

# Chemická řeč přírody

Irena Valterová  
Ústav organické chemie a biochemie,  
Akademie věd ČR, Praha



ÚOCHB AV ČR

# Komunikace

- předávání nebo výměna informací mezi organismy
- je zprostředkována souborem znaků nebo signálů sdílených odesilatelem i příjemcem

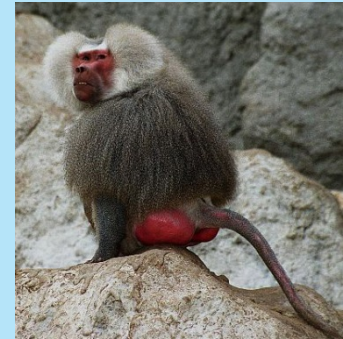




# Komunikační prostředky živočichů

## optické

pohyby, posunky, mimika, výrazné zbarvení části těla



## akustické

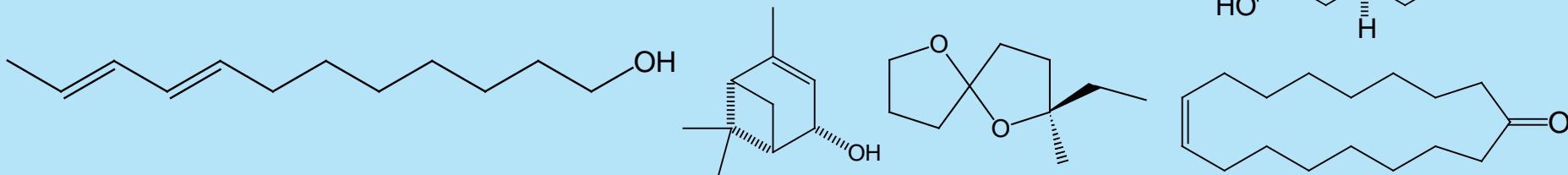
zpěv ptáků, bubnování do ozvučných předmětů, stridulace hmyzu



# Komunikační prostředky živočichů

## chemické

semiochemikálie ze sekretů exokrinních žláz



## dotykové

kontaktní signály při páření,  
péče o tělní povrch



## elektrické

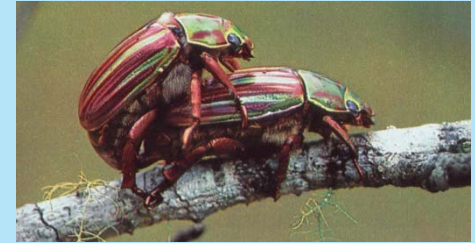
známé u některých čeledí ryb





# Veškeré organismy vypouštějí chemické signály a reagují na pachy ostatních

- chemické signály slouží pro rychlé, jednoduché a jednoznačné předání informací nezbytných pro život



- u člověka nemá chemická komunikace rozhodující roli



- u rostlin je chemická komunikace nejmladší disciplínou



# Chemická ekologie

- studuje látky, které jsou uvolňovány živými organismy do okolí a zprostředkují komunikaci (interakce) mezi těmito organismy

# Ekologie

- vzájemné vztahy mezi organismy či skupinami organismů a jejich prostředím

# Environmentální vědy

- škodlivé vlivy na životní prostředí





# Typy chemických interakcí:

- **živočich - živočich** (feromony, allelochemikálie)
- **živočich - rostlina** (atraktanty z hostitelské rostliny, květní vůně, rostlinné toxiny)
- **rostlina - rostlina** ("SOS signály")
- interakce mezi **mikroorganismy**
- interakce **vyšších řádů** (rostlina-hmyz-parazit; rostlina-hmyz-rostlina; rostlina-hmyz-pathogen)
  
- mezi živočichy je nejlépe prozkoumaná chemická komunikace **hmyzu**



# Interakce hmyz - hmyz





# Čichové a chut'ové smysly hmyzu

- hledání potravy (kořisti)
- výběr partnera a páření
- výběr místa nebo hostitele pro kladení vajíček
- agregace pro překonání odporu hostitele
- regulace dostatečného prostoru a výživy
- poplach, obrana nebo útok
- organizace sociálního života

**čich** - přenos vzduchem (těkavé látky)

**chut'** - kontakt (netěkavé látky)



# Semiochemikálie

(chemická řeč, přenos informace mezi organismy)

## Feromony

πηερειν (nésti) ηορμαν (vzrušovat)  
mezi jedinci stejného druhu

*Semiochemikálie*

## Allelochemikálie

mezi různými druhy



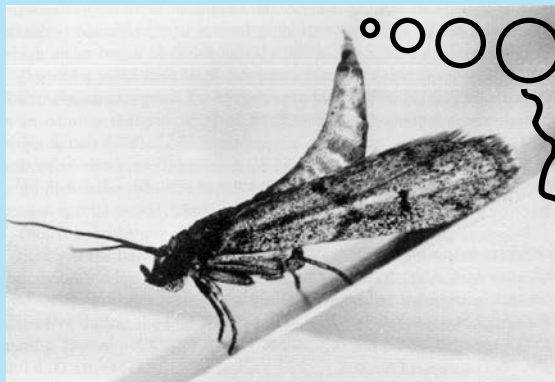


# Feromony lze rozdělit podle biologické funkce na několik základních typů

- Sexuální
- Agregáční
- Stopovací
- Poplašné
- Značkovací (prostorové)



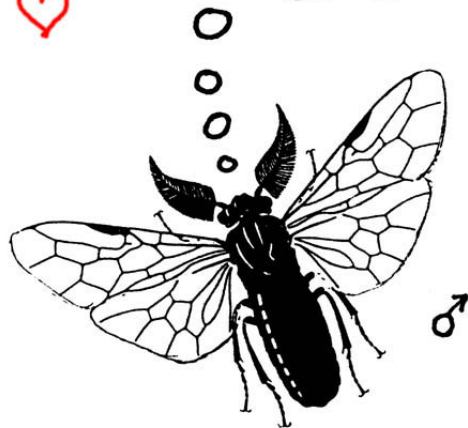
# Sexuální feromon láká jedince opačného pohlaví a stimuluje k páření



Ty jsi ale krasavec.  
Pojď ke mně blíž,  
miluji Tě.

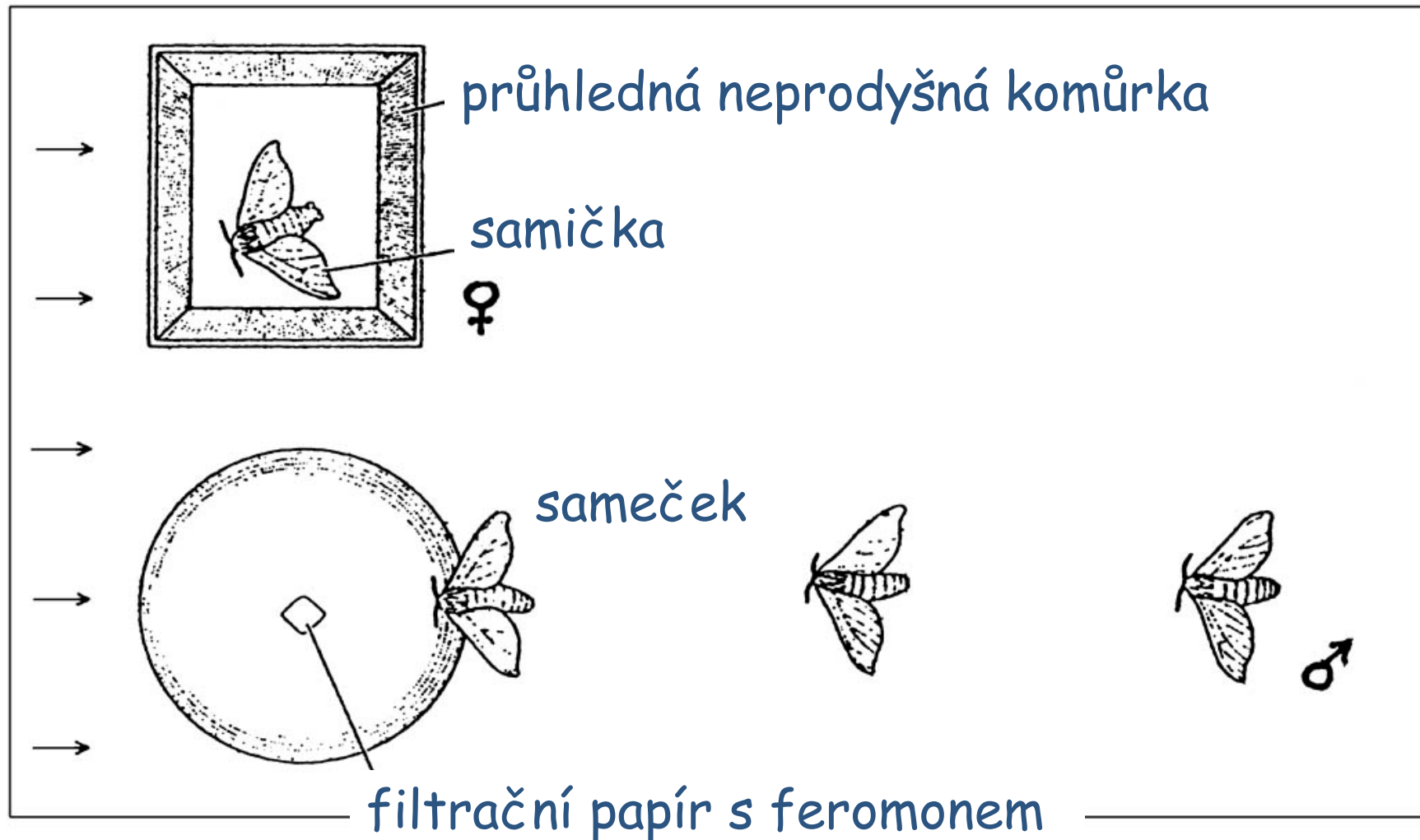


To je ale krásná holka.  
Jsem do ní blázen.





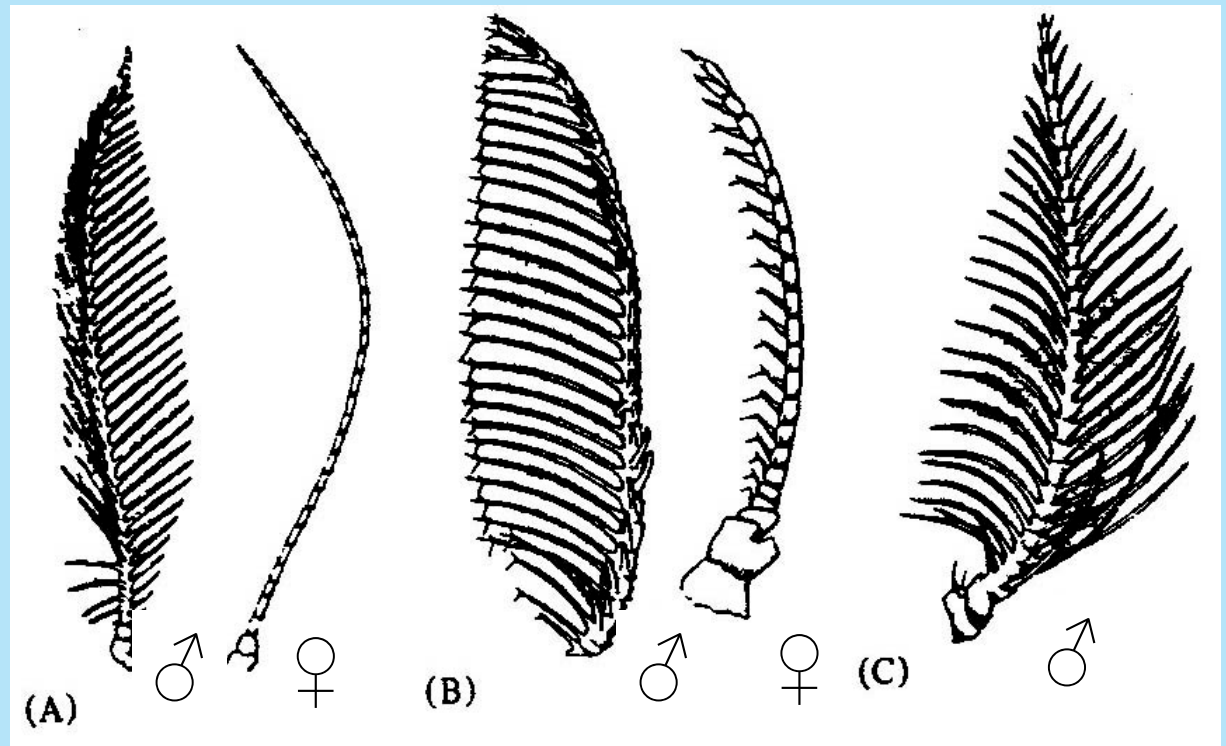
# Pokus dokazující existenci a funkci sexuálního feromonu (bourec morušový)



