejí na tykadlech dělnic a matky (Kresák, 1963). Jsou brány jako sídla čichu na tykadlech.

Chordotonální smyslová ústrojí

Mají nejsložitější stavbu, jejich základ je tvořen strunou, jejíž vibrace zachycují smyslové buňky tohoto ústrojí. Můžeme ho najít v holeních všech páru noh a v kolínku tykadla (Veselý, 2003).

2.1. ZRAK

Zrak včel je velmi specifický skládá se ze dvou druhů očí. Má tři jednoduchá tečkovitá očka a dvě složené oči. Tyto dvě tzv. složené oči se skládají ze dvou očí, z nichž každé z obou složených očí obsahuje přibližně 6000 jednoduchých stejně konstruovaných oček (Schönfeld, 1955). Obraz okolí, které včela vidí je vytvářen rastrem velkých oddělených bodů. Včela tudíž nemá zcela ostré vidění a detaily předmětů, hlavně květů, rozlišuje teprve až když se k nim přiblíží na malou vzdálenost, přibližně asi na několik centimetrů (Tautz, 2010). Jednoduchá očka můžeme najít na rozhraní čela a temene hlavy jedno je vpředu uprostřed a zbylé dvě jsou lehce posunuta dozadu. Dohromady tak vytvářejí trojúhelník. Složené oči jsou spíše protáhlého tvaru a najdeme je na stranách hlavy. Tvar čočky těchto očí je pevný a hlavně neměnitelný. To znamená, že čočka je nepohyblivá a není schopna prodloužení ani svaštění a tak na rozdíl od lidského oka nemá akomodační vlastnosti a to znamená, že nemůže zaostřit na jakýkoli předmět. Oči jednotlivých včel, matky, dělnice, či trubce se od sebe liší velikostí a lehce i umístěním na hlavě. Např. oči trubců jsou větší, než oči matky a dělnic (Schönfeld, 1955).

A jak včely vidí barvy? Velmi to závisí na vlnové délce světla, a na tom, jak rychle včela letí. Svou roli na tom hraje i to jak se včela chová při letu. Například, letí-li včela rychle (30km/h), tak její barevné vidění je vypnuto a včela je tak barvoslepá. Jakmile však včela zpomalí, znovu barevné vidění zapíná (Tautz, 2010). Samozřejmě barvy jaké vidí včela, neodpovídají barvám, jaké vidíme my (Schönfeld, 1955).

Včely také vidí ultra fialové paprsky, které vyzařují velmi silné chemické působení, to znamená, že co je v oblasti těchto paprsků, je velmi silně napadáno. Včela také dokáže

rozlišovat chemické působení barev a to jak teple působí, např. když jí natřeme úl na červeno, včela se k této barvě bude blížit a bude cítit teplo. Na rozdíl od toho kdy poletí k modré ploše, zde bude cítit větší chlad. Včely cítí barvy se zvláštní intenzitou. Vidí je jen tehdy, když se objeví nějaký živočich, který sám světlo vydává, dá se říci, že slabounce svítí. To samé se děje, když se objeví nová matka, jen s mnohem větší intenzitou. Ovšem toto vnímání je charakteristické jen pro tři malá tečkovitá očka (Steiner, 2001).

Na schopnosti vidět barvy hraje velkou roli i cíl letu. Když včela letí na pastvu a hledá květy, dokáže perfektně rozlišovat barvy, ale jakmile se rozhodne letět zpět do úlu s plným medovým včáčkem, tak už pro ni barvy tak velkou roli neznamení, cestou zpět je téměř nerozeznává (Tautz, 2010). Včela ale nejen, že dokáže barvy vidět a rozeznávat je, dokáže si je i pamatovat. Naproti tomu, optické vzory dokáže včela vždy rozeznat, proto pro jejich orientaci z pastvy domů je dobré úly označovat různými vzory. Dokáže se naučit různé geometrické tvary, jako např. čtverce atd. ale lépe se orientuje podle členitějších tvarů, se kterými se setkává v přírodě při hledání květů (Schönfeld, 1955).

2.2. ČICH

Zatímco u člověka, u kterého je čich považován jako druhotný smysl, u včel je považován za jeden z nejdůležitějších smyslů vůbec. Čich je velmi důležitý pro realizaci pudu společenského života, rozmnožovacího, shromažďovacího a obranného pudu, který má velký vliv na jejich existenci. Včely vnímají čichem vůně, které produkují jejich žlázy (feromony), vůně potravy, vůně či pachy obydlí a prostředí ve kterém se zdržují. Sídlo čichu se nachází na tykadlech. Včely mají mnohem více citlivější čich než člověk. K. v. Frisch zjistil, že včely dokážou rozlišit vůně nejméně třiceti dvou látek, které člověk vůbec nevnímá (Čavojský et al., 1981). A spolehlivě dokážou rozlišit až čtyřicet čtyři rostlinných vůní (Kresák, 1963). Velmi citlivé jsou na vůni mateřské látky, kterou produkují žlázy matek. Podle této vůně jsou schopny se odlišit od včel z jiných úlů (Čavojský et al., 1981). Všechny vůně dokážou včely rozpoznat už z velké vzdálenosti, při hledání vůně krouží ve vzduchu, dokud nenarazí na cílovou vůni, kterou poté sledují, až ke květu u kterého si zapamatují jeho optický vzhled stejně tak jako jeho vůni a celý pracovní den pak sbírají nektar jen z tohoto druhu květu. Včelám stačí jen jedno přičichnutí k zapamatování vůně a poté jsou schopny ji opět najít s 90% přesností. Po dvou až třech zkušenostech s určitou vůní je včela při jejím výběru naprosto neomylná. Jevu, kdy včela navštěvuje celý den jen jeden druh květu se říká věrnost květům nebo-li florokonzistentnost (Tautz, 2010). Toto je základní vlastnost včely, kdy nestřídá

květy různých rostlin, ale vyhledává jen ten druh květu, který navštívila poprvé. V praxi se tato vlastnost projevuje tak, že pokud začne kvést například třešeň, včela po celou dobu létá pouze na ni. Jakmile odkvete, navštíví pak jinou rostlinu. Díky tomu může včelař získávat jednodruhový med (Včelařství, 11/2012). Pro tuto vlastnost jsou včely podle Darwina nejlepšími botaniky na zeměkouli (Krizan, 1975).

2.3. HMAT

Včely vnímají hmat vlasovitým smyslovým ústrojím, pomocí smyslových orgánů nacházejících se na tykadlech, ale méně i na jiných částech těla. Hmat je velmi důležitý tehdy, kdy včela nevidí, na orientaci ve tmě, při práci v úlu nebo při sbírání pylu (Čavojský et al., 1981).

2.4. SLUCH

Sluch je považován za jeden z důležitějších smyslů, tzv. vyšší smysl. Tímto orgánem u včel byl dřív považován tzv. Johnstonův orgán v tykadlech a v podkolenní části noh, ale podle dnešních názorů je s největší pravděpodobností sídlo sluchu na tykadlech v blanitém smyslovém orgánu a ve smyslovém orgánu chordotonálním (Schonfeld, 1955). Těmito orgány jsou vnímány zvukové signály s frekvencí a rozsahem 1000 – 3000 Hz, které se šíří pevnými předměty (plástvemi). Včely na různé zvuky mezi sebou reagují, např. rychle reagují na výstražný signál včel strážkyň (Čavojský et al., 1981). Nebo při zapíchnutí žihadla, včela vždy vydá výstražný zvuk, kterým vydráždí další včely k útoku. U včel byla zjištěna existence přibližně dvaceti různých zvuků (Kresák, 1963).

Vědci se dříve domnívali, že včela není schopna vnímat zvuk, proto provedli pokus, kdy, byly včely podrobeny pětisekundovému zvukovému signálu, který je obdobný tomu, jaký vydává létavka při tanci. Tento zvukový signál byl spojen se slabým elektrickým šokem, který následoval ve čtvrté sekundě a vždy včely od potravy na chvíli odehnal. Včely se tak naučily do těchto čtyř vteřin šoku vyhnout, neboť slyšely varovný signál. Čímž se potvrdilo, že jsou schopny zvuk vnímat. Se stejným záměrem byl prováděn i další pokus, během kterého včely vstupovaly do bludiště ypsilonového tvaru, kdy v jednom z volených východů byly přehrávány zvukové signály. Jestliže včela postupovala za těmito zvuky, byla odměněna cukerným roztokem. Dělnice se tak tímto směrem velmi rychle naučily chodit a opět se potvrdilo, že včela slyší (www.vcelistraz.cz).

3. DOROZUMÍVÁNÍ VČEL

Ačkoli hmyz vyluzuje spoustu různých zvuků, není prokázáno, že by se dorozumíval právě těmito zvuky. Většinou převládá dorozumívání pomocí chemických látek, nebo-li feromonů. U včel k chemickému dorozumívání přibývá i dorozumívání orientačními tanečky. Ty jsou charakterizovány jako složitý způsob fyziologického a etologického dorozumívání, který je zatím vyhlášený jen u společenských včel, probíhá jak venku, tak i v úlu (Veselý, 2003). Tato komunikace se skládá z mnoha způsobů chování, které na sebe navzájem navazují. Je to nejznámější způsob, jak se zvířata mezi sebou dorozumívají a také patří také k nejvíce prostudovaným způsobům komunikace.

Rakouský zoolog a fyziolog Karl von Frisch nebyl první kdo se touto otázkou začal zabývat, ale jako první včelí tance dokázal objasnit. Dokonce roku 1973 dostal Nobelovu cenu za fyziologii a lékařství pro své přelomové objevy v oblasti etologie a psychologie zvířat.

