



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

# Lesnická entomologie

## – ekologie a etologie hmyzu

# Etologie

**Etologie** – studium chování hmyzu – nauka o biologických základech chování živočichů a člověka

• **objasňuje:**

- **bezprostřední příčiny chování** (vnější podněty, vnitřní fyziologické mechanismy a stavy)
- **biologickou funkci chování tj. bezprostřední účinky a konečné důsledky** („k čemu chování slouží“, jeho adaptivní význam a význam pro přežití)
- **vývoj chování během života jedince** (ontogenesi a genetickou podstatu)
- **vznik chování a jeho modifikace během evoluce** (fylogeneze jednotlivých znaků, mutace, selekce, hledání homologie)

Evropská etologická škola – *Niko Tinbergen, Konrad Lorenz a Karl von Frisch* (Nobelova cena r. 1973) – formulovali teoretické základy nauky o chování

# Etologie

## Co je chování?

... to co živočich dělá

## Fylogeneze chování

- „**fosilizované chování**“ – svědectví o projevech chování ve formě zkamenělin, *př.: fosilizované kolonie stromových mravenců r. Atta i s larvami z oligocénu – specializace kast mravenců cca 60 mil. let zpět*
- **Princip homologie** – podobnost v chování 2 a více druhů je vysvětlena společným předkem
- **Princip evoluční konvergence** – vznik podobných znaků nebo prvků chování u nepříbuzných druhů
- **Adaptivní radiace** – evoluční jev, kdy populace začne okupovat novou ekologickou nik; vede ke speciaci tj. vznik nových druhů

Otázka „Co bylo dřív, morfologie nebo chování?“

- ...přechod do nové niky nebo nové adaptivní zóny je téměř bez výjimky zahájen změnou chování. Ostatní adaptace nové nice, zejména strukturální, jsou získány druhotně“

# Etologie

## Hlavní druhy adaptivního chování ve fylogenesi

1. **stereotypní a vrozené chování** – podnět vyvolá reakci
2. **učení** – modifikace na základě předchozí zkušenosti

### 1. stereotypní (vrozené) chování

- **taxe a kineze**
- **reflexy**
- **instinkty**

- **Vrozené řetězce reakcí** vyvolané kombinací smyslové stimulace a vnitřního prostředí
- Spouštěno **klíčovým podnětem**

• Schopnost orientovat se k určitému podnětu (pozitivní - negativní)

• Usměrněné pohyby ke zdroji

• **Vrozené motorické reakce**, podmíněné vrozenými nervovými mechanismy

• **tonické** - pomalé

• **fázické** - rychlé

- **typ chování** - menotaxe (stejný úhel k podnětu), tropotaxe...

**Kineze** - neusměrněné pohyby, při nichž je rychlost pohybu závislá na intenzitě stimulace

# Etologie

## Hlavní druhy adaptivního chování ve fylogenesi

### 2. učení

- Změna chování na základě předchozí zkušenosti
- Předpoklad – **paměť**
  - Typy:
    - **Vtiskování** (imprinting)
    - **Uvykání** – opak.podněť potlačuje odpověď
    - **Klasické podmiňování** – spojení mezi neutrálními a posilujícími podněty
    - **(Instrumentální podmiňování)** – u vyšších živočichů
    - **Latentní učení** – zapamatování si lokality, existuje bez zřejmého posilování

• *Včely*

• **Paměť** u hmyzu

- **Krátkodobá** - biochemickými změnami
- **Dlouhodobá** - změny v nervové soustavě
- **Časová paměť** - schopnost kompenzovat uběhlý čas - změny úhlu dopadu slunečních paprsků u tzv. **celestiální orientaci** - včely atd. mladí jarní mravenci nedovedou, letní ano

# Hormonální regulace chování

**Hormony** – látka vylučována **v malých množstvích**, vylučovány **žlázami s vnitřní sekrecí** (endokrinní), roznášena oběh.systémem, vyvolává **fyziologické, vývojové či behaviorální změny** v tkáni či orgánu

– ovlivňují biologický rytmus chování, i jednorázové chování

- 1. Hormony vlastní** - produkt žláz s vnitřní sekrecí do hemolymfy (**corpora allata, protorakální žlázy**)
  - uvolněny do hemolymfy
  - ovlivňují receptory cílových orgánů
  - poločas rozpadu na hodiny
- 2. Neurohormony** – produkt neurosekrečních buněk (**corpora cardiaca**)
  - vylučovány neurohemálními orgány
  - poločas rozpadu na minuty
- 3. Přenašeče (neurotransmitery)** – synaptický přenos nervových vzruchů mezi neurony
  - poločas rozpadu na zlomky sekund