# Sexuální dimorfismus u motýlů, rozdíl ve tvaru tykadel



bekyně mniška,  
sameček



# Agregační feromon láká jedince obou pohlaví na velkou vzdálenost (kůrovci)



lýkožrout smrkový

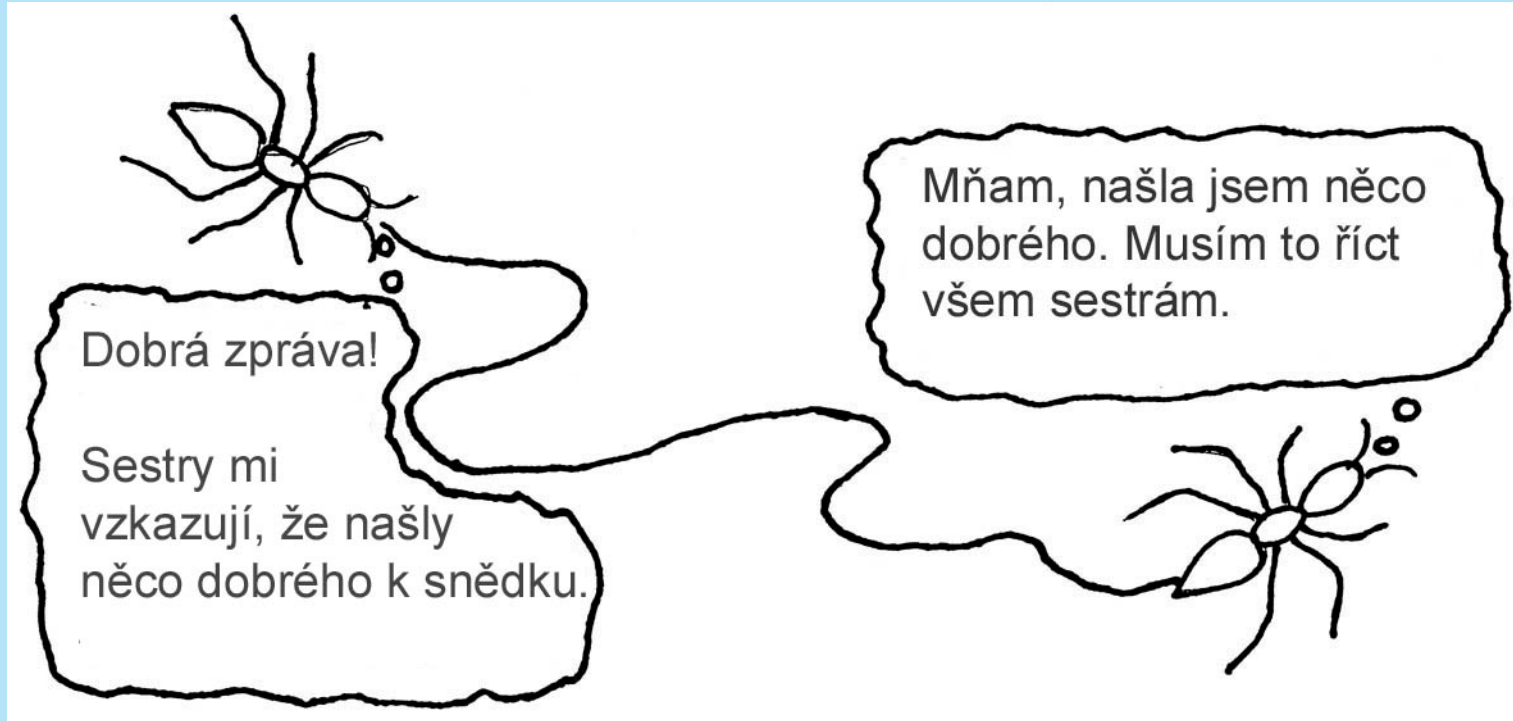


Kamarádi, pojdte všichni sem!  
Našel jsem krásný hotel  
s výbornou kuchyní.





# Stopovací feromon označuje cestu ke zdroji potravy (sociální hmyz - mravenci, termiti...)



**Poplašný feromon** vyvolává obranné chování u ostatních členů kolonie, především u vojáků (hlavně sociální hmyz - mravenci, termiti, ale i druhy žijící pospolitě - mšice, ploštice)



# Značkovací (prostorový) feromon - označuje okupované území (prostor), což zajišťuje dostatek potravy pro všechny jedince nové generace

vrstve  
třešňová





# Allelochemikálie

(mezidruhová komunikace)

rozdělení podle výhodnosti zprávy

***allomony***

výhoda pro producenta zprávy

***kairomony***

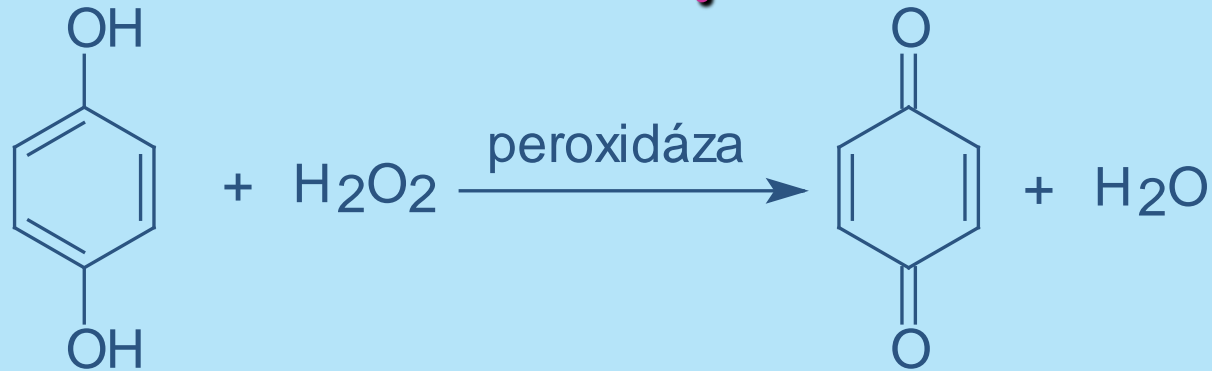
výhoda pro příjemce zprávy

***synomony***

oboustranná výhoda



# Allomonem jsou obranné látky: prskavec menší a prskavec větší



# ALLOMON, který není obrannou látkou



## Pavouk bolas *Mastophora cornigera*

- produkuje směs aldehydů o různé délce řetězce
- láká a loví samce asi 15 druhů nočních motýlů, kteří používají stejné látky jako své sexuální feromony





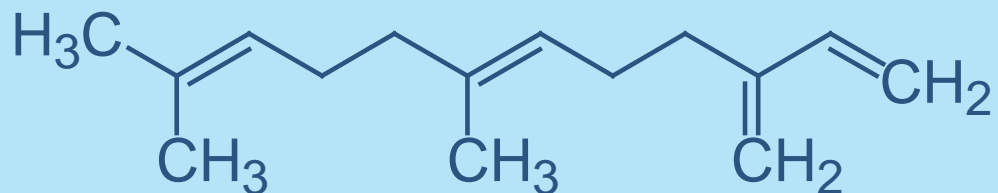
# KAIROMON

zpráva výhodná pro příjemce  
(zneužití cizího signálu)



## mšice x slunéčko

mšice produkují poplašný feromon (*E*- $\beta$ -farnesen), který ale láká slunéčka, jejich predátory



(*E*)-  $\beta$ -farnesen



# SYNOMON

zpráva výhodná pro producenta i příjemce

typický příklad - květní vůně

rostlina poskytuje potravu (nektar a pyl),  
hmyz opyluje její květy



# Historie feromonů

- **1914** - Fabre J.H., samci nočních motýlů jsou schopni lokalizovat samice na velké vzdálenosti
- **1925-1939** - biologické důkazy vysoké druhové specifity samičích atraktantů
- **1939** - Butenant A., první pokusy o izolaci atraktantu bouřce morušového
- **1950-1961** - izolace a identifikace feromonu bouřce morušového z  $10^6$  zámotků, získáno 6 mg
- **1959** - Karlson + Lüscher zavedli pojem „feromon“



bouřec  
morušový







# Chemie v životě motýlka *Utetheisa ornatrix*



dospělec



páření



larva  
na živné rostlině



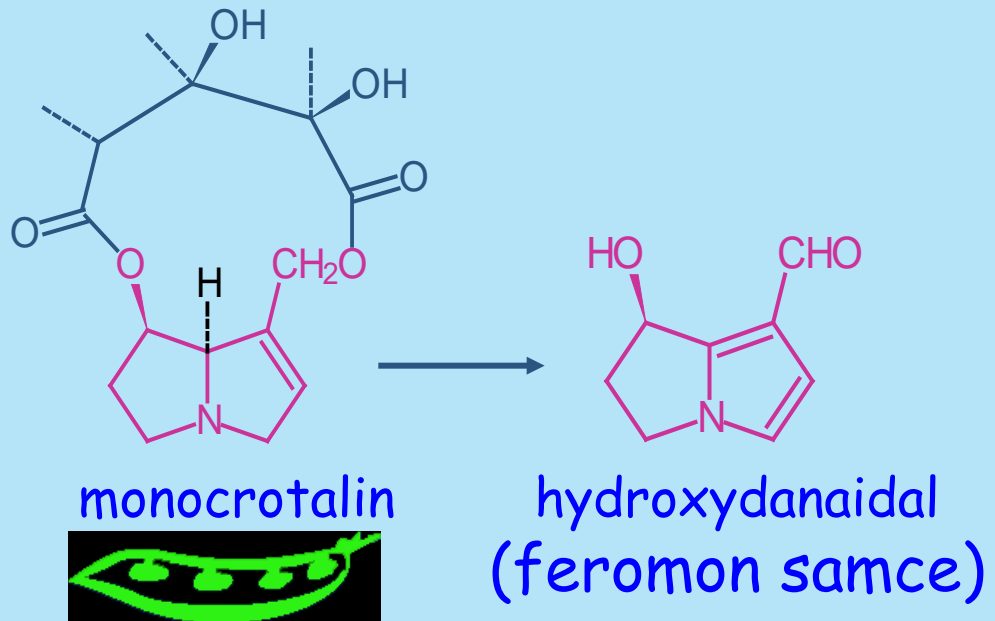
obrana

# Námluvy a feromony *U. ornatrix*



námluvy

Samice volá při západu slunce, vypouští samičí feromon. Přivábený samec poletuje okolo samice a tře o ní svá koremata, po "přijetí" kopuluje.



samčí koremata

Samice se páří opakovaně a je schopna podle "síly" feromonu určit, kolik alkaloidu samec nashromáždil. Vybere si sperma "nejschopnějšího" samce.





# „Příběh lásky“ ze života hmyzu



*Aphomia sociella*, zavíječ cizopasný,  
parazituje na koloniích čmeláků

multimodální komunikace (kombinace  
chemické a zvukové signalizace)



# Invaze samičky zavíječe do hnízda čmeláků



Jiri Kindl



# Sameček zahajuje námluvy

Intenzivně mává křídly

Uvolňuje samčí sexuální feromon ze žlázek na křídlech, čímž láká samičku





# Samčí feromon přiláká samičky z velké vzdálenosti



Jakmile se samička přiblíží a sameček ji ucítí, začne „zpívat“ (produkce ultrazvuku).



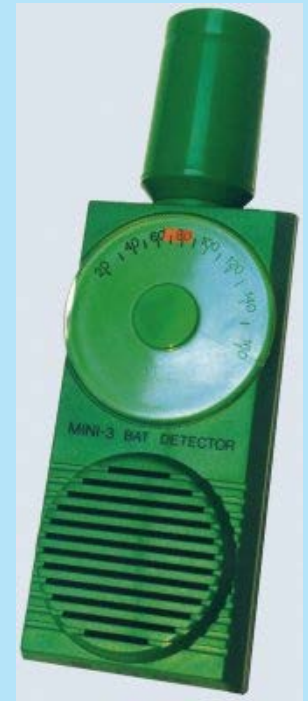
# Ultrazvuková komunikace

**Detektor netopýrů** - převádí ultrazvuk do oblasti slyšitelné lidským uchem

Nahrávání samčích písniček

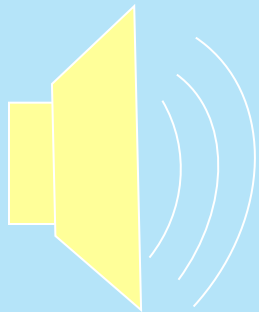
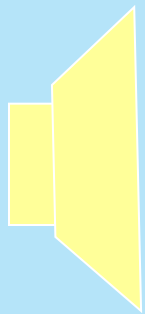
Přehrávání nahrávek samičkám

Pozorování jejich odezvy v chování





# Nahrávka samčí písničky vzrušuje samičku (mávání křídel, další uvolňování samičího feromonu)



# Sekvence námluv a páření



Sameček volá  
(samčí feromon)



Samička cítí feromon,  
který ji přiláká blíž



Sameček ucítí samičku  
(samičí feromon)  
a začne zpívat



Ultrazvuková písnička  
vzrušuje samičku



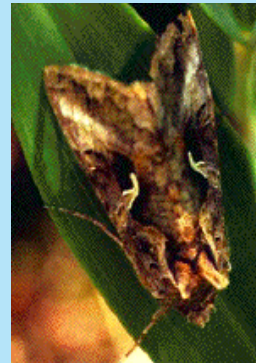
Námluvy končí pářením



# Příroda je úsporná (parsimonie), jedna látka má více účinků

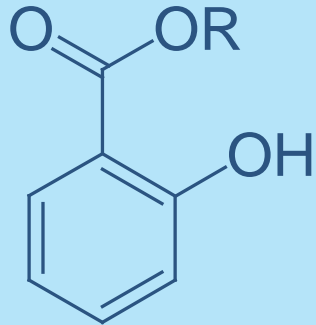


sexuální feromon řady  
druhů nočních motýlů a  
současně sexuální signál  
samice afrického slona





# Další příklad úspornosti přírody



kyselina salicylová a její deriváty

kůra, listy a květy vrby



- antipyretické účinky u lidí
- pyretické účinky u květů (produkce tepla, zvýšení teploty květu o 10 °C)
- indukovaná obrana rostlin



Vyšší teplota zvyšuje tenzi vonných látek lákajících opylovače (zmijovec) nebo usnadní pronikání sněhovou pokrývkou (sněžěnka).