Už Aristoteles (350 př.n.l.) si všiml, že každá včela při návratu na květ, je vždy doprovázena třemi až čtyřmi společníky. Ten ale ještě neuvažoval o mechanismu, nebo procesu, jakým si včely navzájem sdělují informace. O krok dál se dostal Plinius, který si postavil úl s průhlednými okénky z rohoviny a tak mohl pozorovat tance některých včel (www.vcelistraz.cz). Dále roku 1650 v díle *Elysium Britannicum*, John Evelyn uvedl, že tyto tance jsou hlavním prostředkem, jak spolu včely komunikují (Přidal, 2005).

Karl von Frisch si na počátku studií řeči včel pořídil skleněný úl, kde měl všechny včely barevně označené a začal pokusy tím, že nedaleko úlu pokládal misku s cukrovým sirupem. Díky označení včel, pak snadno poznal tu, která sirup objevila jako první a sledoval, její počínání, když se vrátila do úlu, kde dávala sirup ochutnávat ostatním včelám a tančila. Mnoha dalšími pokusy pak dokazoval, jakou úlohu hrají včelí tanečky při hledání potravy. Všechny výsledky, které získával, se mu zdály tak neuvěřitelné, že podezříval své včely z neobyčejné inteligence. Proto si pořídil nové obyčejné včely, ale i ty tancovaly stejně, jako ty předchozí. Výsledky jeho výzkumů ohromily celý badatelský svět, avšak jeho závěry ne všichni přijali. Ačkoli jeho pokusy byly úspěšně opakovány ve Spojených státech, Velké Británii a ostatních zemích, koncem šedesátých let vystoupil výzkumný tým s profesorem Wennerem z kalifornské univerzity se silnou kritikou, podpořenou výsledky jejich vlastních výzkumů. Existenci taneček popřít nemohli, ale to že se podle nich orientují, dementovali. Podle nich včely používaly výhradně jen čichová vodítka. Frisch na kritiku ihned reagoval, odmítl čichovou hypotézu a doložil to i pokusy. Ne zcela uspokojil všechny kritiky, a tak se vědci rozdělili na dva proti sobě stojící tábory. Obhájci Frischovy hypotézy tak vymysleli

další pokus, kterým vyloučili používání čichových vodítek. Pokus spočíval v tom, že naučili zpravodajky létat na dvě odlišná místa, která navoněli úplně stejně, avšak jen na jednom stanovišti, včely našly koncentrovaný cukerný roztok, na druhém stanovišti našly tento roztok velmi zředěný. O tomto zředěném zdroji zpravodajky nikdy ostatní včely neinformují. Díky tomu, že obě stanoviště stejně voněla, zpravodajky mohly správné stanoviště ostatním včelám označit jedině tancem. Tak se také stalo, a včely se začaly objevovat na místě s koncentrovaným cukerným roztokem. S menším úspěchem se jim podařilo uhájit tvrzení o rychlosti a jistotě, se kterou naverbované včely hledají nektar. Některé včely ho nacházely dříve, některé později a některé ho nenašly vůbec, a tak se musely vrátit do úlu a zopakovat si taneček zpravodajky a znovu se vydat hledat. Proto se mnoho vědců přiklonilo k Wennerově verzi, kde tvrdí, že létavky mají přesně čichově zapamatovanou krajinu kolem úlu a orientují se v ní podle vůně, kterou zpravodajka přinese ve svém kožíšku do úlu. Až začátkem sedmdesátých let Frischův žák vyřešil celý spor takovým pokusem, který uspokojil obě strany, i když potvrdil pouze Frischovu hypotézu (Žďárek, 1980).

3.1. FEROMONY

Včely žijí ve společenstvích, kde existuje specifická dělba práce a její přesně stanovený řád. Aby tato společnost mohla fungovat, je důležitá velmi rychlá výměna informací mezi jednotlivými příslušníky populace. V průběhu evoluce se vytvořily různé druhy přenosu informací na různých úrovních. Optické signály (očividné), akustické (sluchové), a také uvolňování různých chemických látek (feromonů), které dávají popud ostatním členům společenstva k různým aktivitám. Nejčastější látky, ze kterých se feromony skládají jsou: geraniol, citral, farnesol, nerol a velmi jednoduché spoje jako izopentyl-acetát nebo 2-heptanon (Hrvatska pčela, 2009).

Feromony jsou charakterizovány jako chemické látky – jednoduché organické molekuly, sloužící u hmyzu, který žije v sociálních společenstvích k dorozumívání (Veselý, 2003). Jsou to signální nebo vonné látky, díky kterým může probíhat biochemická komunikace mezi živočichy jednoho druhu. Feromony vylučuje jak hmyz, tak i vyšší zvířata ale také i lidé. Každý feromon působí jinou rychlostí, některé dokážou dát velmi rychlý impuls ke změně chování. Na základě rychlého účinku těchto feromonů byly rychle objeveny a prozkoumány stovky feromonů. Naopak u feromonů řídících vývoj, které působí pomalu a jejich působení se projevuje až po dnech či týdnech, tak zde byly identifikovány pouze čtyři (Dieter Schürer, 2005).

Dříve byly feromony považovány za hormony, ty se ale tvoří v žlázách s vnitřní sekrecí a působí v organismu, který je vytvořil. Rozdíl mezi feromony je v tom, že i když vznikají také ve žlázách hmyzu, tak organismus, který je vytvořil, je zároveň vylučuje mimo tělo, nebo na jeho povrch. Feromony jsou vylučovány jako těkavá či tekutá látka do prostředí, kde se nacházejí ostatní jedinci, či celá skupina a na tyto látky specificky reagují (Veselý, 2003). Produkce feromonů a jejich vylučování ve společenstvu závisí na pohlaví, době a funkci, kterou jednotlivec oznamuje společenství. Včely je vylučují mandibulární žlázou, nebo předčelistní žlázou (Nasanovy žlázy, Koschewnikovy žlázy, žlázy břišních šupin exoskeletu matky, nožní žlázy, žlázy v rektu matky, obalu na bázi žihadla dělnic a včelího plodu a vosku). Feromony mandibulární žlázy obsahují látky, které vábí k páření, zabraňují stavbě matečnicků, shromažďují dělnice v době rojení a zadržuje je v blízkosti plodu (Hrvatská pčela, 2009).

Feromony jsou i pro včelaře velmi důležité, protože se jimi dá velmi ovlivnit chování včel. Např. syntetizovaná kyselina 9-oxodecenová může v 1% koncentraci utlumit rozvoj vaječnicků dělnic, a tím tak zabráni ve stavbě matečnicků, což má velmi dobrý vliv na udržení soudržnosti včelstva a pozitivně působí na jeho aktivitu. Nebo pokud nanese feromony na matku, kterou chceme čerstvě přidat do včelstva, zajistíme jí tak 100% přijetí. Feromony se dají používat i v boji se škůdci, kdy např. syntetickými analogy juvenilních hormonů se dá zastavit vývin jednotlivce ve stadiu larvy, to dále vede ke zmaření škůdce (www.n-vcelari.sk). Dnes jsou feromony intenzivně zkoumány a jejich výzkumy jsou směřovány především při ochraně zemědělství před škodlivým hmyzem, kdy jsou feromony využívány při kontrole početnosti nežádoucího hmyzu a jsou velmi dobrým pomocníkem při snižování nebezpečných insekticidů. Dokonce jsou také vyrobeny umělé feromony, které mají stejné účinky jako přírodní feromony a mají i komerční využití při nalákání včel na zemědělské kultury za účelem lepšího opylení (Hrvatská pčela, 2009).

Komunikace pomocí feromonů se skládá z několika částí, těmi jsou: žláza, která vylučuje a uvolňuje feromon (odnáší tuto chemickou zprávu), medium, díky němuž zpráva putuje (přímý kontakt, včela, vzduch či voda) a efektní orgán, který přijímá tuto zprávu tak, že ji naváže na specifický chemoreceptor na jeho povrchu (většinou to bývají čichové nebo chuťové orgány) (Hrvatska pčela, 2009).

Dnes rozeznáváme více jak 100 feromonů, a to jen u hmyzu. U některých feromonů je známé i jejich chemické složení (www.n-vcelari.sk).

Feromony dělíme na signály (atraktanty, repelenty), ty mají momentální účinek a způsobují alarmní reakci velmi rychle. Dále na primární feromony, které mají dlouhotrvající

účinek a jsou používány při organizaci uvnitř společenství včel. Takovýmto příkladným feromonem je ten, který je vylučován včelím plodem a zabraňuje vývoji vaječnicků u včelích dělnic. Podle typu informace je můžeme rozdělit na pohlavní feromony, značkové feromony, poplašné feromony, shromažďovací, povrchové a feromony včelího plodu (Hrvatská pčela, 2009).