# Hormonální regulace chování

**I. Hormonální spouštěče chování** – působí přímo na nervovou soustavu, v níž indikuje projev předprogramovaného chování

**II. Hormonální přepínače** – navozují stav nebo připravenost k určitému chování, že fyziologicky podmiňují realizaci nového chování, které se rozběhne na základě přísl. smyslového podnětu nebo změně vnějších podmínek

**Změna chování samice po oplození (ztráta pářicí aktivity), migrační a**

**Vnější faktory ovlivňující hormonálně podmíněné chování**

**Vliv cirkadiánní periody** – změna světelného režimu, vnitřní cirkadiánní hodiny

- **čas svlékání** – vymezen na časové okno
- **volací chování** – okno, samec reaguje jen v určitou dobu
- **kladení vajíček nebo larev**

**Teplota** – u hmyzu, které nevyužívají světlo

**Vliv sezónních změn** – délka světelného dne (fotoperioda), nepříznivá období:

- *v čase*: **diapauza** – celý jedinec (estivace, hibernace), nebo jen rozmnožovací orgány
- *v prostoru*: **migrace**



# Přizpůsobování v prostoru

## I. Pohyb

- po zemi

## II. Orientace

- - hledání potravy, hostitele, kořisti, sexuálního partnera

## III. Disperze

- - prostorové přizpůsobení
- - většinou stěhování

### Mechanismy disperze

- - od gradientu faktorů
- - aktivní nebo pasivní
- **Forese** – přenosy
- **Migrace**

- **apetivní** (t
- **Migrační**

populace

Poz.: **Stěho**

předpo

do biotopu

### Příčiny migrace

- **Environmentální** – změna fotoperiody signalizující nepříznivé období
- **Fyziologické** – změna hormonů  
Př. : saranče stěhovavá – soliterní fáze – gregarijní fáze – produkce maturačního feromonu starších nymf synchronizuje vývoj mladších nymf – vznik rojů 10 miliard jedinců, biomasa 15.000 tun
- **Migrace důvody**
  - A. únik z jednoho prostředí do druhého
  - B. kolonizaci nového prostředí

# Přizpůsobování v prostoru

## I. Termoregulace

- **Hmyz – poikolotermní**, ale schopné regulace teploty těla
  - Jak:
    - A. **Fyziologicky** – svalová činnost
    - B. **Behaviorálně** – termoregulační chování, zaujetí určité polohy těla tzv. **slunění** (vážky – poloha obelisku, motýli, ploštice atd.)
      - **Ochlazení** – stín nebo paralelně k paprskům

### Fyziologická termoregulace – **výroba tepla**

- **ochlupení** – čmeláci už při teplotě 3stC
- **Nahřívání svalů** – třes před letem
- **Selektivní teplota v hrudi** – výměník tepla pomocí hemolymfy
- **Chlazení**
  - – vyhnutí se vysokým teplotám
  - - postoje těla, pouštní druhy – dlouhé nohy vysoko na nohách, pigmentace
  - Aktivní ventilace – hnízda sociálního hmyzu (popř. odpařování vody z okrajů plástvů)

# Komunikace

## Komunikace

- předávání informace zakódované do signálů, jež vyvolávají odpověď (změnu chování jiného jedince)
  - A. **Vnitrodruhová** – při sexuálních interakcích, při hledání potravy, obrana

## I. Chemická

**Produkce** – exokrinní žlázy na různých částech těla, shluky sekretorických buněk vylučující své produkty na venek nebo do střeva

- často spojení s útvary – kartáčky, chloupky, aplikátory, odpařovací plošky

**Percepce** – chemoreceptory, čichové – chuťové (rozpuštěné ve vodě)  
- základem je senzila (tykadla, ústní ústrojí, kladélko, cerky, chodidla..)