# Sociální hmyz

Nejkomplexnější živé organismy

Dominují terestriálním ekosystémům - opylovači, predátoři, rozklad

Mravenci	≈ $10^{17}$ jedinců	≈ $6 \times 10^{10}$ kg
Lidé	≈ $7 \times 10^9$ jedinců	≈ $7 \times 10^{10}$ kg
Termiti	≈ $2 \times 10^{18}$ jedinců	≈ $1 \times 10^{12}$ kg



# Společenský, (eu)sociální hmyz

- překryv generací
- dělba práce, reprodukční asymetrie
- péče o potomstvo
- (existence kast, které se nerozmnožují)
- (kastovní polymorfismus)



# Hmyzí společenstva jsou založena na altruismu

- část jedinců se vzdá možnosti vlastní reprodukce a „nezištně“ pomáhá ostatním v péči o potomstvo, obraně, hledání a sbírání potravy atd.
- znaky hmyzího společenstva jsou soudržnost, pracovitost, nesobecká podřízenost jedince zájmům společnosti

**superorganismus**



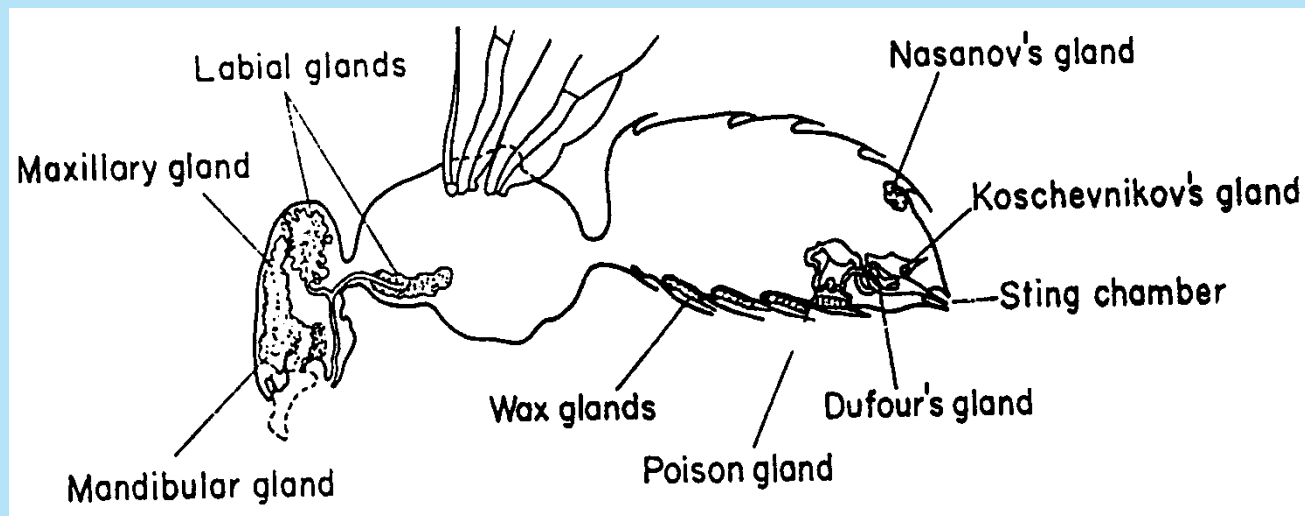
# Sociální hmyz - včely, čmeláci, mravenci, termiti - život v kolonii řízen chemicky

- morfologicky odlišné kasty mají v kolonii různé postavení a funkci
- kasty: královna (královský pár u termitů), dělnice, trubci, vojáci, nedospělí jedinci (larvy, nymfy)
- pro orientaci a komunikaci slouží kombinace chuťových a čichových signálů a receptorů
- různé žlázy produkují sekrety různého složení a různých funkcí
- kutikulární uhlovodíky - rozpoznávací funkce

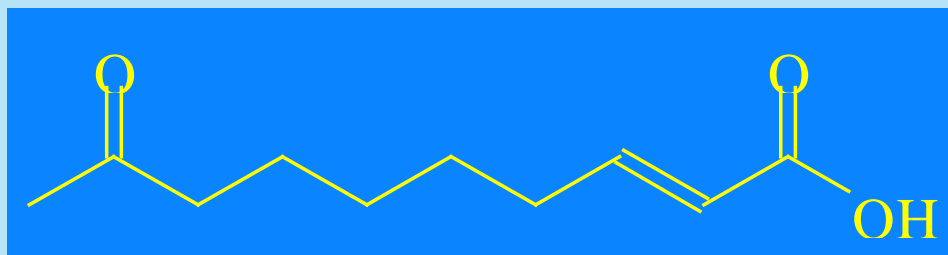




# Včely



mateří tlumicí látka (queen's pheromone):  
kyselina (*E*)-9-oxodec-2-enová



- brání vývoji dalších matek
- brání vývoji vaječníků u dělnic
- udržuje dělnice v "pracovní náladě"
- je atraktivní pro trubce



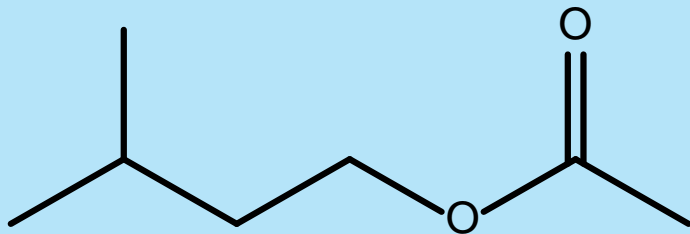
# Rojení včel

důsledek nedostatku mateří látky ve hnízdě  
dělnice pocítující tento nedostatek začnou  
„narážet matečnický“, tj. vychovávat novou  
matku speciálním krmením (mateří kašička)

po vylíhnutí mladá matka  
vyletí, spáří se a vrací se do  
úlu; stará matka pak opustí  
hnízdě a skupina „jejích“  
dělnic ji následuje - rojení



# Poplašné feromony - včela



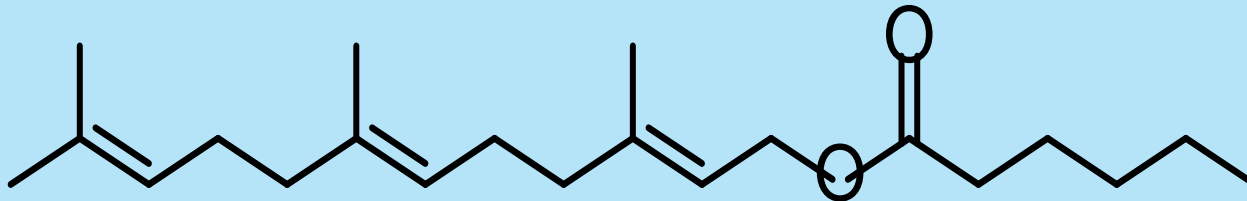
- Některé složky jedu včelího žihadla podněcují ostatní včely k útočnému chování.
- Účinná látka je **isoamyl-acetát** - "banánová vůně", který způsobuje vzrušení včel a agresivní chování.





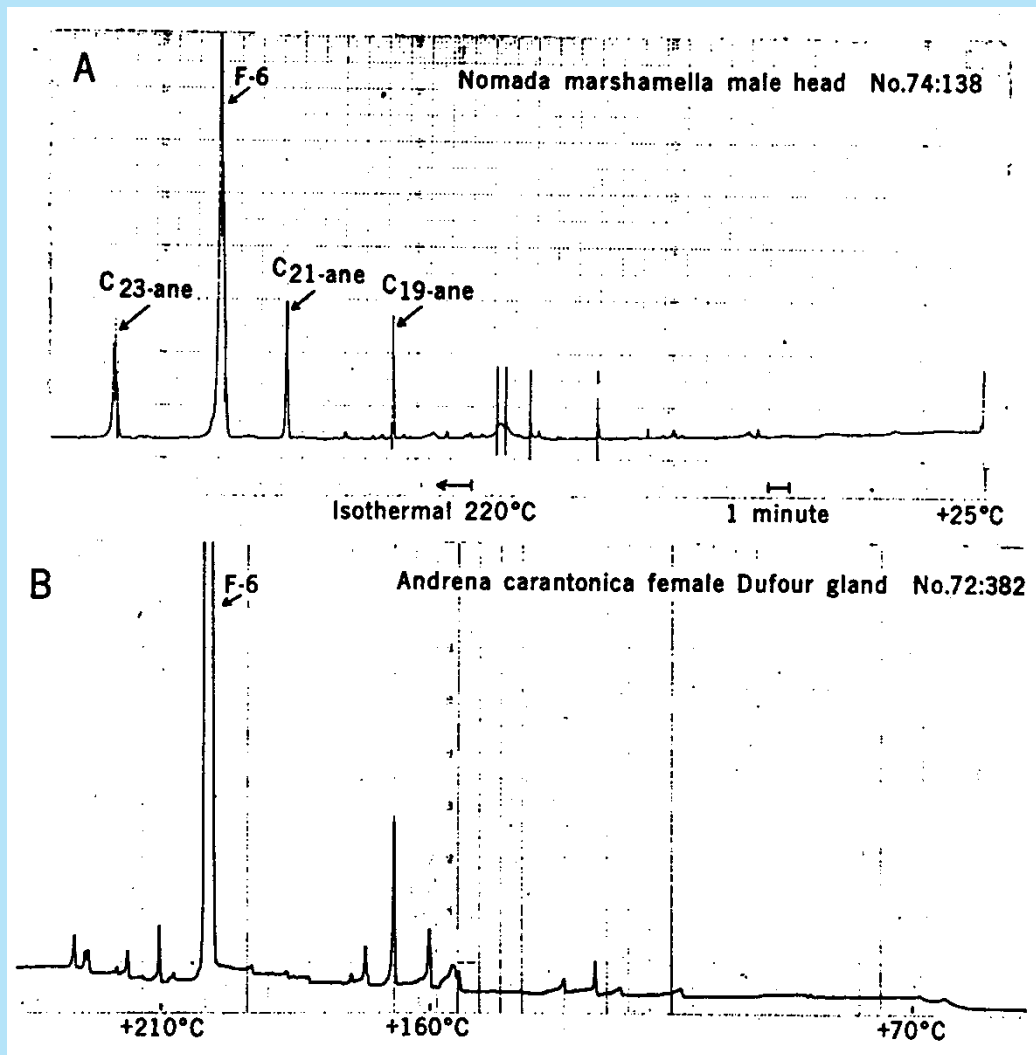
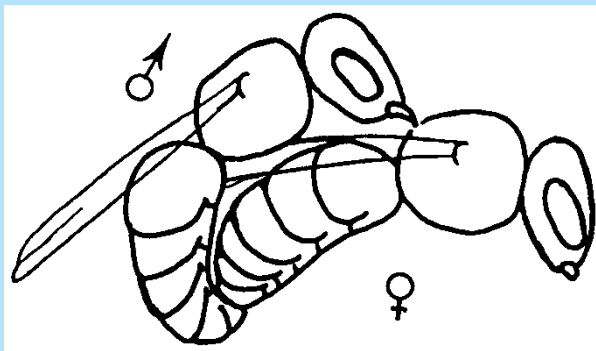
# Hmyzí "kukačky"

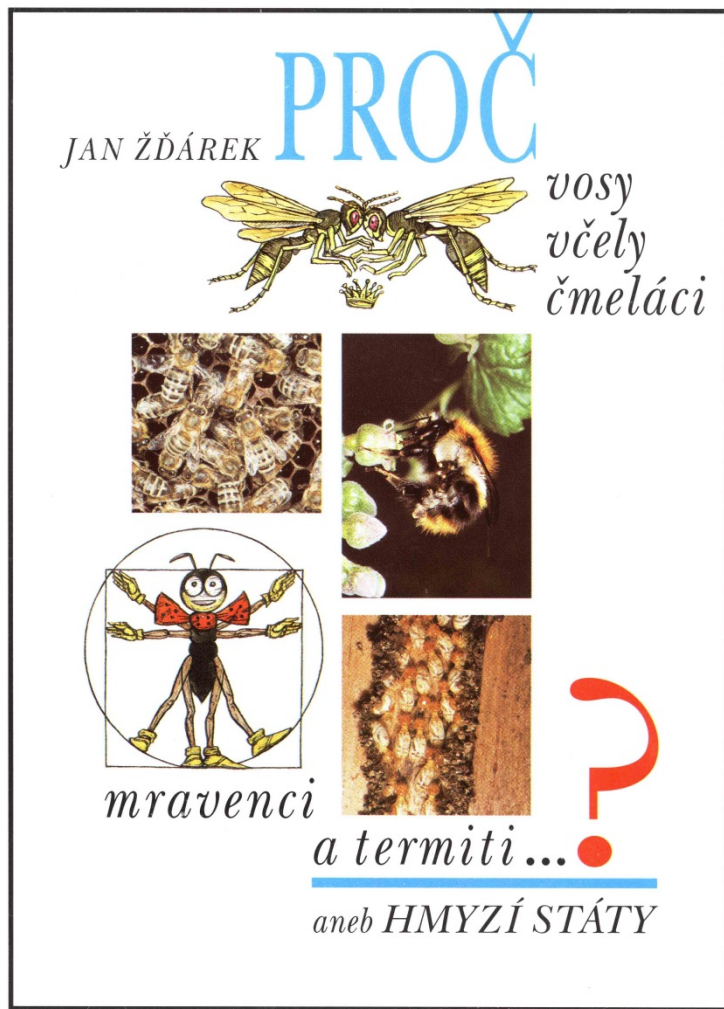
- kladení vajíček do cizího hnízda
- čmelák (*Bombus*) vs. pačmelák (*Psithyrus*) - boj o přístup do hnízda hostitelského druhu
- samotářské včely rodu *Andrena* - pachové označení hnízda (Dufourova žláza)
- v sekretu obsažen **farnesyl-hexanoát**