3.1.1. POHLAVNÍ FEROMONY

Každý druh hmyzu tyto chemické látky s povahou atraktantů vytváří odděleně podle pohlaví (Veselý, 2003). Jsou to feromony, které vylučuje příslušník jednoho pohlaví, výsledkem je přivábení partnera opačného pohlaví za účelem oplodnění. Takto se zajišťuje šíření druhů (Hrvatska pčela, 2009). Včelí matka pohlavní feromony vytváří v kusadlových žlázách (Veselý, 2003). Sekrece matek obsahuje především mateří látku, která tvoří 60%, dále dva izomery trans-9-hydroxy-2-decenové kyseliny, metyl p-hydroxybezoát (metyl paraben), (4-hydroxy-3-metoxyfenyl) etanol a další látky (Včelařství, 9/2005). Její specifický feromon, mateří látka, má velký mnohostranný účinek na včelstvo. Tato mastná kyselina je pohlavní atraktant pro trubce (vábí trubce v říji do úlu a na shromaždiště), působí na dělnice (potlačuje rozvoj jejich vaječnicků, mění jejich chování) a má hlavní vliv na soudržnost včelstva (Veselý, 2003). Ve včelstvu je rozšiřována takzvanou trofolaxí při vzájemném předávání potravy mezi jednotlivými dělnicemi. Při absenci této látky by začal nový chov matek a celá organizace úlu by se zhroutila (American Bee Journal, 2010). Když včelstvo zůstane bez matky a nemůže si vychovat novou, dochází u některých dělnic k rozvoji a bujení vaječnicků, které jsou aktivní v průběhu jen několika dní. Po naklazení vajíček z buněk vybíhají jen haploidní (genom má jen jednu sadu chromozomů) trubci. Proto taková včelstva brzy zanikají (Hrvatská pčela, 2009). Dělnice produkují látku, která má podobné izomery jako látka mateří, jde o 10-hydroxydekanovou kyselinu a trans-10-hydroxy-2-decenovou kyselinu. Tyto kyseliny slouží hlavně jako potrava pro krmení larev. Dělnice také dokážou syntetizovat mateří látku, která slouží při utváření hierarchických vztahů mezi dělnicemi. Schopnost dělnic produkovat mateří látku je však inhibována feromony funkční matky. Při odstranění matky by do dvaceti čtyř hodin dělnice vytvářející mateří látku soutěžili o dominantní postavení ve včelstvu (Včelařství, 9/2005). Také trubci mají svůj feromon, který se částečně podobá tomu, co produkuje matka. Jeho účinek je ale obrácený, vábí matky, které se nacházejí v říji, a nejspíše je vede na shromaždiště trubců. Trubci tento tuto látku vytvářejí v hlavě (Veselý, 2003).

3.1.2. POPLAŠNÉ FEROMONY

Jejich vytváření ve zvláštních žlázách, nebo v tkáních v okolí žihadla a v kusadlových žlázách dělnic má za následek vzrušení společenského hmyzu a vyvolání agresivity (útočnosti). Tyto látky působí tak, že vydráždí včely během chvilky, několika sekund, a ty hromadně začnou útočit. Reakci vzrušení zapříčiňuje látka heptanon, která vzniká v kusadlové žláze a reakci útočení zas vyvolává látka izopentelacetát. Známe tedy dva druhy poplašných feromonů (Veselý, 2003). Poplašné feromony jsou z chemického hlediska rozmanité těkavé látky, pro člověka vnímatelné jako ostré čpavé vůně (Žďárek, 1980). Obsahují směs několika druhů molekul, které jsou velice prchavé, což je velmi podstatné pro krátkodobou signalizaci. Jako médium tyto látky používají pro přenos vzduch (Hrvatska pčela, 2009). V mandibulární žláze včely vědci našli třicet dva účinných látek. Společenský hmyz podle stupně poplachu dokáže tyto látky regulovat a tím také regulovat stupeň poplachu (Žďárek, 1980).

Obsah jednotlivých feromonů i jejich vůně se neliší pouze mezi jednotlivými druhy včel, ale liší se také mezi jednotlivými včelstvy v jednom včelínu. Na příklad evropská včela je mnohem mírnější a méně nebezpečnější. To nejspíše z důvodu, že je již staletí odchovávána člověkem. Oproti tomu, u afrikanizovaných včel, které jsou mnohem agresivnější, dochází často k napadení, které končí i smrtí oběti. A to i přes to, že obě včely vylučují poplašné feromony stejného obsahu, jen afrikanizované je vylučují ve větším množství. Někdy se stává, že ve skupině lidí je napaden jen jednotlivec a to díky vůni napadené osoby, která včelu láká. Toto napadení je přátelského typu a až po náhlé negativní reakci oběti se napadení mění v agresivitu (Hrvatská pčela, 2009).

3.1.3. ZNAČKOVACÍ FEROMONY

Tyto feromony jsou charakteristické pro létavky, které takto označují nalezené zdroje snůšky. Vznikají tak, že ve vonné žláze létavek, která se nachází na drobných chodidlových žlázách, se tvoří geraniol, citral a nerolová kyselina. Vůně těchto látek dohromady připomíná vůni květů meduňky, či plodů kdoule. Všechny tyto látky létavky vábí, a proto si jimi označují česno úlu, aby nezabloudily a snáze našly ten správný vchod (Veselý, 2003). Podle posledních výzkumů nejvíce voní cis – a transizomery citralu, které byly nalezeny i v nektaru a pylu rostlin, které včely navštívily. Feromon geraniol včela čerpá z rostlin, ty ho uvolňují z aromatických látek květů. Včely rodu *Trigona*, které jsou bezžihadlové, využívají ke stejnému účelu jinou sloučeninu rostlinného původu – benzaldehyd, který je pro značkování potravy ideální (www.n-vcelari.sk). Značkové

chodidlové feromony vytváří i matka, ale ne proto, aby našla úl, ale předpokládá se, že je jí prospěšný při orientaci při kladení vajíček na plástech. Pro létavky jsou hlavně velmi důležité v orientaci, mají jimi poznačený úl, a i kdyby se poloha úlu výrazně změnila, létavky díky značkovým feromonům svůj poznačený úl lehce najdou (Veselý, 2003). Ovšem poslední výzkumy prokázaly, že vůně cizího úlu včely odpuzuje, stejně tak působí i feromony raněné včely. Raněné včele ostatní včely zpravidla neposkytují potravu, a ani ji nepustí do úlu, na rozdíl od těch včel, které jsou zdravé, a mezi kterými potrava stále koluje (www.n-vcelari.sk).

3.1.3 SHROMAŽĎOVACÍ FEROMONY

Jsou tvořeny matkou, trubci, dělnicemi i včelím plodem a mají velký podíl na pospolitosti celého včelstva (Veselý, 2003). Jejich výroba a vylučování ve včelím společenství je závislá na pohlaví, době a také na funkci, kterou tento jedinec oznamuje společenství (Hrvatská pčela, 2009). Nejznámější ale produkuje matka. Rojící se včely, když tento feromon ucítí, jsou vábeny k vytvoření tzv. rojového chumáče, který je pro včely charakteristický (Veselý, 2003). Vůně mateří látky je pro každou matku jiná, proto pomocí ní dokážou včely rozpoznávat potencionální vetřelce. Šíří se tak, že mladé včely sejmou z matky její mateří látku a předávají ji ostatním. Všechny včely mají vonnou žlázu, a tak jsou schopny tuto látku udržet. Pokud ale matka ve včelstvu chybí, včely to poznají během malé chvílky (www.n-vcelari.sk). Matka produkuje čtyři feromony, dva jsou tvořeny v kusadlové žláze a souhrnně se nazývají mateří látka. Zbylé dva jsou produkovány na zadečkových člancích a žihadlové komoře. Účely feromonů matky jsou v úle a mimo úl rozdílné. V úlu vábí mladé dělnice k matce a podporují jejich stavební činnost, současně zabraňují rozvoji jejich vaječnicků. Mimo úl opět přitahují dělnice, stabilizuje je v roji a přitahují trubce na shromaždištích, kde je dráždí ke kopulaci (Jan Drašar et al., 1978). Dělnice zas vylučují feromon Nasanovovy žlázy, který má za úlohu orientaci, nacházení svého úlu při návratu do včelína, nacházení zdroje potravy a při shromažďování roje. Tento sekret žlázy vylučují tak, že ho vytlačí mezi hřbetními články exoskeletu a jeho šíření provádí třepotáním křídel (Hrvatská pčela, 2009).

Není to jistě prokázáno, ale vědci se domnívají, že shromažďovacích feromonů je ještě více, avšak jejich chemická postata není doposud zcela objasněna. Všechny tyto feromony působí na kolektivní spolupráci ve včelstvu a na dělbu práce včel (Veselý, 2009).

Feromony s opačným účinkem, na rozptylování, slouží pro udržování optimální hustoty v úlu, a udržování ideální vzdálenosti jednotlivých sociálních skupin stejného druhu. Významná je i jejich funkce při rozptylování členů skupiny při objevení nebezpečí (Hrvatská pčela, 2009).

3.1.5. POVRCHOVÉ FEROMONY

Můžeme nalézt na povrchu těla včely ve voskové vrstvičce. Jsou to vonné nepříliš těkavé látky, které jsou touto voskovou vrstvičkou vázány. Jsou vnímány včelami jen na velmi malou vzdálenost, nejlépe rovnou dotykem tykadly (Veselý, 2003). Každé včelstvo má svůj vlastní specifický „pach“ podle kterého je rozeznávají včely strážkyně a tak mohou kontrolovat jednotlivé přilétající včely. Rozeznání cizích včel probíhá při dotyku tykadly a to především na hlavě, hrudi, zadečkem a nohách, nejčastěji jsou kontrolovány zadní nohy a zadeček. Včela, která kontrolu provádí, rychle pohybuje tykadly a stále obchází kolem kontrolované včely. Tento pohyb je natolik rychlý, že pouhým okem není k rozeznání. Pokud včela „nevoní“ jako příslušné včelstvo, je ihned obklopena ostatními včelami, které ji kusadly chytají nohy, křídla, či sosák a jiné části těla (www.n-vcelari.sk).