**Optimální vlastnosti látky** – 5-20 atomů C v molekule a atomovou hmotnost 80 a 300 – střední těkavost, přijatelná energetická cena při biosyntéze, možnost používání různých látek

*instinkty včelí dělnice)*

# Komunikace

## Funkce chemické komunikace

### 1. Sexuální stimulace

### 2. Shlukování a shromažďování

- z různého důvodu shromáždění (žír, páření, zimování)
- **A. agregační feromony** – rektální žlázy – v trusu (nemusejí být druhově specifické)
  - Agregace - jsou dočasné
    - *Př.: páření – kůrovci*
- **B. Stopovací feromony** – u nespolečenského druhů – sledování stopy
- **C. Poplašné feromony** – k rozprchnutí, hrozící nebezpečí –
  - *Př.: u hymenopter, termitů, ploštic*
- **D. Značkovací feromony** – k regulaci populační hustoty, někdy jako teritoriální, ovipoziční
  - *Př.: značkování vrtule třešňové – nakladení vajíčka*
- **E. Identifikační feromony** – jako tzv. **povrchové feromony**, druhová nebo klanová identifikace, tzv. komunální nebo domovská vůně
  - mrtvolné fer.omon, *př.: mravenci či včely, identifikace mrtvého jedince – odnos na smetiště*

# Komunikace

## Informační obsah feromonů

- **feromonová vlečka** – aktivní prostor feromonu, kde nadprahová koncentrace vyvolá reakci
- komunikace má svou „**větnou stavbu**“ – fyziologický stav příjemce, koncentrace, poměr jiných látek, doba
- **Feromony z různých žláz** – desítky látek (různé látky různé reakce), počet kombinací je nekonečný
- **Př.: mateří feromon včelí matky – fce:**
  - 1. Inhibuje vývoj vaječníků dělnic
  - 2. Brání budování matečnicků
  - 3. Funguje jako svatební atraktant působící soudržnost roje
  - 4. Při svatebním letu jako atraktant trubců

## Efektivní komunikační systém

1. Kvalitativní nebo kvantitativní specifita
2. Rychlé šíření informace
3. Účinnost na značné vzdálenosti
4. Směrovou charakteristiku přenosu
5. Široký informační obsah
6. Perzistenci nebo neprodlený začátek

# Komunikace

## Vnímání světla

### Zrakové receptory

1. složené oči – ommatidia (**apoziční** – denní vidění, **superpoziční** – noční)
2. Jednoduchá očka – nízké světelné intezity

### Spektrální citlivost

#### Výhody složených očí

- 1. **Velké panoramatické pole**
- 2. **Velké binokulární pole**
- 3. **Informace o vlastním pohybu** – letový rychloměr, př.: larvy vážek využívají fixní polohu očí k odhadu vzdálenosti kořisti
- 4. **Navigace** – slunce
- 5. **Využívá informační parsimonii** (úspornost) – organismus nepřijímá více informací, než je třeba k plnění urč. úkolu, eliminuje nežádoucí informace
- 5. **Vnímá polarizované světlo** (navigace, hledání vodních ploch apod.)
- ideální pro globální vnímání okolí, lokální analýzu musí hmyz provést z blízka

# Komunikace

## Funkce zraku při komunikaci

### 1. Teritoriální chování

1. Samci vymezují teritoria, hájí je, samice navštěvují později, pak páření  
*př.: vážky*

### 2. Výstraha - aposematické chování (varovné chování)

- a. *Motýli* – hejno se zvedne naráz
- b. *vosíci* – výhružný postoj
- c. *motýli* – křídla

### 3. Pohlavní optické signály

- často kombinace s chemickými
- při rojení – každý roj má svou značku, který udržuje soudržnost roje
- svatební krmení

# Komunikace

## **Mechanická komunikace**

založen na schopnosti vnímat mechanické deformace svého těla – tj.

### **mechanorecepce**

#### **1. smysl pro tíži a tlak**

- receptory statocysty nebo proprioreceptory registrující vzájemný posun tělních článků – poloha v prostoru

#### **2. smysl pro pohyb za letu**

- receptory na halterách nebo plošky na krku nebo hlavě – stabilizace těla za letu

#### **4. hmat**

- vláskovité senzily – kontakt s pevným povrchem

#### **5. smysl pro vibraci podkladu**

- receptory v subgenuálních (podkolenní) orgánech, v chordotonálních sensilách nohou, na chodidlech – chvění podkladu

#### **6. sluchem**

- chvění vzduchu nebo vody – Johnstonův orgán, tympanální orgány- vnímání varovných, komunikačních, fonotaktických signálů