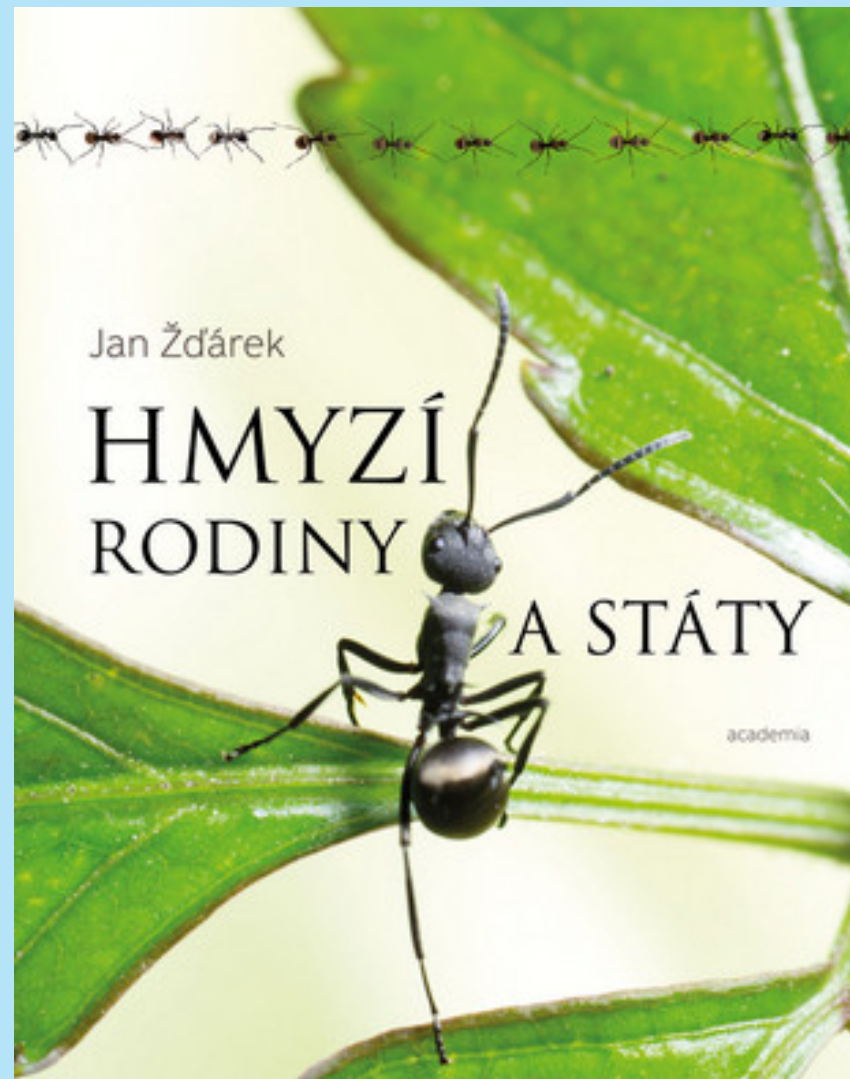
# Parazitická včela rodu *Nomada*

- stejná látka v samčí mandibulární žláze - přenos při páření na samičku
- nenásilné vniknutí do hostitelského hnízda (stejná vůně)





© ÚOCHB AV ČR 1997



© Academia 2013



ÚOCHB AV ČR



# Proč studujeme feromony?

- mnoho druhů hmyzu jsou vážní škůdci, způsobující značné škody na zemědělských a jiných produktech:
  - obilí
  - ovoci a zelenině
  - skladovaných potravinách (mouka)
  - lesích a dřevě
  - látkách a šatech (vlna, kožišiny)



- **Insekticidy** - chemikálie hubící hmyz (neselektivně), zatěžují životní prostředí
- **Integrovaná ochrana rostlin** - kombinace feromonů a insekticidů
- **Výhody použití feromonů:**
  - nízké koncentrace
  - selektivní k cílovému druhu hmyzu
  - netoxické



# Způsoby využití feromonů

- **Monitorování**
- **Masový odchyt**
- **Desorientace**



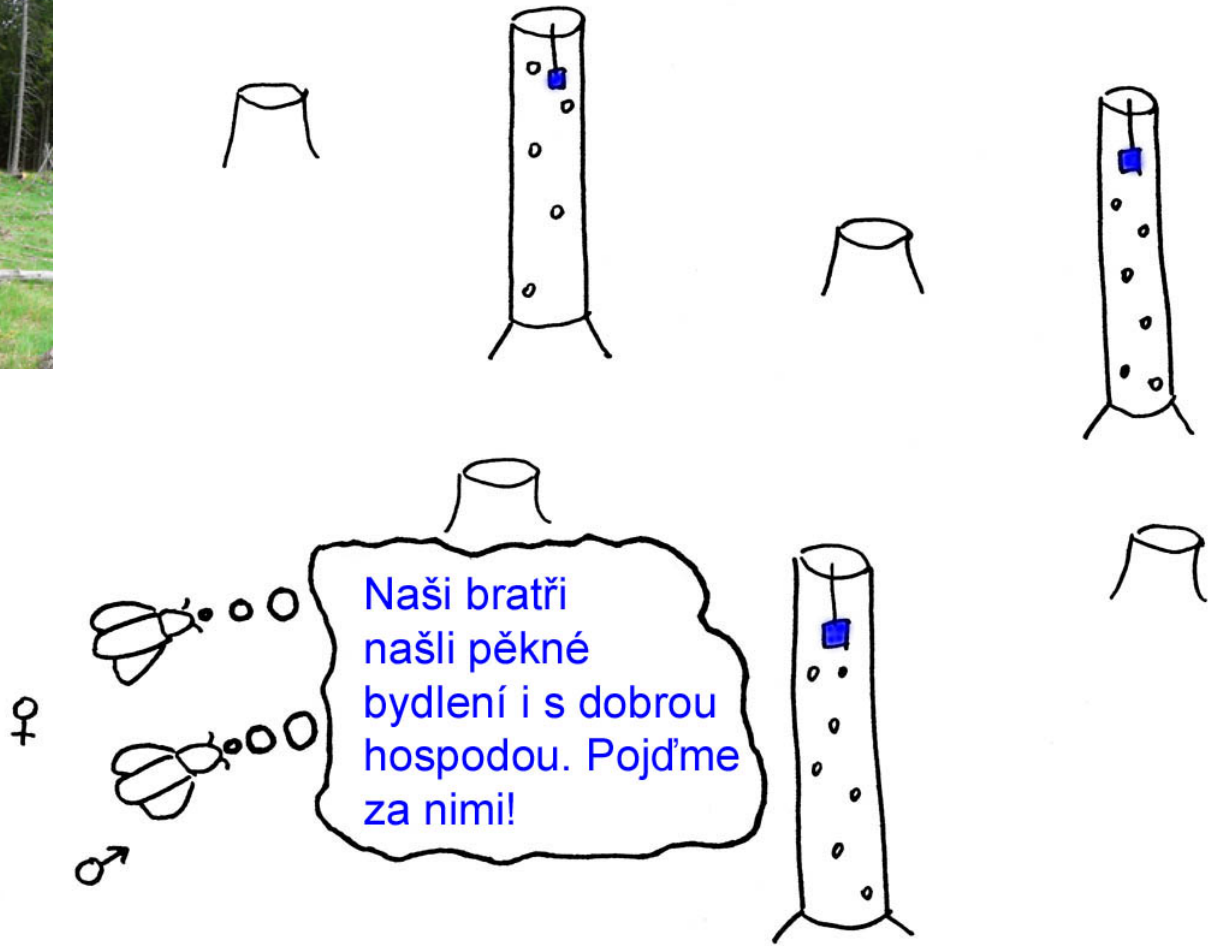


**Monitorování** doby letu a hustoty populace škůdce; feromonový odparník nahrazuje samičku a láká samce; feromonový lapák



# Masový odchyt - použití agregačního feromonu

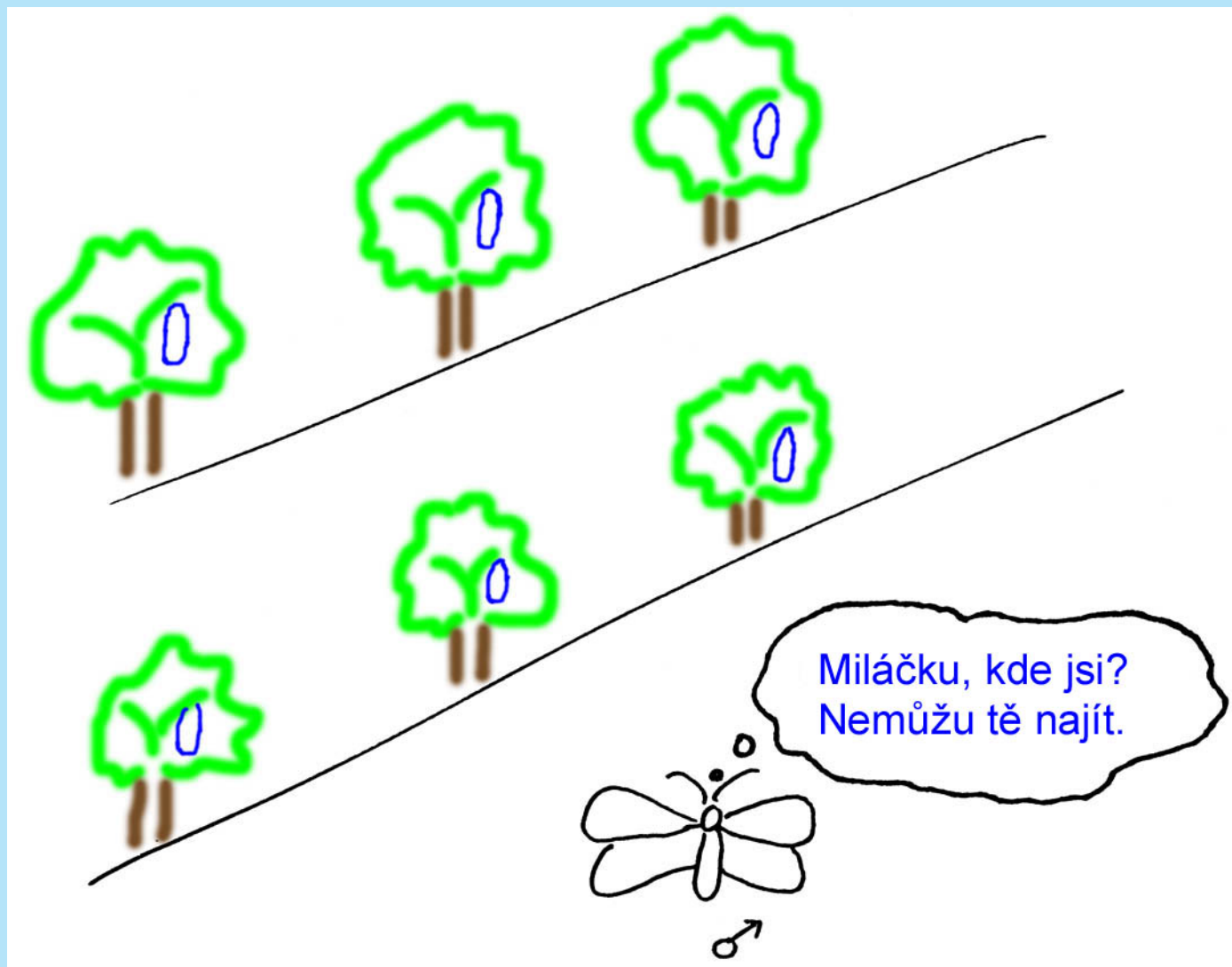
při vysoké hustotě populace; láká obě pohlaví



# Desorientace - nasycení atmosféry sexuálním feromonem; samci nejsou schopni lokalizovat samičku, proto nedojde ke spáření

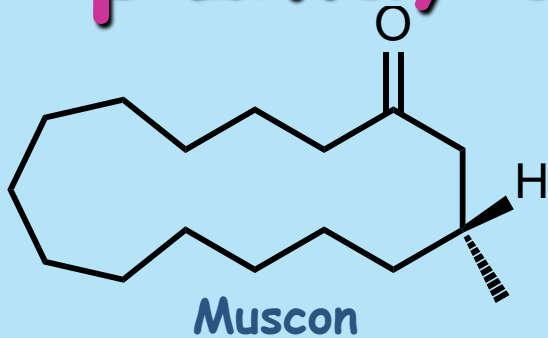


obaleč jablečný

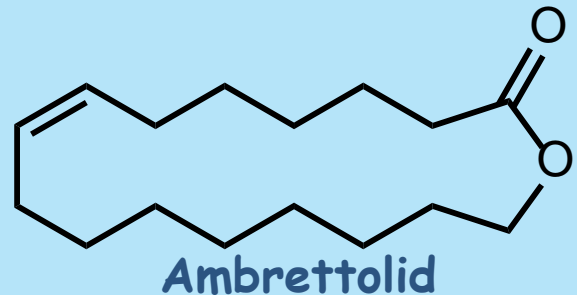
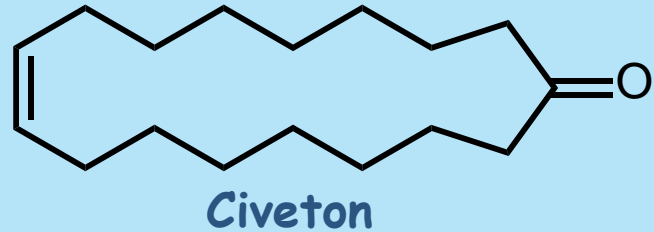
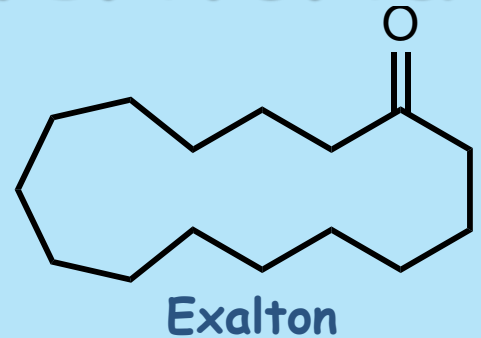




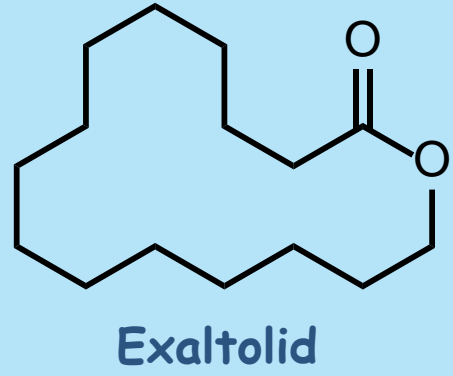
# Interakce mezi obratlovci: pižma, označení teritoria



kabar  
pižmový



civetka africká



pižmoň (musk ox)

# Příklady feromonů u savců

Teritoriální

Označuje hájené území  
(jelenovití, šelmy, hlodavci)

Sexuální

Označuje pohlaví nebo říji  
(např. hárající fena, opice)

Mateřský

Slouží k rozpoznání vlastní  
matky (čichový imprinting)

Sociální

Označuje společenské postavení  
ve smečce

Reprodukční

Stimuluje nebo inhibuje  
reprodukční cykly samic

Dochovaly se některé z nich  
i u člověka?