3.1.6 FEROMONY VČELÍHO PLODU

Podstata feromonů včelího plodu není stále známá. Stejně jako shromažďovací feromony působí na soudržnost včelstva a dělbu práce, navíc ještě působí na létavky, které stimulují k přinesení nektaru a pylu do úlu (Veselý, 2003).

Feromon včelího plodu se skládá nejméně z deseti komponentů, přičemž proporce jednotlivých složek se liší vlivem stáří larev, stupněm hladovění a dalších potřeb. Feromony mladých larev „křičí“, že mají hlad a žádají o nakrmení. Předkukly zas prosí o zavíčkování. Tyto vlivy pramení z role feromonu včelího plodu jako krátkodobého spouštěče, ten vyžaduje rychlou reakci krmiček. Dlouhodobá role tohoto feromonu spočívá ve funkci základního feromonu v úlu, která poskytuje v informaci o umístění a stavu plodového tělesa a nepřímo také je měřítkem plodnosti matky. Dále stimuluje aktivaci hltanových žláz kojiček a potlačuje úroveň juvenilního hormonu v jejich tělech. Takto pravděpodobně udržuje kojičky mladé a produkující kašičku. Starší včely zas stimuluje ke sběru pylu potřebného pro krmičky, aby mohly tuto kašičku vyrábět (American Bee Journal, 2010).

3.1.7 OBJEV NOVÉHO FEROMONU

Před několika lety se entomolog Huang ve svém článku zmínil o zvláštní schopnosti starších dělnic ovlivňovat své mladší sestry tak, aby nevylétávaly ven, a staraly se o plod. Roku 2005 se mu podařilo tento feromon izolovat a prozkoumat. Zjistil, že létavky produkují etyloleát (signální látka), kterým jsou krmeny ostatní včely. Ten na ně působí tak, že zpomaluje jejich předčasné zrání a s tím je také spojen vývoj mladých včel v létavky. Díky tomu je ve včelstvu udržena rovnováha mezi létavkami a včelami, které se v úlu starají o plod. Pokud by se do úlu nevrátilo větší množství létavek, mladší včely by tak rychleji vyzrály a staly se létavkami. Tuto látku mají létavky v zadečku na místě, kam si dočasně dávají nektar. Etyloleát létavky přijímají během sběrného letu a ukládají si ho na toto místo. Při přiletu do úlu s ním pak krmí kojičky, díky čemuž je pak jejich dozrávání zpomalováno. Kdyby se tak nestalo, kojičky by dozráli hned, a staly se létavkami. Pro včelstvo je tento systém dělby práce velmi podstatným. Mladé včely mají v krvi speciální protein, a tak jsou velmi vhodné pro péči o plod, jako létavky by neuspěly hlavně proto, že jim chybí zkušenosti a mnoho by jich předčasně zemřelo (Dieter Schürer, 2005). Mladé včely dokud jsou krmíčky, žijí mnohem déle než létavky. Teprve až se z nich stanou létavky a vyletují ven za pastvou, tak se doba jejich života rychle zkracuje. V době intenzivní medné snůšky aktivní sběratelky nektaru žijí nejvýše dva týdny. Pro tyto mladé včely by tak bylo nevýhodné změnit se v létavky, dokud to není ještě skutečně třeba (American Bee Journal, 2010).

Je velice pravděpodobné, že existují ještě další specifické feromony včel, ale doposud nebyla zcela objasněna jejich role při komunikaci a ani jejich chemická podstata. Ví se o nich jen velmi málo (Veselý, 2003).

3.2. VČELÍ TANEČKY

Jak již bylo řečeno, za objevení a podrobné vysvětlení včelích tanců se vděčí rakouskému zoologovi Karl von Frischovi profesorovi mnichovské univerzity. Z jeho poznatků je čerpáno dodnes.

Celý princip této specifické řeči spočívá v pohybu, proto je nazýván včelími tanečky. V každém včelstvu je několik létavek, které mají za úkol hledat potravu a také vodu. Při této činnosti nejvíce využívají zrak a velmi dobře vyvinutý čich. Pomáhají si také tykadly, kterými jsou schopny rozeznat i vlhkost vzduchu (Švavcer, 1969). Aby létavka, která se vrátila do úlu s plným medovým váčkem vzbudila pozornost ostatních včel, nabídne jim svou potravu a

začne taneček. Několikrát ho zopakuje, tam a zpět a po jeho ukončení nabídne ostatním družkám, které ji sledovaly, potravu z medového včáku. Takto mobilizovala ostatní včely na zdroj potravy pomocí tzv. kruhového tanečku. Dorozumívacích tanečku je několik, nejdůležitější je kruhový a osmičkový či natřásavý (Veselý, 2003). Roku 1929 přibyl ještě jeden zvláštní třasavý tanec, při kterém včela zvedá do výše zadní nohy a někdy může velmi rychle pohybovat tělem doprava a doleva. V. G. Milum tento tanec nazval jako Tanec vyzývající k úpravě zevnějšku. Takto tančící včely vyzývají ostatní dělnice z úlu, aby jim udělaly něco na způsob kadeřnické služby. Výsledkem tance je většinou mladuška, která vyleze na takto tančící včelu a mezi svými kusadly protahuje její chloupky, někdy může dojít k tomu, že je i překousne (Novák, 1958).

Tančí včely létavky, a to ve všech situacích kdy chtějí zmobilizovat ostatní včely na snůšku, sběratelky vody a pylu a dokonce bylo vypořádováno, že i včely tancem vyžadují vyčištění kožíšku. V roji tančí také včely ubytovatelky, které tím chtějí upozornit na to, že našly vhodné místo, kde se roj může usadit. Tento způsob dorozumívání není znám u žádného jiného živočišného druhu (Veselý, 2003).

Celý taneční cyklus se odehrává jen během několika málo sekund a na ploše s průměrem asi dva až čtyři centimetry. Pro jeho krátké trvání vědci při zkoumání používají videozáznamy, ve kterých mohou odhalit mnoho detailů pouhým okem neviditelných. Konají se téměř výlučně v malém prostoru poblíž česna, kde se potkávají tanečnice s létavkami, které mají převzít informaci (Tautz, 2010).

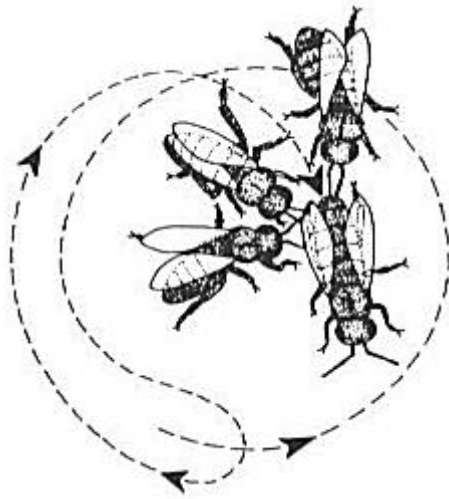
Vědci z USA přišli s novým náhledem na tyto tanečky a zpochybnili tak tradiční obrázek ústřední role řeči tanečků. Při pozorování včel vědci zjistili, že hlavně zkušené sběračky mají o osmičkové tanečky menší zájem než mladší včely. Nesledovaly je vůbec, nebo jen malou chvíli. Proto se výzkumníci domnívají, že tanečky souží u zkušených včel jenom k reaktivaci. Například pokud včela dosud sbírala jen na určité jabloni, a tanečnice přinese do úlu jablečnou vůni, sběračka již nepozoruje taneček a rovnou letí na svojí jabloň. Tanečkem tak byla pouze reaktivována. Zkušené včely se i časem naučí, ve kterou denní dobu nektar teče a tak tanečky nemusí téměř sledovat. Při pokusu, který prověřoval tuto hypotézu, bylo zjištěno, že i když tanečnice navigovaly včely na neznámý zdroj, který voněl stejně jako ten, který znaly sběračky, většina včel (přes 90%) se spolehla na vlastní zkušenosti a navštívila svůj známý zdroj. Pokud však najdou svůj zdroj prázdný, začnou osmičkové tanečky sledovat po delší dobu a tak dekódovat umístění nového zdroje potravy. Z těchto výsledků výzkumů plyne, že včely využívají různé informační zdroje, ale podstatnou roli

v jejich rozhodování hrají vlastní zkušenosti. Různé včely tak osmičkové tance používají odlišným způsobem (Adiz, 2010).

3.2.1. KRUHOVÝ TANEC

Dříve byl kruhový tanec považován za stimulaci včel, aby pátraly kolem úlu bez toho, že by byl určený směr s tím, že se včely orientovaly pouze podle vůně. Poslední výzkumy ale prokázaly, že tanec určuje i směr, ale včely na něj neberou příliš velký zřetel, a většinou hledají ve všech směrech kolem úlu (American Bee Journal, 8/2009). Pokud najde včela potravu v bezprostřední blízkosti od úlu (cca do 50 - 70m), oznamuje to ostatním včelám pomocí tzv. kruhového tance. Před tím než s nimi začne komunikovat, najde pomocí přibližně deseti letů na ono místo s potravou tu nejkratší cestu a poté jim pomocí tance naznačí, kde mají hledat (Tautz, 2010). Tanec probíhá tak, že včela na různých místech plástů rychle pobíhá v malých kroužcích, přičemž střídavě opisuje kružnici zleva a zprava. První po směru hodinových ručiček, následně běží v protisměru (Drašar et al., 1978). Vůně zdroje, které mají včely hledat, ulpívá na tělech pátraček a tak se stává hlavní informací pro orientaci včel (Přidal, 2005). Tanec včela doplňuje ještě o vůně a chuť potravy, kterou předává ostatním dělnicím. V blízkosti zdroje pomáhají hledajícím včelám feromony vonné žlázy a žláz chodidlových (Drašar et al., 1978). Velkou nevýhodou feromonové signalizace však je, že s časem slábne. Proto se uplatňuje především na zdroje, které jsou v blízkosti úlu (Včelařství, 8/2005).