# Komunikace

## Mechanokomunikace

**mechanoreceptory** - mechanické senzily

- a. trichoidní (vláskovitá) mechanosenzila
- b. kampaniformní (zvonečkovitá) mechanozenzila
- c. skolopedium (více skolopedií – chordotonální orgány)

## Hmatová a sematotektonická komunikace

### a. hmat

- podružná role, někdy **u epigamních projevů**, agresivní střety (kontakt tykadly), kombinace s chemickými podněty

### b. sematotektonická komunikace

- chování nebo fyziologické změny trvalými signály jako výsledek činnosti např. **budování hnízda společenským hmyzem** (termiti, mravenci) - více generací buduje, plány jsou vrozené instinkty – uplatnění hmatu, event. čichu

# Komunikace

## Akustická komunikace

– *Orthoptera, Homoptera, Lepidoptera, Coleoptera a Diptera*

### Zvukotvorba

- využití **tření** (systém smyčec + struna) – **stridulace**
- často **jako vedlejší produkt při letu** – komunikační fce *př. komáři*

### a. vedlejší produkt jiné činnosti

- letu, žíru, líhnutí – larvy sledují okolní larvy – rozmístění, samci komárů jsou lákání bzukotem samic, šum křídel roje

### b. aktivní vyluzování zvuku

#### 1. bubnování do podkladu

- hlavou u termitů (poplach), červotoči (pohlavní signály), zadečkem – pošvatky

#### 2. stridulace

- epigamní signály

#### 3. vibrace membrány

- zvukotvorné bubínky (tymbal) – *ploštice, cikády a motýli, panenská včelí matka* vibruje hrudními sklerity tzv. *tůtání*

#### 4. rozechvívání vzduchového sloupce

- typické pro obratlovce, *př. u lišajů* – *epipharynx a farynx, švábi* tzv. *syčí* vypouštěním vzduchu (*výstražné a sexuální signály*)

# Komunikace

## Akustická komunikace

### Příjem zvuku

- **sluchové receptory** – základ chordotonální senzily
- na různých částech těla:
  - a. **subgemální orgán** – v holeních končetin, receptory obsahují poměrně málo skolopidií, velmi citlivé na vibrace podkladu
  
  - b . **tympanální orgány** – pod bubnovitou membránou, kde reagují na zvukové vibrace, na hrudi (některé ploštice), zadečku (saranče, cikády a někteří noční motýli) anebo holeních předního páru nohou (cvrčci, kobylky)
  
  - c. **Johnstonův orgán** – funguje jako receptor polohy těla, poskytující informace o pozici a orientaci tykadel (př.: u komárů a pakomárů reaguje na frekvence vzduchem přenášených zvuků - vnímá rezonující vibrace chloupků na tykadlech (kratší chloupky na konci tykadel reagují na vyšší frekvence než delší chloupky u kořenů tykadel)

# Komunikace

## Funkce hmyzího zpěvu

- **vnitrodruhová komunikace** – časová struktura (časový vzorec, opakování prvků)
- **mezidruhová komunikace** – velká intenzita, nepřítomnost časového vzorování – většinou **výstraha** nebo **poplach**

### 1. kongregace

- pozitivní fonotaxe – sborový zpěv cikád nebo cvrčků, soudržnost roje u sarančí

### 2. epigamní signály – nejčastější zvukové projevy

- k lákání partnera, k zahánění rivala, námluvy, po kopulaci udržení páru

### 3. výstraha, vzrušení, agrese

- varovné vrzavé zvuky *např. kodulky před použití žihadla, přástevníci varují před nepoživatelností, protestní zvuky u chrobáků, poplašné bubnování u termitů, švábi syčí*

### 4. rivalitní zpěv

- řešení teritoriálních problémů *př. cvrčci – „cvrččí zápasy“*

### 5. detekce kořisti

- únikové manévry před netopýry

# Komunikace

## Zvuky sociálního hmyzu

- **integrita eusociálního hmyzu**
  - **poplašné** u termitů, mravenců
  - vosy a sršně – zvuku skrz papírové plástve – př. hladové **larvy tření kusadel o buňky**
  - **bzučivý zvuk** k rojení včel
- taktilní a zvukové signály u **tzv. tanečků včel** – létavky označují cestu k potravě

- **nejdůležitější parametr** – středová úsečka mezi očky osmičky
- **vibrace zadečku** - kmitočet 250Hz - zakódována vzdálenost zdroje