# Lidská tělesná vůně

- role v sociálních interakcích
- vnímání lidské tělesné vůně na vědomé i podvědomé úrovni
- potní, mazové a apokrinní žlázy + kožní bakterie
- geneticky řízený „pachový podpis člověka“
- centrum zájmu - axilární oblast
- vůně → výpověď o jedinci, pohlaví, reprodukčním stavu, věku, zdraví, potravě, kouření, hygienických návycích...





# Matka a dítě

- první kontakt a navázání vzájemného vztahu
- společně strávený čas první den po porodu → matky rozeznají vůni svého dítěte a naopak

Dítě a kontakt s vůní matky:

- 1) amniotická tekutina
- 2) prsní dvorce a bradavky
- 3) podpažní vůně





# "Syndrom ženských domovů" (McClintock efekt)

- společně bydlící nebo pracující ženy po určité době synchronizují menstruační cykly (studentky, vězeňkyně, spolupracovnice...)
- publikováno v roce 1971 v časopisu *Nature*
- provedeno na skupině 135 dobrovolnic z dívčí koleje
- synchronizace ženských cyklů záleží na intenzitě a trvání soužití
- ne každá žena má stejně silný vliv na své partnerky (dominance)



# “Syndrom ženských domovů” (McClintock efekt)

- extrakt potu vybrané dominantní ženy byl nanášen na horní ret pokusných dobrovolnic, kontrolám jen rozpouštědlo (alkohol)
- po 4 měsících se ženám ošetřovaným výtažkem potu srovnaly měsíční cykly s cyklem dárkyně, zatímco dívky kontrolní skupiny si udržely své vlastní rytmy
- synchronizaci způsobuje feromon obsažený v lidském potu

**Jak a čím ho ženy vnímají?  
Jak jejich fyziologii ovlivňuje?**

# “Syndrom ženských domovů” (McClintock efekt)

- výměšky kožních žláz žen ve folikulární fázi cyklu zkrátily folikulární fázi příjemkyň, emanace během ovulace folikulární fázi příjemkyň prodloužily; ostatní fáze cyklu extrakt neovlivnil
- Podáváním extraktu potu se podařilo systematicky ovlivnit biologické hodiny pokusných dobrovolnic

První přímý důkaz, že těkavé látky člověka ovlivňují prostřednictvím neurohormonálních mechanismů biologický rytmus jiného jedince.

# Samčí sexuální feromony

Samice potkanů mají v přítomnosti samčích feromonů prokazatelně vyšší plodnost. Existuje něco podobného u člověka?

Bylo studováno, zda vůně mužského potu má nějaké účinky na hormonální soustavu ženy a tím i na její cykly

Studovali ženy, jejichž cykly byly nepravidelné a které neměly častý nebo pravidelný styk s mužem

Pod vlivem látek z mužského potu se většině žen nepravidelnosti v délce menstruační periody srovnaly

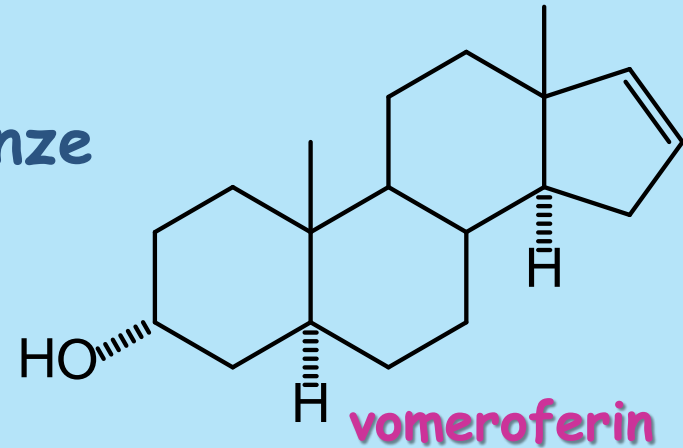
**Pouhé působení mužských feromonů - i bez pravidelného intimního styku - může u ženy podpořit důležité předpoklady plodnosti.**



# Vomeroferiny (perspektivy použití)

Další výzkum ukáže, zda jsou použitelné i jako nová léčiva; nevstupují do krevního řečiště, ale působí prostřednictvím olfaktosystému a hypothalamu na neuroendokrinní soustavu v nano- až pikogramových množstvích (nepředpokládají se proto nežádoucí vedlejší účinky)

- deprese, úzkost, premenstruační tenze
- ovlivnění srdečního rytmu a dýchání
- obezita (ovládání apetitu), mužská impotence (ovládání libida)
- jako antikoncepce (ovlivňováním ovulace)
- léčba hormonálně závislých forem rakoviny u mužů i žen



**Stanou se vomeroferiny  
terapeutiky budoucnosti?**



# Interakce živočich - rostlina: Chemie opylování



kolibřík (fuchsie)



netopýr (kaktusy)



včela (náprstník)



# Opylování a koevoluce

- převážná většina rostlin potřebuje opylovače
- specializace opylovačů
- společným vývojem došlo k vzájemnému přizpůsobení tvaru, barvy i vůně květu a těla opylovače tak, aby byl proces efektivní

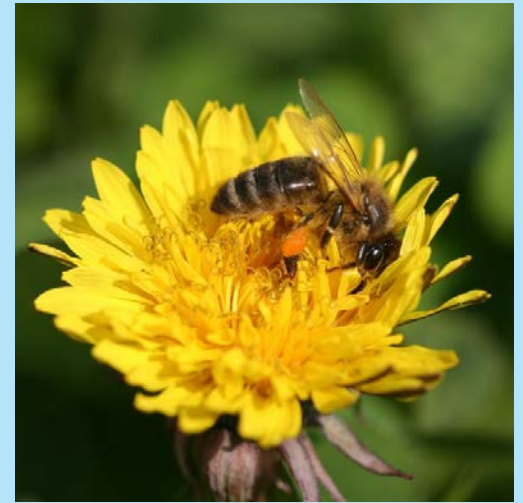


# Strategie kvetoucích rostlin

tvar a barva květu, květní vůně

## Barevné preference opylovačů

- každá skupina opylovačů je citlivá na „své“ barvy podle konstrukce vidění





# Opylovač    Barevné preference    Poznámka    Pigment

včely	žlutá a intenzivní bílá	modrá	necitlivé na červenou, vidí v UV	karotenoidy, flavonol, delfinidin
motýli	jasné barvy, červená a purpurová			pelargonidin
můry	červená a růžová		opylují v noci	pelargonidin, peonidin
mouchy	mdlá, hnědá, purpurová, zelená		„kostkované“ vzory	cyanidin a karotenoid, chlorofyl
brouci	mdlá, krémová, zelená		špatné barevné vidění	flavony, chlorofyl
vosy	hnědá			cyanidin a karotenoid
netopýři	bílá, zelená, bledá		nevnímají barvy	flavony, chlorofyl
myši	bledé barvy		opylují v noci	
ptáci	jasné barvy, dvojbarevné červená +	žlutá	citliví na červenou	pelargonidin

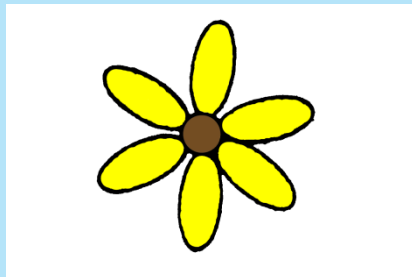


# Funkce barev v lákání opylovačů

- *Rudbeckia* - opylována včelami (žluté květy)
- 2 druhy barviv:
- **karotenoidy** - žlutá barva (denní světlo), na velkou vzdálenost viditelný velký květ
- **flavonoidy** - navádějí včelu na květ do míst, kde je uložen nektar (honey guide)

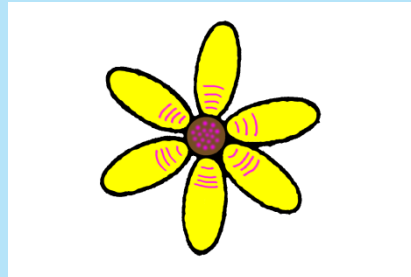


ve viditelné oblasti



rovnoměrně rozložené  
žluté karotenoidy

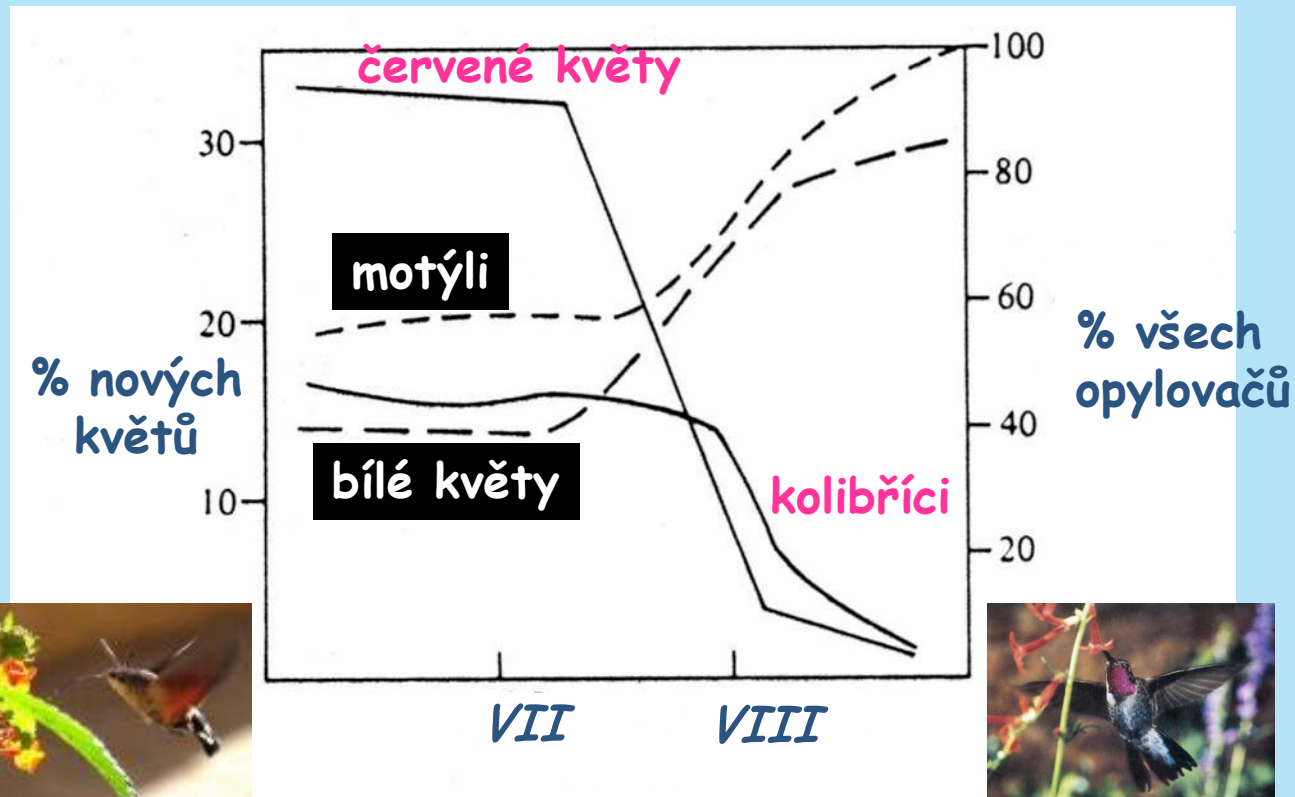
v UV oblasti



flavonoidy soustředěné  
kolem středu květu



# Barevné preference opylovačů



- horská rostlina *Ipomopsis aggregata* (Severní Amerika)
- změna barvy květů během sezóny (z červené na růžovou až bílou) - přizpůsobení aktivitě opylovačů v průběhu sezóny



# Funkce květní vůně

- vůně (zápach) je přizpůsobena druhu opylovačů
- maximum produkce (uvolnění) je načasováno na dobu zralosti pylu a maximum aktivity opylovače
- intenzita vůně se mění během dne (diurnální cyklus)