Někdy se včela oddělí z tanečního reje ještě dřív, než skončí tanečnice svůj tanec a letí ven hledat potravu jen podle vůně, kterou získala dotykem tykadel o tanečnici, jejíž tělo při sání nektaru nasáklo jeho vůni. Když se sami vrátí s plnými medovými váčky, začnou verbovat ostatní ke sběru. Intenzita tance je určována koncentrací cukru v nasátem nektaru, čím je roztok sladší, tím jsou tance živější rychlejší, naopak když potrava není tak sladká, včely tančí pomaleji. Někdy včely zpravodajky ani netančí, stačí jen, když se jich ostatní včely dotknou tykadly a hned mohou jít hledat podle vůně. Pokud jsou květy bez vůně, nebo jen nevoní, včela zpravodajka vyroní na místě osobitou vůni z vonné žlázy svého těla. Ohne konec zadečku, kde se vychlípí vonná žláza, ze které vychází etherická vůně. Na tuto vůni včela silně reaguje i na velkou vzdálenost. Dokonce i člověk je schopný tuto vůni vnímat. Pokud je nektarový zdroj slabý, včely toto značení nepoužívají (Schönfeld, 1955).



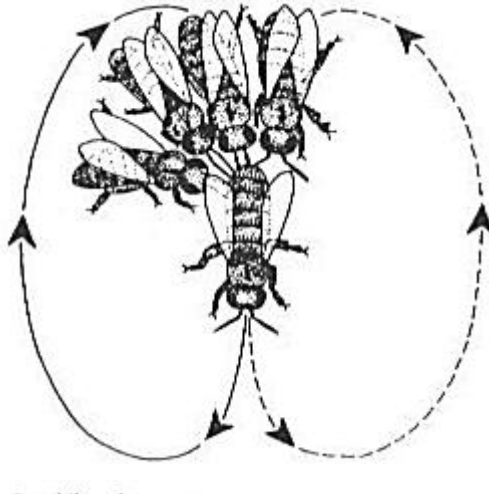
Obrázek č. 1: Schéma kruhového tance

(přejato z: http://www.nvcelari.sk/sal/VCELY48_soubory/image004.jpg)

3.2.2. OSMIČKOVÝ TANEC (KÝVAVÝ)

Pokud se stanoviště potravy vyskytuje ve větší vzdálenosti, je používán tzv. osmičkový tanec, při kterém některé taneční figury odpovídají poloze nalezených květů. Osmičkový tanec je velmi pravidelný a intenzivní, proto je mu ve výzkumu věnována velká pozornost. Včela při něm asi patnáctkrát za vteřinu střídavě pohybuje tělem na obě strany a poté běží v oblouku k počátečnímu bodu kmitavého pohybu, následně opakuje kmitání a běží na druhé straně osmičky opět k počátečnímu bodu. Díky zpomaleným záběrům bylo zjištěno že, tzv. kmitavý běh je jenom optický klam, který vzniká tím, že se včela při běhu chvílemi zastaví a rychle se chvěje, po té hned běží dál. V kmitavé fázi je všema šesti nohama pevně přichycena základu a jenom posunuje vpřed tělo nad stojícíma nohama.

Jakmile včela začne tančit, shlukne se kolem ní dalších přibližně deset včel, které tančí přesně podle ní. Všechny jejich pohyby jsou zcela sladěny, způsob kladení nohou, úkony těla i celkové otáčení těla. V kmitavé fázi tance nalezneme taneční části, které souvisejí s polohou květu (Tautz, 2010).



Obrázek č. 2: Schéma osmičkového tance

(přejato z: http://www.nvcelari.sk/sal/VCELY48_soubory/image004.jpg)

Právě Karl von Frisch si všiml, že směr kmitavé fáze se v průběhu dne stále mění, ačkoli stejné včely z jednoho úlu hledají tu stejnou potravu a přišel na to, že systematické změny tanečních figur úzce souvisejí s postavením slunce v průběhu dne, protože jediné co se přes den měnilo, bylo postavení slunce.

Při letu včely vidí současnou polohu slunce a přenesou úhel vyplývající z linie polohy hnízda s polohou slunce a linie polohy hnízda s nalezištěm potravy, do taneční figury pod určitým úhlem. (viz. obrázek č. 2: Schéma osmičkového tance ve vztahu k orientaci včel v terénu) Když je však obloha zatažená, pomáhá jim polarizační vzorec, aby si mohly domyslet umístění slunce. Ostatní společenský hmyz, který nemá ve svém hnízdě svislé plochy, které by úhel zaznamenaný při letu přenesly na úhel zobrazený v tmavém hnízdě, si nedokáže vytvořit tuto řeč tance jako včely. Disponují jí tak jenom včely medonosné (Tautz, 2010). Na svislé ploše plástů se včela orientuje podle zemské tíže. Tu vnímá jako protipól slunce. Takto tedy převádí horizontální skutečnost do vertikálního postavení na svislé ploše plástu. Půdorysný úhel vytváří tak, že natočí střední osu tance. Pokud včela míří po plástu přímo nahoru, potrava je přímo za sluncem. Pokud se včela odchyluje od tohoto směru o určitý úhel nalevo, či napravo, potrava se pak bude vyskytovat ten samý úhel na onu stranu.

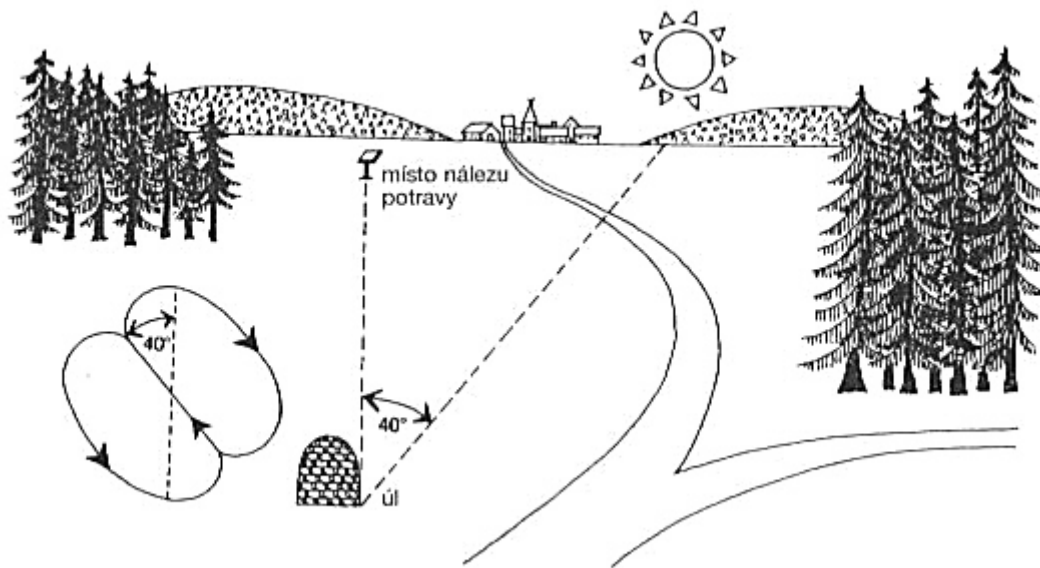
Létavka, která zdroj potravy objevila a informuje o něm, bere na vědomí i skutečnost, že pozice slunce se stále mění. Při tanci tak ukazuje úhel mezi osou letu a slunce v situaci, která platí nyní a ne tu která platila při objevení potravy. Protože létavky, které se nechaly naverbovat, nevyletí ihned po té, co obdrží informaci o umístění zdroje, tak aktuální úhel mezi

osou letu a osou slunce se opět zase mírně změní. I přesto naverbované včely vylétající z úlu později přesně trefí k určenému zdroji potravy a to díky schopnosti včel, která se vyvinula díky vrozeným cirkadiálním rytmům (Přidal, 2005).

Osmičkový tanec navíc vypovídá i o tom jak je potrava vzdálená. Kmitavá fáze tance má stále stejnou frekvenci pohybu, ale jestliže je cesta k potravě vzdálená, tak i tento kmitavý pohyb je delší (Tautz, 2010). Pokud by včela musela přeletět k potravě např. vzdálenost sto metrů, počet otáček by byl deset za patnáct vteřin a při vzdálenosti pět set metrů by bylo otoček už jen šest. Počet otoček byl Frischem definován jako kmitavý běh po střední ose a návrat zpět do počáteční polohy těsně před tím, než začne kývavá část tance. Čím víc otáček včela zvládne za patnáct vteřin, tím blíže se nachází zdroj potravy. I průběh tance může naznačit vzdálenosti k potravě. Pokud včela tančí pomaleji, stráví delší čas kýváním zadečku při pohybu po střední ose. Při tomto pohybu vydává vysoký bzučivý zvuk, z čehož plyne, že čím je tanec pomalejší, tím delší je čas pro bzučení. I doba bzučení může být tedy využita k určení vzdálenosti (American Bee Journal, 7/2009).