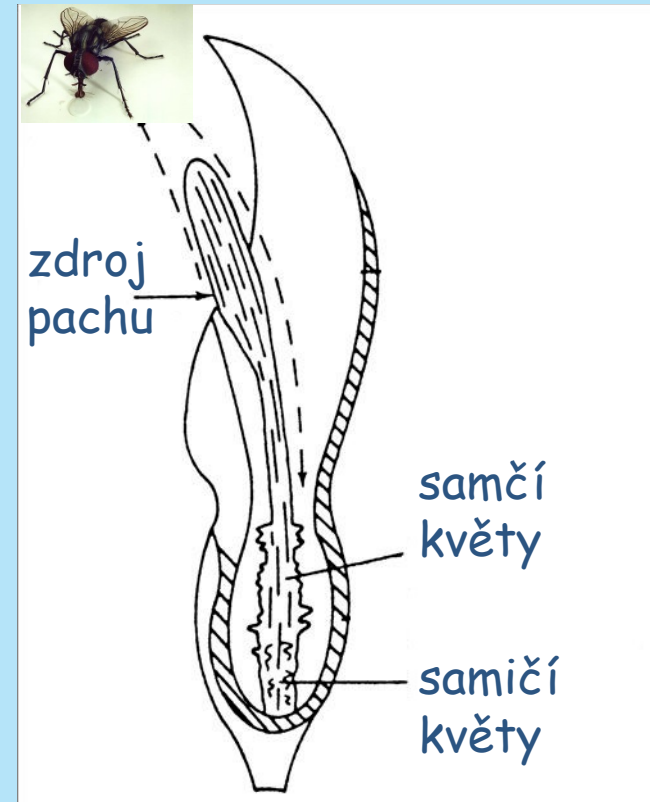
*Spathiphyllum*





# Zmijovec (*Arum*)

- teplota na povrchu palice se zvedne na 30 °C, čímž se zvýší odpařování těkavých látek přitahujících opylovače (mouchy)



- zvýšení teploty se dosáhne rychlým dýcháním, přičemž se spaluje velké množství zásobního škrobu
- signálem je kyselina salicylová





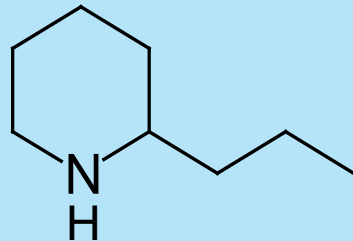
# Páchnoucí květy

- vztah mezi opylovačem a kvetoucí rostlinou je zčásti založen na učení (návyku)
- **durman** (*Datura*) produkuje halucinogenní látky či narkotika; hmyz při sání nektaru přijímá narkotikum a vytvoří si závislost na obsažené tropanové alkaloidy



# Páchnoucí květy

- masožravé rostliny někdy využívají páchnoucích atraktantů k nalákání kořisti, nikoliv kvůli opylování
- **špirlice** (*Sarracenia*) - produkuje alkaloid koniin, který páchne myšinou; kromě nalákání jím rostlina hmyz paralyzuje, aby nemohl uniknout



# Orchideje - sňatkové podvodnice



- včely samotářky - tořiče (*Ophrys*)
- květní vůně obsahuje složky samičího feromonu
- sameček je nalákan a opyluje (pseudokopulace), ale není odměněn nektarem





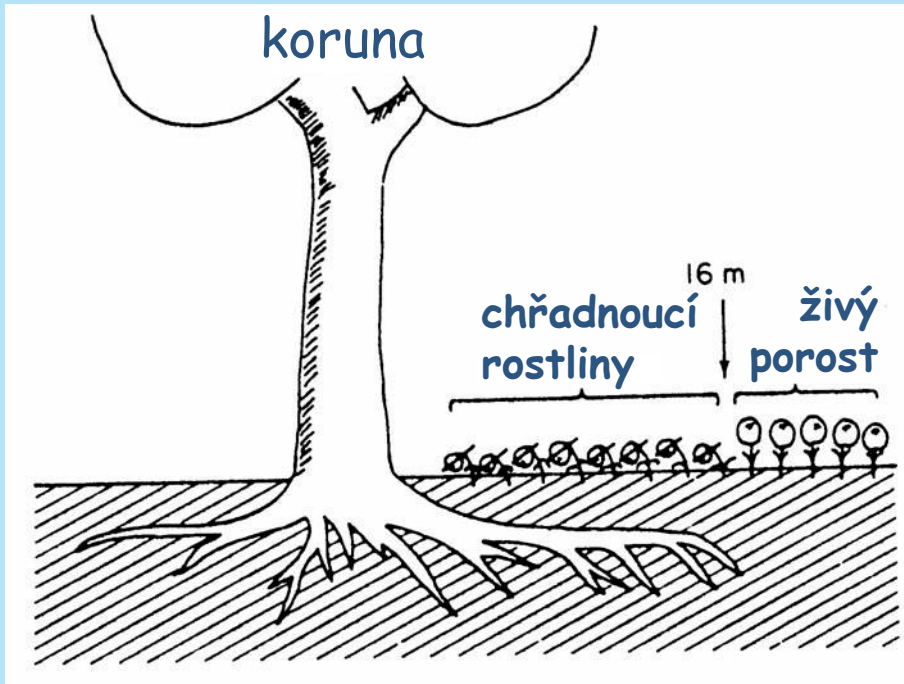
# Interakce rostlina - rostlina: Chemická řeč rostlin

- souboj o prostor a živiny (allelopathie)
- obrana před býložravci (rostlinné toxiny)
- indukovaná obrana (volání „SOS“, varování sousedních rostlin, produkce dalších toxinů)

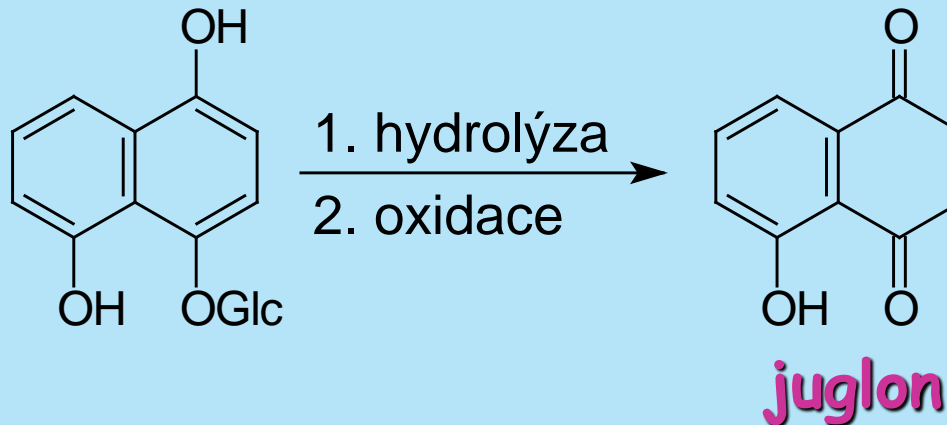




# Allelopathie, boj rostlin o živiny

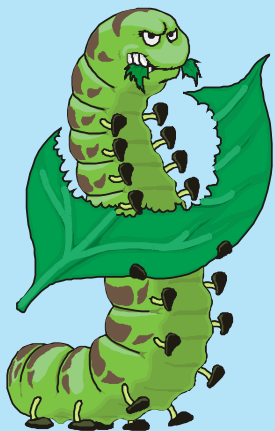


nejznámější příklad u nás je **ořešák vlašský** - pozorován úhyn rostlin pod stromem do vzdálenosti délky jeho kořenů



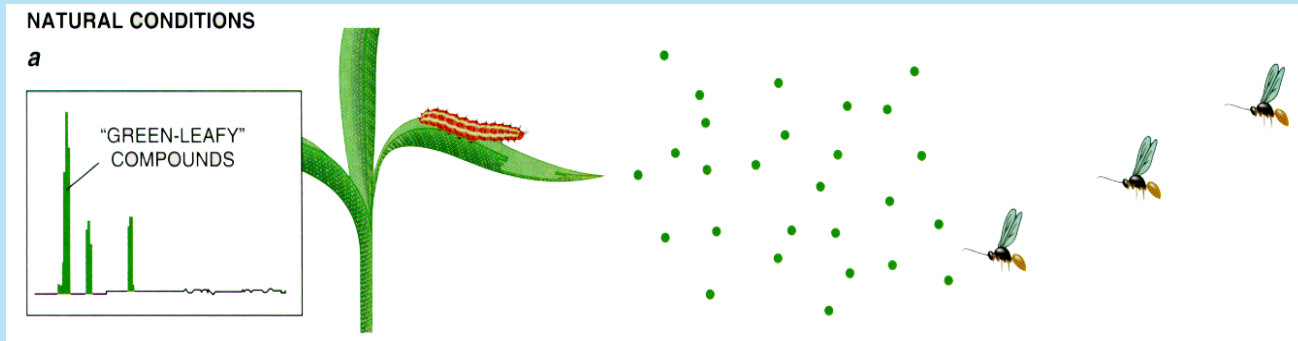
# Interakce vyšších řádů: Indukovaná obrana rostlin

parazitická vosa *C. marginiventis* × housenka *S. exigua*  
× kukuřice *Zea mays*

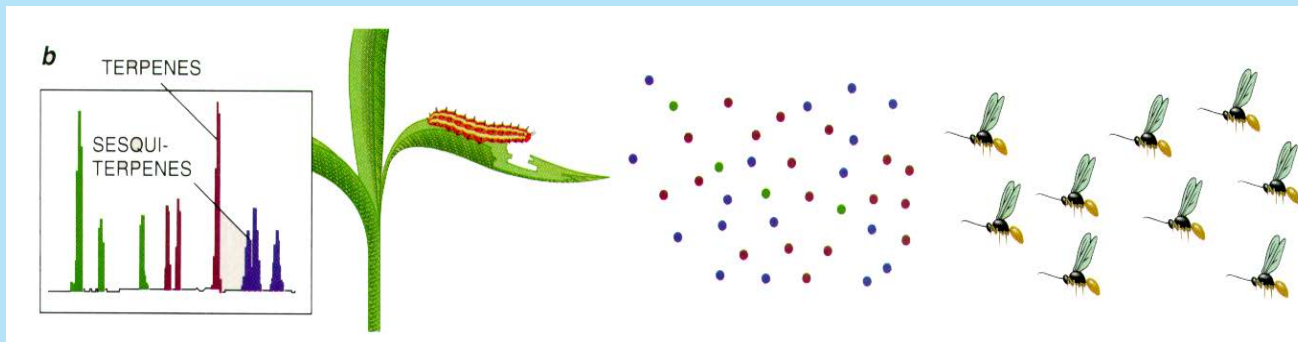


# Parazitická vosa × housenka × kukuřice

začátek požeru



po 12-ti hodinách

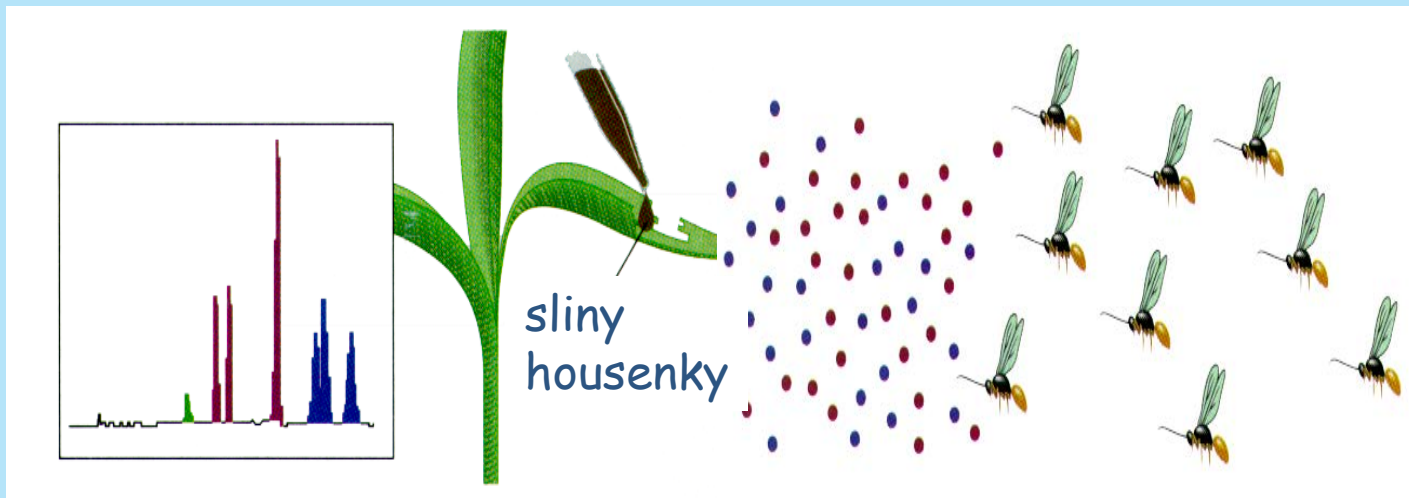


Rostlina produkuje chemické signály i po ukončení žíru housenky, indukované látky lákají více predátorů („SOS“).

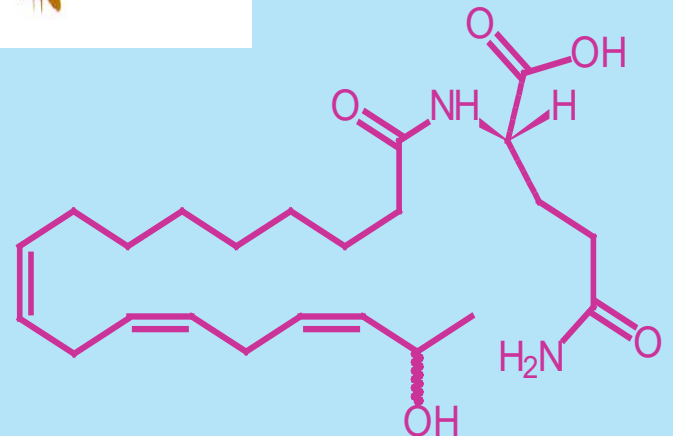


# Parazitická vosa × housenka × kukuřice

Samotné sliny housenky indukují podobné látky jako při žíru housenky

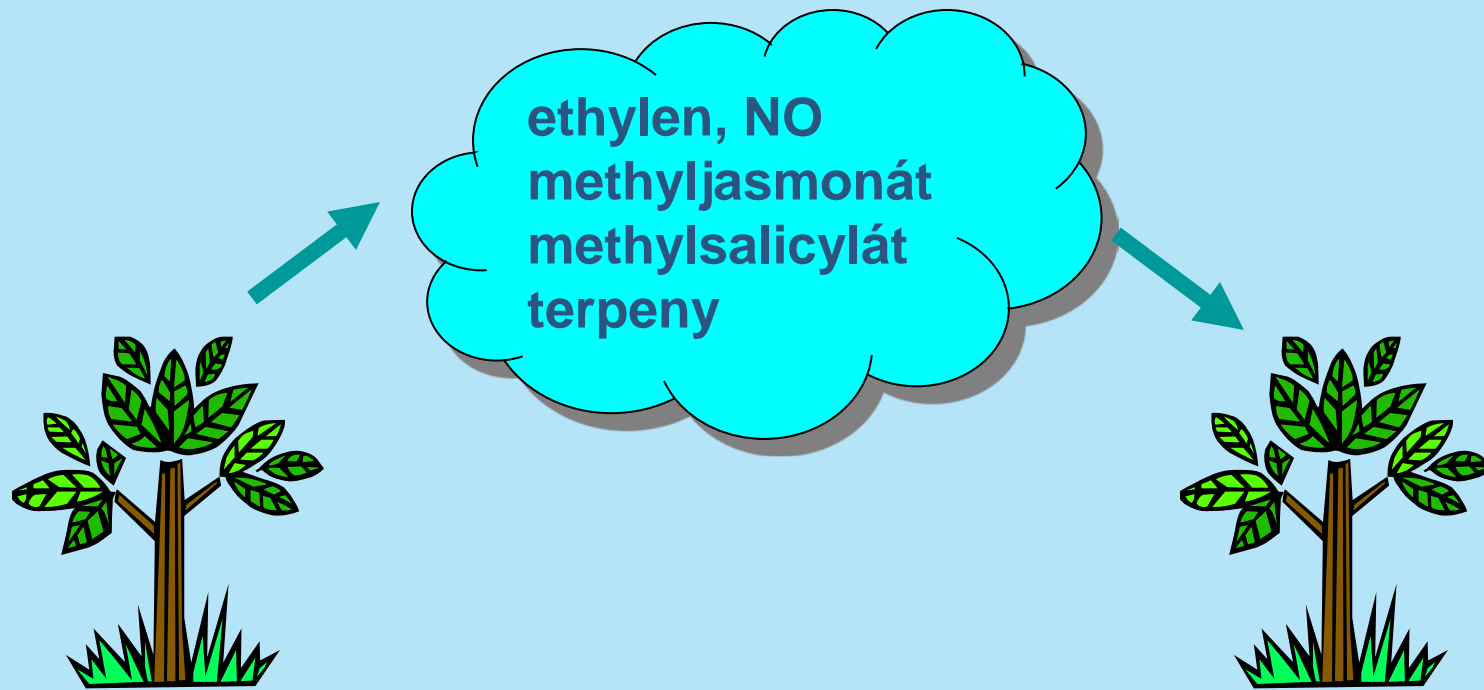


účinná látka ze slin byla nazvána **volicitin**





# Rostliny komplexně interagují s okolím



Po napadení rostlina produkuje těkavé látky a endogenní toxiny

V okolních rostlinách se nastartuje syntéza toxinů i bez napadení (získaná systemická rezistence)



# Fytoalexiny

- interakce mezi rostlinami a mikroorganismy
- divoce rostoucí druhy rostlin jsou obvykle přirozeně rezistentní vůči chorobám způsobeným mikroorganismy
- **fytoalexiny** - látky produkované rostlinou *de novo* k obraně před chorobami
- syntetizovány *de novo* genovou expresí nebo aktivací latentního enzymatického systému

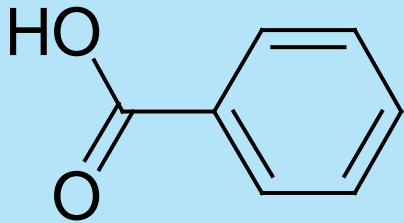


# Fytoalexiny

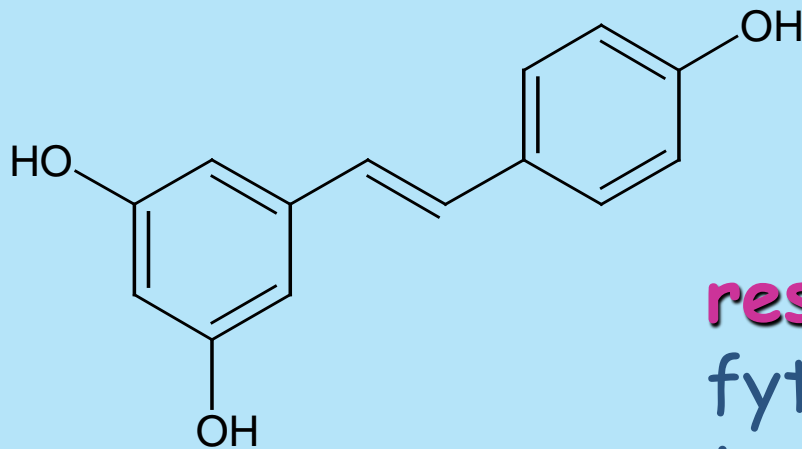
- V menší míře se fytoalexiny tvoří i při napadení rostliny bakteriemi či viry nebo je-li rostlina vystavena abiotickým stresům (UV záření, teplotní šok, poranění, vysoké koncentrace solí)



# Příklady fytoalexinů



**kyselina benzoová,**  
obrana proti hnilobě jablek;  
konzervační činidlo



**resveratrol,**  
fytoalexin řady druhů rostlin,  
je přítomen v červeném víně



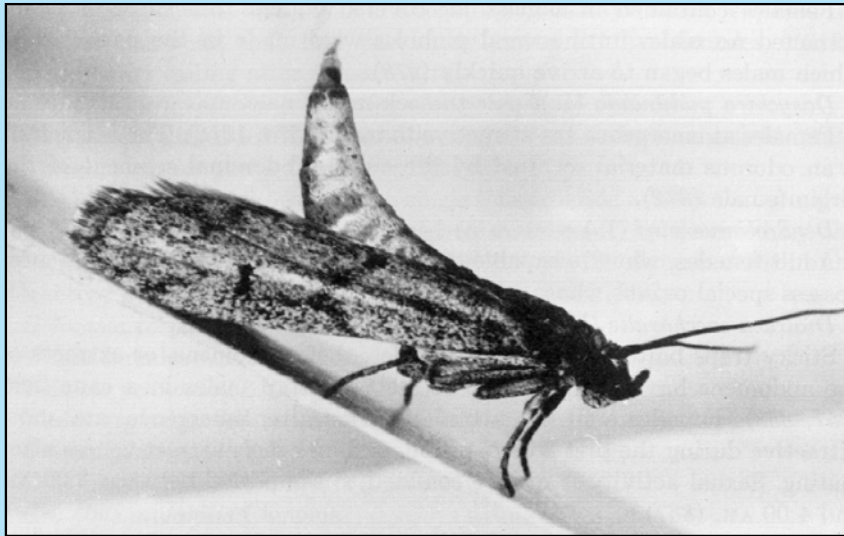
# Výzkum přírodních látek

- Příprava vzorku
- Vyčištění vzorku od balastních látek
- Analýza vzorku
- Biologické metody testování aktivity izolovaných přírodních látek



# Dobrá znalost životního cyklu organismu

- produkuje chemické signály?
- kdy je maximum produkce?
- ve kterém orgánu jsou produkovány?



volající motýlí samička



# Metody získání vzorku

- destilace s vodní parou (silice)
- extrakce rozpouštědlem (univerzální)
- „head-space“ techniky (těkavé látky)
- mikroextrakce na pevné fázi (těkavé látky)
- nástřík pevného vzorku (hmyzí žlázy)



# Destilace s vodní parou

- Clevengerův nástavec
- rozmělněný rostlinný materiál se vaří s vodou
- silice těká s vodní parou, kondenzuje a tvoří horní vrstvu

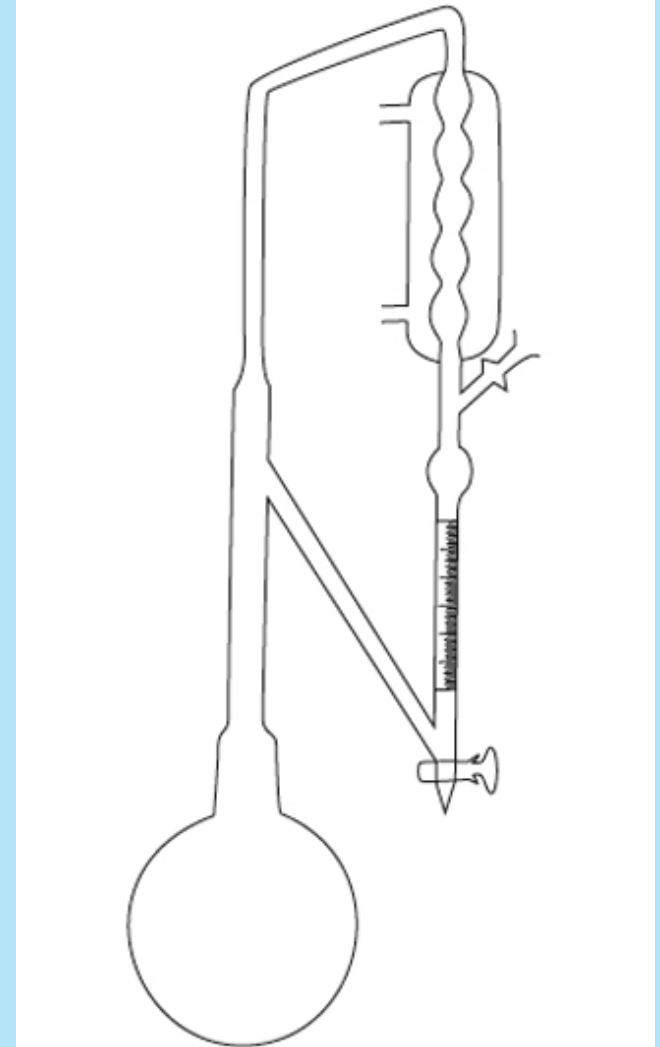


Figure 1. Clevenger-type apparatus — *Appareil de type Clevenger.*





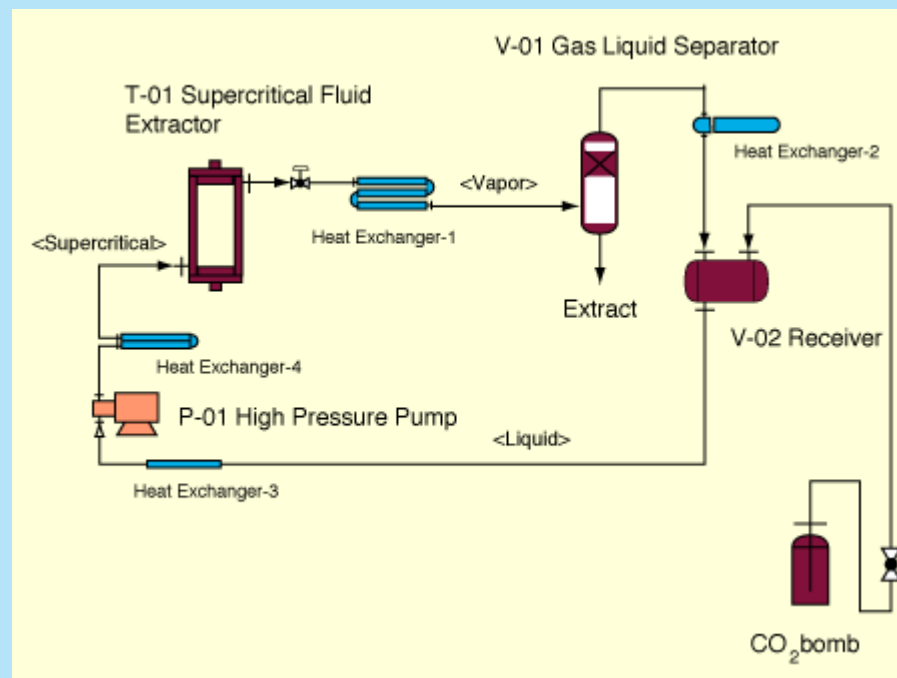
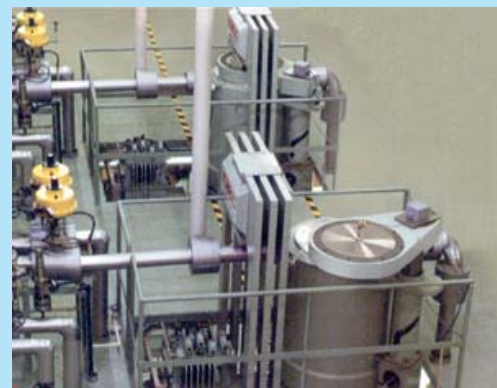
# Extrakce rozpouštědlem

- Výhoda - jednoduchost
- Nevýhody - přítomnost balastních látek, někdy nízká koncentrace vzorku (odpovídá množství látky produkované v okamžiku extrakce)