S největší pravděpodobností má souvislost délka letu s rychlostí prováděného tance. Rychlost tance je podmíněna svalovou námahou, kterou včela pro překonání vzdálenosti za potravou musela vyvinout. Čím je zdroj vzdálenější, tím byla námaha včely větší, a proto jsou pak její pohyby při provádění tance pomalejší. Totéž platí, pokud musela včela překonat za potravou nějakou překážku (silný vítr), pak jsou její pohyby opět pomalejší a naopak, pokud letěla po větru, její taneční pohyby jsou rychlejší a znázorňují tak kratší trasu, než je ve skutečnosti (Novák, 1958). Pro prvních sto metrů letové dráhy se trvání této fáze rovnoměrně protahuje, poté se její trvání už tak výrazně neprodlužuje. Z toho vyplývá, že údaje na krátkou vzdálenost jsou velmi přesné, naopak čím delší vzdálenost, tím jsou informace o poloze potravy méně přesné.

Vzdálenost jakou včela uletí, dokáže určit podle rychlosti letu. Rychlost určuje pomocí tzv. optického proudu – „Při letu strukturovaným okolím putuje obraz barevných rozhraní a hran předmětů ve složeném oku včely od jedné facety ke druhé. Tímto sledem obrazů okolí přes oko vzniká v zorném poli včely jakýsi „optický proud“ „ (Tautz, 2010). Díky optickému proudu tak dokážou určit vzdálenost, jakou proletěly a přenést ji do tance.



Obrázek č. 3: Schéma osmičkového tance ve vztahu k orientaci včel v terénu – úhel, který udává včela je dán polohou slunce ke svislici.

(Přejato z: http://www.n-vcelari.sk/sal/VCELY48_soubory/image005.jpg)

Byly prováděny experimenty, právě na toto téma včelího optického proudu, kdy se včely nechaly prolétnout úzkým tunelem, který měl na stěnách namalované obrazce, ke zdroji potravy. Včely díky těsnému letu u stěn tunelu vnímaly zvýšený optický proud a tak když dávaly vědět ostatním včelám o potravě, chybně předváděly delší kmitavou fázi, než byla opravdová vzdálenost, jakou letěly. Tento pokus přinesl mnoho nových poznatků:

- Názor, že včely používají pro určení vzdálenosti spotřebu energie, byl tím pádem vyvrácen, zároveň bylo potvrzeno, že pro určení vzdálenosti využívají tento optický proud.
- Potvrdilo se, že včely měří vzdálenost jen při letu z úlu za potravou a ne i nazpět.
- Ukázalo se, že včely pro měření vzdálenosti používají pouze receptor pro zelenou, která je nejběžnější u vegetace, ačkoli vnímají i ultrafialovou a modrou.
- Bylo objasněno, že včely opravdu využívají informace, které si předávají v tanečku.

Včely tímto tancem neudávají jen jakým směrem se nachází zdroj a jak je daleko, ale popisují i ostatní důležité aspekty své cesty za potravou. Stejně jako u kruhového tance, čím sladší potravu najdou, tím intenzivnější je tanec a tím rychleji obíhají celou osmičku, jen

kmitavá fáze zůstává vždy stejná. Pokud je cesta nebezpečná, fouká silný vítr, či hrozí nějaké nebezpečí, intenzita tance se zase snižuje. Včely, které po tanečnici napodobují tanec, ji nahmatávají svými tykadly, např. během kmitavé fáze se ostatní včely tanečnice dotýkají tykadly v úhlu 120-150°. Zadeček včely tanečnice se v určité frekvenci dotýká tykadel včel, stojících kolem. Pokud včela sledující tanečnici stojí k ní v pravém úhlu k boku, pak se zadeček dotýká obou tykadel naráz. Jestliže tato sledující včela je za tančící, dochází k střídavému kontaktu tykadel. V mezipolohách vznikají další kombinace doteků. Tanečnice v kmitavé fázi jde dopředu, mezitím ji ostatní včely pozorují – vzor se systematicky posouvá. Pakliže včela srovná vlastní polohu, kterou stále vnímá, s informací kterou dostala pomocí tykadel, zjistí směr, který naznačuje tanečnice. Vzdálenost potravy je shodná s celkovou dobou stimulace tykadel pozorujících včel. Zatím tato problematika není ještě úplně objasněna, neví se například, jak včely najdou v „davu“ ostatních zrovna včelu tanečnici, která jim má pomocí tance předat informace o potravě, či jak dokáže včela doletět za potravou až deset kilometrů – což už tancem vyjádřit nelze.

Pro přivolání ostatních tanečnic jsou velmi důležité vibrace plástů, které včely vytváří hrudními svaly a vychylováním zadečku při tanci. Frekvence vibrací je 230 – 270 kmitů za vteřinu. Někdy včely převádějí tanečky, které se podobají osmičkovým, ale nevytváří při nich vibrace. Proto nejsou pro ostatní včely tak atraktivní a nepřilákají je.

Včely, které často sledují včelu předtanečnici, se stávají létavkami, ze začátku jsou ale nezkušené a let k nalezišti potravy jim trvá až třicetkrát déle, než zkušeným létavkám, které zdroj již navštívily. Zkušené a nezkušené včely při letu za potravou tvoří malé smíšené skupinky o přibližně deseti jedincích, přičemž vždy první přistanou v cíli ty včely, které na daném místě již byly a znají ho a až poté nezkušené včely. Nové a zkušené včely nikdy z hnízda nevlétávají společně, ale utvoří skupinu až na cestě z úlu za potravou. Zkušené včely pomáhají novým včelám i tím, že po tanci letí ke zdroji, o kterém informovala, kde kolem něj hlasitě bzučí a krouží. Je možné si u nich i všimnout na zadečku malého světlého proužku – Nasanovy žlázy, ze které vypouští vonnou látku (geraniol), kterou si pomáhají v mnohačetných situacích. Při rojení včel zkušené létavky vytvářejí svůj miniaturní roj (Tautz, 2010).

Ryuichi Okada a jeho kolegové z Japonska přišli s tím, že ačkoli jsou tanečky velmi důležité pro zverbování ostatních včel létavkami na pastvu, tak nikdo přímo nezměřil, zda tanečky opravdu ovlivňují množství potravy, jakou jsou schopny včely získat. Proto se rozhodli otestovat, zda včelí tanečky opravdu ovlivňují množství získané potravy. Zabránili létavkám, vracejícím se z pastvy, v komunikaci s ostatními včelami v úlu. Střídali dny, kdy

létavky mohly a nemohly komunikovat se zbytkem úlu, a na konci dne úl vždy zvažili, aby mohli zjistit, zda komunikace tancem létavek s ostatními včely nějak ovlivnila množství získané potravy. Tento pokus opakovali v průběhu několika let – vždy brzy na podzim na třech různých místech v Japonsku, aby si byli jisti, že žádné další faktory nemohly ovlivnit úspěch včel.

Porovnáním úlů zjistili, že úly do kterých měly létavky přístup a mohly jim předat informace o nalezištích potravy, měly více hmoty, než ty, které přístup létavek neměly dovoleny. Okada a jeho tak kolegové ukázali, že včelí tanec má opravdu vliv na množství potravy, udržení kolonie, ale také, že včely se dokážou dobře přizpůsobovat novým podmínkám (Okada et al., 2012).

3.2.3. NATŘÁSAVÝ TANEC

Natřásavý tanec je dalším základním informačním tancem. Ačkoli má stejnou frekvenci s osmičkovým tancem (10-15 Hz) jejich forma je zcela jiná. Tento tanec je odlišný od předchozích dvou tím, že neinformuje o lokalizaci potravy, ale slouží k optimalizaci poměru mezi dělnicemi (létavkami), které přinášejí do úlu potravu a mezi včely, které tuto potravu v úlu přejímají. Tanec se skládá ze tří fází, fáze vibrační, skládající se z pohybů ze strany na stranu, či dopředu a dozadu, fáze rotační, která spočívá ve změně osy těla a z fáze přeměnné, což je běh po plástu. Při vibrační fázi se na rozdíl od osmičkového tance, kde se pohybuje pouze zadeček, pohybuje celé tělo. Mezi jednotlivými kmity jsou krátké přestávky, během kterých se včela otáčí a osa jejího těla tak směřuje odlišnými směry v rozmezí přibližně 48°. Díky krátkým přestávkám tento tanec vypadá trhavě až křečovitě. Tanec začíná už na česně a to jen tehdy, pokud létavka nemůže nalézt přejímatelku a trvá přibližně až dvacet sedm minut, za kterých projde celý úl, a to i včetně plodové části. Pokud včela hned najde přejímatelku, tato další část neprobíhá (Přidal, 2005).

Natřásavé tance mají velký vliv na regulaci schopnosti včelstva přebírat a zpracovávat určité množství nektaru (Přidal, 2005). Přebírání nektaru probíhá mezi včelami středního věku a létavkami. Veškerý nektar je předáván létavkami odběratelkám v takzvaném tanečním prostoru poblíž česna, odkud je pak včelami odnášen k plodovému tělesu, kde je okamžitě využit krmičkami, nebo uložen jako zásoba (American bee journal, 2010). K těmto natřásavým tancům se uchylují létavky, pokud je větší snůška a musí tak dlouho čekat na přejímatelku. Výsledkem je zalarmování většího množství dělnic k přejímání a zpracování nektaru (Přidal, 2005).

3.2.4. FUNKCE PLÁSTŮ PŘI KOMUNIKACI VČEL

Už v polovině šedesátých let minulého století badatelé zjistili, že tančící včely, díky svým létacím svalům vydávají jakési skřípavé zvuky, které jsou velmi důležité při naverbování ostatních včel. Tance, které nedoprovázely žádné zvuky, nikdy žádné včely nezaujaly (Spektrum der Wissenschaft, 8/2002). Výjimkou je druh včel *Apis florea*, tyto včely si staví otevřená hnízda a dělnice tančí jediné za světla, tedy v době, kdy přihlížejícím včelám k pochopení tance stačí jen vizuální dojem. Vzhledem k mnoha dalším primitivním vlastnostem druhu *florea* se můžeme domnívat, že složitá akustická signalizace vznikla až později z vizuálních signálů a to jen u druhů, které se přestěhovaly do prostor, bez světla.

(www.vcelistraz.cz).

Tento vrtivý tón je zaznamenán přes plásty smyslovými orgány včel. Ještě na konci osmdesátých let žádné vibrace na plátu, kde včely tančily, nebyly potvrzeny a to hlavně z důvodu, že nebyly takové technické možnosti ke zkoumání vertikálního chvění (pohybů plást zvedajících a snižujících). Tyto skřípavé zvuky objevené v šedesátých letech vznikají létacími svaly včel, kdy včela svá křídla svěsí a pohybují se pouze svaly. Křídla ale nevykonávají stejný pohyb jako při letu, ale jen vibrují. Jejich frekvence při tomto pohybu může dosáhnout dvě stě až tři sta pohybů za sekundu. Tento svalový třas však probíhá během osmičkového tance jen v krátkých impulzech a to o délce třicet až padesát milisekund. Tento krátký impulz je vysílán před každou obrátkou tance (Spektrum der Wissenschaft, 8/2002).

Komunikační signály, kterými se včely dorozumívají, jsou velice silné, a tak přehluší i zvuky okolí, výjimkou jsou ale vibrační signály kmitavých tanců. Je to dáno tím, že na plástu jsou většinou tisíce včel, které se zabývají různými činnostmi, při kterých vydávají mnoho rušivých zvuků. Včela všechny kmity plástu roztrídí díky svým šesti nohám. Kmitání se rozšiřuje po krajích buněk plástů a vždy kmitá celá plocha. Protější hrany buněk se hýbají stejným směrem, jen v buňce, kde kmity vznikly, se protější strany pohybují jiným směrem. Tanečnice zapřená všema šesti nohama na okrajích buněk vysílá vibrace, a tak se okolo ní vytvoří několik obdobných kmitavých buněk. Přijímačem těchto vibrací se stává včela, která tanec napodobuje po předtanečnici a má stejný postoj na okrajích buněk. Vzniklé dvojrozměrné vibrace plástu dokážou ostatní včely přilákat už z velké dálky. Pokud ale včely tančí na pevných plochách, nebo v roji na tělech jiných včel, jak se tomu často stává při usazení hroznu roje, tance nepřilákají z dálky žádnou včelu (Tautz, 2010). Létavky mnohdy netančí jenom na plástu, tančí tehdy, když potřebují zalarmovat ostatní včely pro sběr, i když

jsou v roji (Včelařství, 1/2010). Také pokud včely tančí na plástech znečištěných medem, nebo plodem, vibrace jsou mnohem menší. Když profesor Tautz se svým týmem přinutili včely tancovat na zavíčkovaných plodových plástech, snížili úspěšnost včel, které se snažily naverbovat ostatní, hned na čtvrtinu (Spektrum der Wissenschaft, 8/2002).

V každém úlu je specifické místo na plástu, poblíž česna, které si včely určily pro předávání informací. Jakmile se létavka vrátí do úlu, najde toto místo a začne tančit. Tento taneční kus plástu je velmi malý přibližně 10 x 10 centimetrů, ale pro včely hraje velkou roli. Pokud by se tento malý kousek plástu vyřízl, nahradil se jiným plástem a přemístil se někam jinam, létavky by po přiletu do úlu šly na své obvyklé místo, kde nezačnou tančit, ale první by hledaly tento kousek plástu a až tam by se pustily do tance. Při dalším přiletu do úlu by pak automaticky letěly k přemístěnému plástu. Z toho se dá odvodit, že tato jejich taneční plocha musí mít nějaké chemické označení. Dodnes ale není přesně prozkoumáno (Tautz, 2010).

Profesor Tautz se domnívá, že nejenom vibrace plástu jsou jediným lákadlem tančících včel. Dalšími prostředky by mohl být pohyb vzduchu řízeného vibracemi křídel, nebo vyšší teplota tanečnic a aromatické látky. Je možnost, že vibrace také slouží jako upozornění včelstva před blížícím se nebezpečím. (U indických včel, je tento jev potvrzen.) U naší včely medonosné, to není ještě zcela prozkoumáno a potvrzeno. Ale například pokud včelař sáhne do včelstva, včely jsou velmi nervózní, a čím hlouběji do nižších nástavků se dostane, tím větší nervozita převládá. Proto znalý a zkušený včelař odebírá horní nástavky a začíná svou práci zezdola směrem nahoru. Výsledkem je klidnější včelstvo, protože včely z horních nástavců nemají žádné možnosti jak zalarmovat včely strážkyně, které jsou na spodních nástavcích (Spektrum der Wissenschaft, 8/2002).

O tyto vibrace na plástu projeví zájem i stavební inženýři a navázali s vědci zabývající se touto otázkou kontakt. Znalosti o tom jak včely stavějí plásty a jak tyto plásty mohou vibrace přenášet, nebo tlumit by rádi využili ve vývoji ocelových konstrukcí výškových budov, které by byly odolné vůči zemětřesení (Bienenwelt, 2002).

4. ORIENTACE VČEL

Zrak, čich a zvláštní orientační smysl jsou hlavními a prvořadými činiteli pro orientaci včel v přírodě. Orientační smysl je hlavně závislý na nervové soustavě včel (Kresák, 1963).

Včely většinou bývají celý život na jednom místě, a málo kdy ho opouští. Avšak aby měly dostatek potravy, létavky musí své hnízdo opouštět a mnohdy se vydávají na dlouhé cesty za zdrojem. Aby mohly dát vědět ostatním včelám, kde se nachází potrava, nejen že si

musí pamatovat vzdálenost a směr, kterým se naleziště nachází, ale hlavně musí trefit zpátky do úlu a poté ono naleziště znovu najít. Včely se orientují díky pomůckám na nebi i na zemi. Velmi důležité jsou pro ně stromy a keře, podle kterých se dá dobře orientovat, či jiné nápadné „značky“ v krajině, ale ještě důležitější jsou pro ně jejich smyslové orgány, zrak a čich. Než včela začne podnikat výpravy za potravou, první si zmapuje blízké okolí. Provádí to krátkými několikaminutovými lety do okolí. Většinou opouští úl hvězdicovitě a to tak aby vždy letěla jiným směrem a úl vždy ležel v prostředku tohoto obrazu. Při dalším delším letu za potravou, si včela umí pamatovat jednotlivé předměty, které po cestě mívá (Tautz, 2010).

Na orientaci včel má taky velký vliv stáří včely. Když vypustíme mladušku do pěti dní věku do vzdálenosti sto metrů, zpět se nevrátí žádná. Desetidenní včely se z této vzdálenosti vrátí už na osmdesát procent, ovšem ze vzdálenosti dvě stě metrů se opět nevrátí ani jedna. Jakmile vypustíme osmnáctidenní včely do vzdálenosti pět set metrů od jejich stanoviště, vrátí se z nich jen šedesát procent a ze vzdálenosti dva tisíce metrů se už nevrátí žádná. Dá se tedy říci, že čím jsou včely starší, z tím větší vzdálenosti jsou schopny se vrátit zpět do úlu. Nemalou roli v orientaci včel také hraje znalost krajiny (Křižan, 1975).

4.1. PROSTOROVÁ ORIENTACE

Pro pohyb v neznámém prostředí jsou pro ně nejdůležitější „značky“ na nebi. Nejlépe se umí orientovat podle slunce a jeho postavení. Pokud však není vidět, napomáhají jim obrazce polarizované záře na nebi. Díky svým složeným očím pro ně není problém rozlišit polarizované světlo od nepolarizovaného. Pro spolehlivou orientaci čím kratší vlny má světlo, tím je lepší a bezpečnější. Nejkratší vlny světla, které jsou schopny včely vidět je ultrafialové světlo. Díky ultrafialovému světlu mohou vnímat značky na okvětních lístcích květů, které toto ultrafialové světlo odrážejí. Takto květy včelám pomáhají při přistání a hlavně jim tak poskytují rozlišovací znamení mezi květy různých druhů rostlin. Pro rostliny je velmi důležité, aby včela se správným pylem našla zrovna ten vhodný květ (Tautz, 2010).

Podle výzkumu, který uskutečnil kolektiv australských a německých vědců můžeme říct, že včely se v prostoru orientují i podle počtu určitých bodů v krajině, které dokážou s jistotou rozpoznat, nebo-li spočítat. Vědci několikrát opakovali pokus, kdy včelu vpustili do takzvaného Y- labyrintu. První tunel z plexiskla byl dlouhý přibližně jeden metr, na jeho začátku byl nakreslen počáteční vzor se zkoumaným počtem bodů. Tento tunel ústil do rozhodovací komůrky, ze které se včela mohla vydat dvěma směry, ale jen v jednom směru na ni čekala odměna v podobě nektaru. Do rozhodovací komůrky se mohla dostat jen obejitím

stínítka, a až poté viděla dva vzory s dvěma až třemi body. Jen jeden vzor ale odpovídal tomu, jaký byl nakreslen u vchodu do počátečního tunelu labyrintu, a tam také včela našla odměnu. Aby se včela správně rozhodla, musela umět porovnat počet bodů ve vzoru u vchodu do tunelu a při rozhodování v komůrce. Jakmile si včely zapamatovaly, kolik bodů je zavede k nektaru, tak při dalším opakováním pokusu již našly cestu ve vteřině a zcela bezpečně. Aby vědci vyloučili, že se včely orientovaly díky barvě, pachu, či jiným vlastnostem, které nesouvisely se schopností odlišovat počty bodů, naplánovali pečlivé kontroly, kterými vyloučili, že by se mohlo jednat o omyl.

Včely tedy opravdu umí počítat až do čtyř, což ve svých cestách za potravou hojně využívají. Při cestách za potravou se vydávají až jedenáct kilometrů a schopnost rozlišování různého počtu bodů jim při orientaci velmi pomáhá, je součástí jejich navigačních schopností a má velký vliv na to, aby se včely dokázaly spolehlivě vrátit domů, či znovu najít určitý zdroj potravy. Při počítání je nezmate ani změna barvy, barevné kombinace, či úplná změna tvaru symbolů. Podle vědce S. Zhanga, včely pro počítání používají dva okruhy paměti. Jeden okruh nazval jako hlavní, jehož úkol spočívá v tom, že si včela vybaví počet bodů a spojí to s odměnou. V druhém okruhu jsou zahrnuta paměťová pravidla, tj. směrnice, jak danou informaci využít. Je ovšem otázkou, zda včely také dokážou provádět základní početní operace. Pro toto zjištění mají již vědci připravené další pokusy (Včelařství, 02/2012).

4.2. ČASOVÁ ORIENTACE

Stejně jako v prostorové orientaci včely využívají slunce a polarizační vzory. S otáčením země se však tyto orientační body mění. Proto včela když znovu letí na určité stanoviště po nějaké době, musí správně stanovit původní směr, podle nově určených orientačních bodů. Na tento postup přišel Karl von Frisch tím, že sledoval létavky, které vždy létaly na jedno stejné krmítko, ale v závislosti na čase pokaždé tančily jiným směrem. Opět jediné co se změnilo bylo postavení slunce.

Včely mají smysl pro čas, a tak dokážou dodržovat dobu, kdy se jednotlivé květy otevírají. Je mnoho druhů rostlin, jejichž květy poskytují nektar jen v určitou dobu, nebo se zas otevírají v jinou dobu, než je obvyklé. Včely si proto pamatují u každého druhu jeho dobu kdy, se květy otevírají, nebo kdy zrovna poskytují nektar a kde tyto květy hledat. Pokud je létavka zvyklá létat na jeden určitý zdroj nektaru, a najednou ho tam nenajde, nikdy už se tam nevrací, nehledá ho, a všechny informace o něm zapomene, ovšem jen při vhodných letových podmínkách. Při špatných podmínkách, kdy se létavky nemohou vzdálit z úlu, pak si pamatují

umístění naleziště potravy přibližně až jeden týden. Přesně na tomto místě pak navážou na další hledání (Tautz, 2010).

Včely také odhadují čas na podkladu metabolických pochodů v těle, které silně ovlivňují změny teploty. Toto zjištění vyplynulo z pokusů, kdy včely byly krmeny na určitém místě stále ve stejnou dobu. Ty si na toto krmení zvykly, a na místo s potravou přicházely vždy v určenou dobu na krmení, aniž by pro rozpoznání této doby používaly denní světlo. Pokud se však ochladilo, včely se opožďovaly a naopak, při oteplení včely přicházely předčasně (Novák, 1958).

ZÁVĚR

Včely mají jeden z nejsložitějších sociálních systémů mezi živočichy, a přestože jsou jedním z nejstudovanějších druhů, o jejich inteligenci víme ještě málo. Vědci stále neobjevili všechny specifické feromony včel a o jejich roli při komunikaci a jejich chemické podstatě se zatím vedou jen dohady. I komplikované včelí tanečky, které jsou dalším ze základních způsobů včelí komunikace, nejsou ještě zcela prozkoumány a vysvětleny. Na objevení významu taneček má největší zásluhu Karl Von Frisch, který vysvětlil podstatu osmičkového a kruhového tance. Jisté je, že hlavní roli při komunikaci a orientaci včel hrají kromě včelích taneček také feromony, které vylučuje každý jedinec včelstva a výrazně jimi ovlivňuje chování celého celku. Zároveň pro tyto včelí dovednosti hrají klíčovou roli smyslové orgány, které vytvářejí propojení s okolním světem. Pro orientaci v přírodě jsou nejvýznamnější smyslové orgány: zrak, čich a také zvláštní orientační smysl, který je pro včely charakteristický.

V současnosti bohužel dochází k velkému úhynu včelstev, za které dle stále se zvyšujícího počtu vědců, s největší pravděpodobností může tzv. „elektromagnetický smog“ způsobený rozvojem moderních technologií. Mělo by to ovšem nás jako lidstvo trápit? Ano, včely jsou nepostradatelným článkem ekosystému, do kterého spadá i člověk. Není náhodou, že o významu včel se zmiňoval také jeden z největších géniů naší doby Albert Einstein. Za zmínku stojí jeho slavný výrok:

„Pokud by zmizely na zemi včely, zbývají lidem jen čtyři roky života“

Albert Einstein, 1879 - 1955

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ

Literatura:

1. Tautz, T. Fenomenální včely. Praha: Nakladatelství Brázda 2010.
ISBN 978 80 209 0379 2
2. Bienefeld, K. Včelařství krok za krokem. Český Těšín: Víkend 2006.
ISBN 80-86891-30-5
3. Přidal, A. Ekologie Opylovatelů. Brno: Lynx 2005. ISBN 80-86787-04-4
4. Veselý, V. Bacílek, J. Čermák, K. Drobníková, V. Harasim, O. Kamler, F. Kreig, P. Kubišová, S. Peroutka, M. Ptáček, V. Škrobal, D. Titěra, D. Včelařství. Praha: Nakladatelství Brázda 2003. ISBN 80 209 0320 8
5. Steiner, R. Podstata včel kosmická chemie. Hranice: Fabula 2001.
ISBN 80-902829-7-0
6. Rejnič, J. Haragsim, O. Rekoš, J. Včelárstvo. Bratislava: Príroda 1990. ISBN 80-07-0032-90
7. Čavojský, V. Haragsim, O. Haragsimová, L. Kresák, M. Mačička, M. Včelárstvo. Bratislava: Príroda 1981
8. Žďárek, J. Neobvyklá setkání. Praha: Panorama 1980
9. Drašar, J. Bacílek, J. Haragsim, O. Kodoň, S. Peroutka, M. Škrobal, D. Veselý, V. Včelařství. Praha: 1978.
10. Križan, V. 1000 otázok a odpovedí zo včelárstva. Bratislava: Príroda 1975.
11. Kresák, M. Anatomia a fyziológia včely medonosnej. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo 1963.
12. Švancer, L. Bratislava: Začínáme včeláriť. Príroda 1969.
13. Von Frisch, K. Tanzsprache und Orientierung der Bienen. Berlin: Springer – Verlag 1965
14. Novák, V. Neznámý svět hmyzu. Praha: 1958
15. Schonfeld, A. anatomie, morfologie a fyziologie včely medonosné. Praha: Československá akademie zemědělských věd ve státním zemědělském nakladatelství 1955.

Časopisy:

1. Včelařství. Roč. 65 (146). Praha: Český svaz včelařů, o. s., 11/ 2012. ISSN 0042-2924
2. Včelařství. Roč. 63 (144). Praha: Český svaz včelařů, o. s., 1/2010. ISSN 0042-2924

3. Včelařství. Roč. 65 (146). Praha: Český svaz včelařů, o. s., 2/2012. ISSN 0042-2924
4. Včelařství. Roč. 64. (145). Praha: Český svaz včelařů, o. s., 2012. ISSN 0042-2924
5. Včelařství. Roč. 62. (143). Praha: Český svaz včelařů, o. s., 12/ 2009. ISSN 0042-2924
6. Včelařství Roč. 58. (139). Praha: Český svaz včelařů, o. s., 8/2005. ISSN 0042-2924
7. Včelařství Roč. 58. (139). Praha: Český svaz včelařů, o. s., 9/2005. ISSN 0042-2924
8. The journal of experimental biology: 215/2012 Waggle dance effect: dancing in autumn reduces the mass loss of a honeybee colony. ISSN 1633-1641
9. Dieter Schürer; Schweizerische Bienen – Zeitung, 1/2005, str. 22
10. Spektrum der Wissenschaft, 8/2002, Jürgen Tautz; Das Festnetz der Bienen, str. 60-66
11. Bienenwelt; Tobias Stever, 3/2002, str. 33 – 34
12. American Bee Journal, 7/2009, str. 3; Mangum, W. A.
13. American Bee Journal, 8/2009, str. 753-754; Mangum, W. A.
14. American Bee Journal, 7/2010, str. 571-574
15. ADIZ, 3/2010, str. 20-21; Christoph Grüter
16. Hrvatska pčela, 9/2009; Ivana Tlak Gaiger
17. American Bee Journal, 6/2010, str. 585-586; Oliver, R.

Internetové zdroje:

1. Komunikace včel: Dostupné na: <http://www.n-vcelari.sk/sal/VCELY48.html>
2. Různé pachy v životě včel: Dostupné na: <http://www.n-vcelari.sk>
3. O včelích tanečcích, orientaci a robotech: Dostupné na:
<http://www.vcelistraz.cz/news/o-vcelich-taneccich-orientaci-a-robotech/>

Seznam obrázků:

1. Obrázek č. 1: Schéma kruhového tance.....26
2. Obrázek č. 2: Schéma osmičkového tance.....27
3. Obrázek č. 3: Schéma osmičkového tance ve vztahu k orientaci včel v terénu
– úhel, který udává včela je dán polohou slunce ke svislici.....29