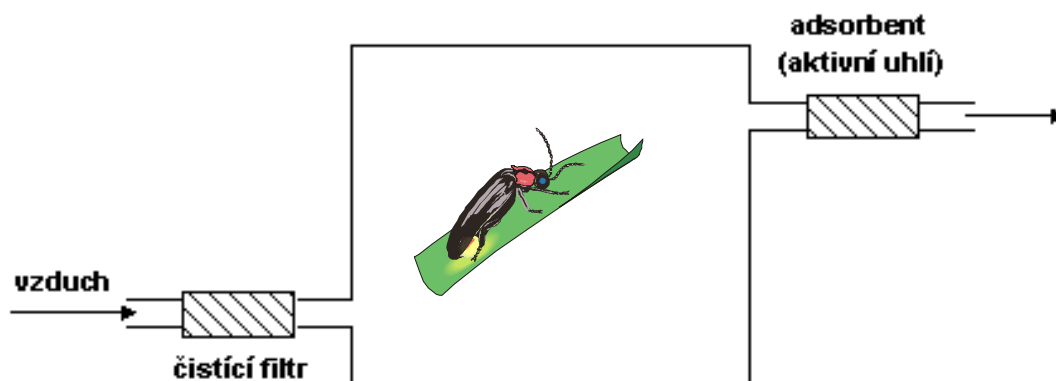
# Superkritická extrakce

- superkritická kapalina se tvoří za superkritických podmínek teploty a tlaku
- nejpoužívanější oxid uhličitý
- vysoká rozpouštěcí účinnost pro některé látky
- extrakce je rychlá



# „Head-space“ techniky

- statická
- dynamická





◆ **jímání látek:**

◆ **sorbenty:**

◆ **aktivní uhlí**

◆ **polymery**

◆ **eluce**

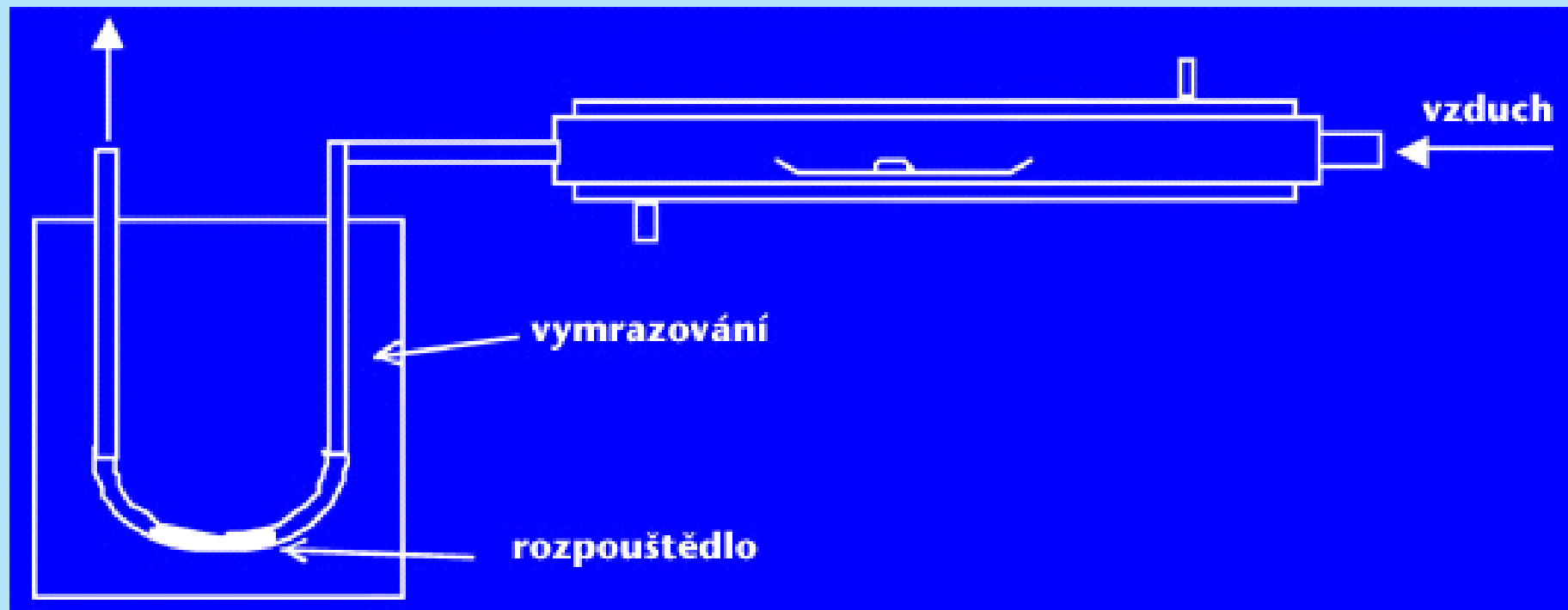
**rozpouštědlem**

◆ **vymrazování**



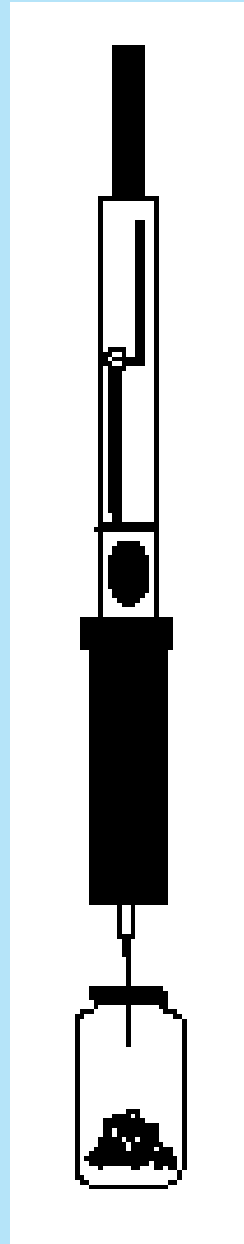


# „Head-space“ techniky



# Mikroextrakce na pevné fázi

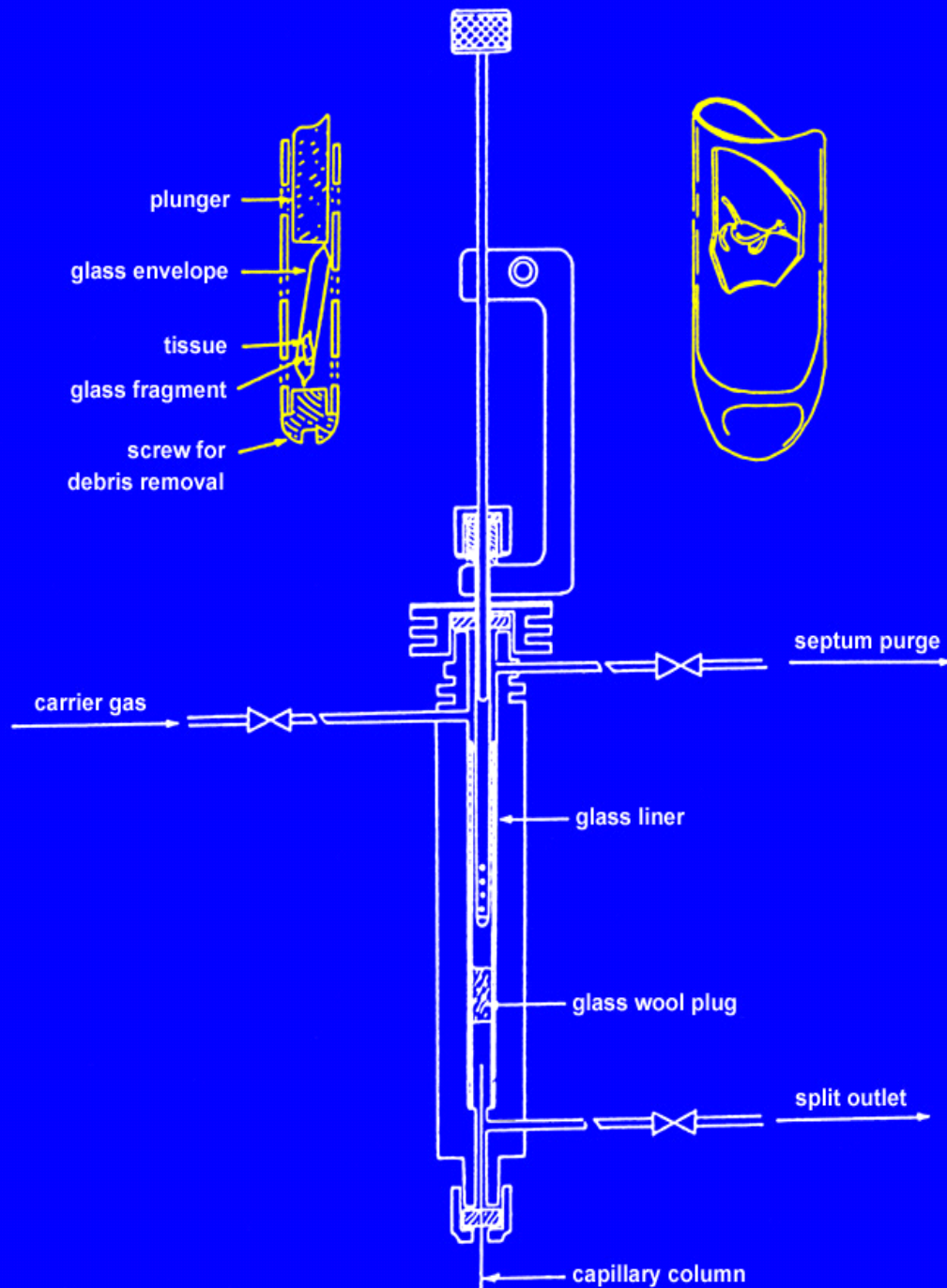
- solid phase microextraction (**SPME**)
- původně vyvinuta pro stopová množství organických látek ve vodných roztocích
- adsorpce na tenký film polysiloxanu
- tepelná desorpce v injektoru plynového chromatografu



# SPME



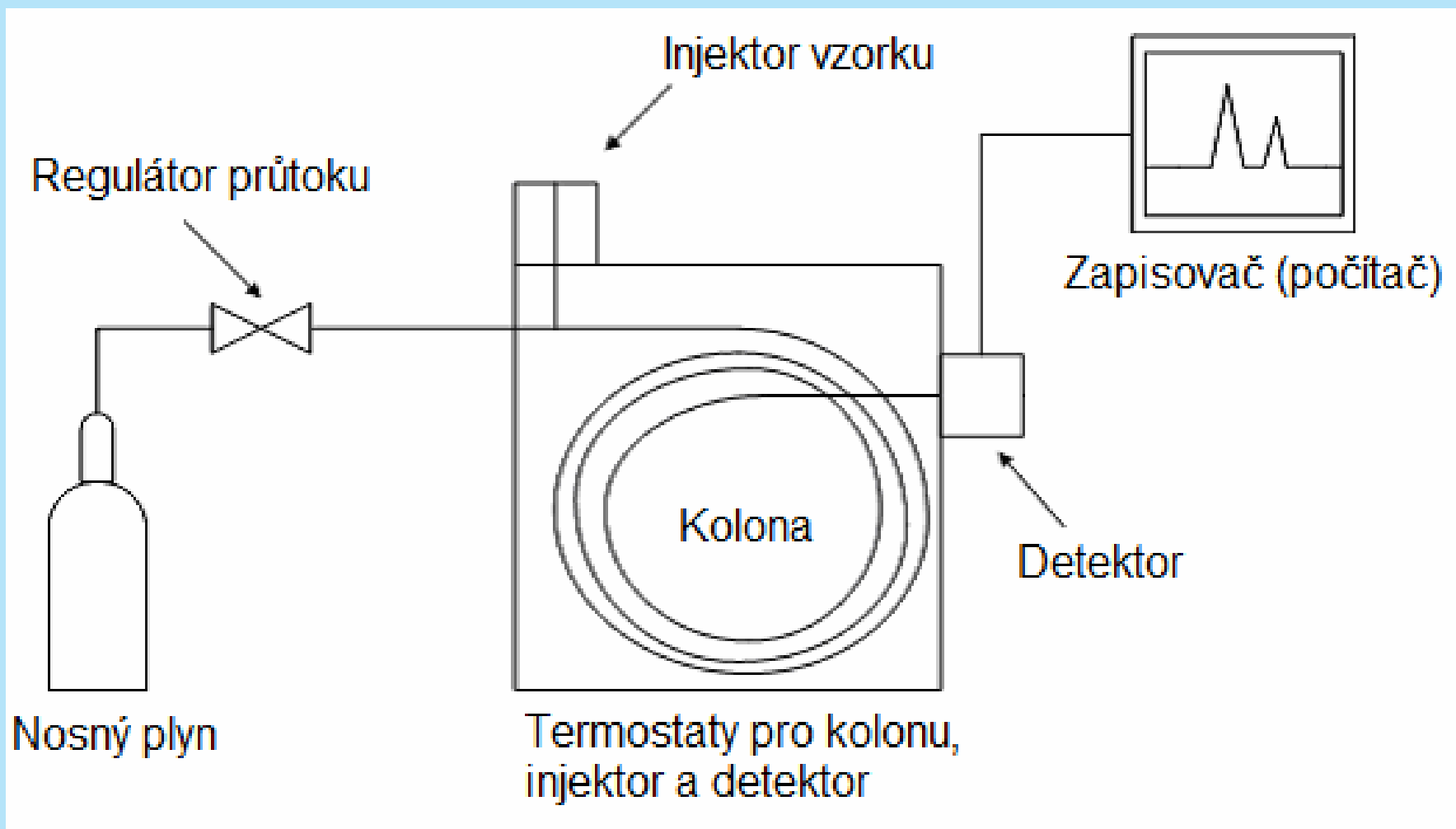
# Nástřík pevného vzorku



- ◆ biologický materiál (žláza) zataven v kapiláře
- ◆ nutná úprava nástřikové komůrky
- ◆ zplynění těkavých složek přímo v nástřikové komůrce



# Plynová chromatografie



# Biotesty u bezobratlých

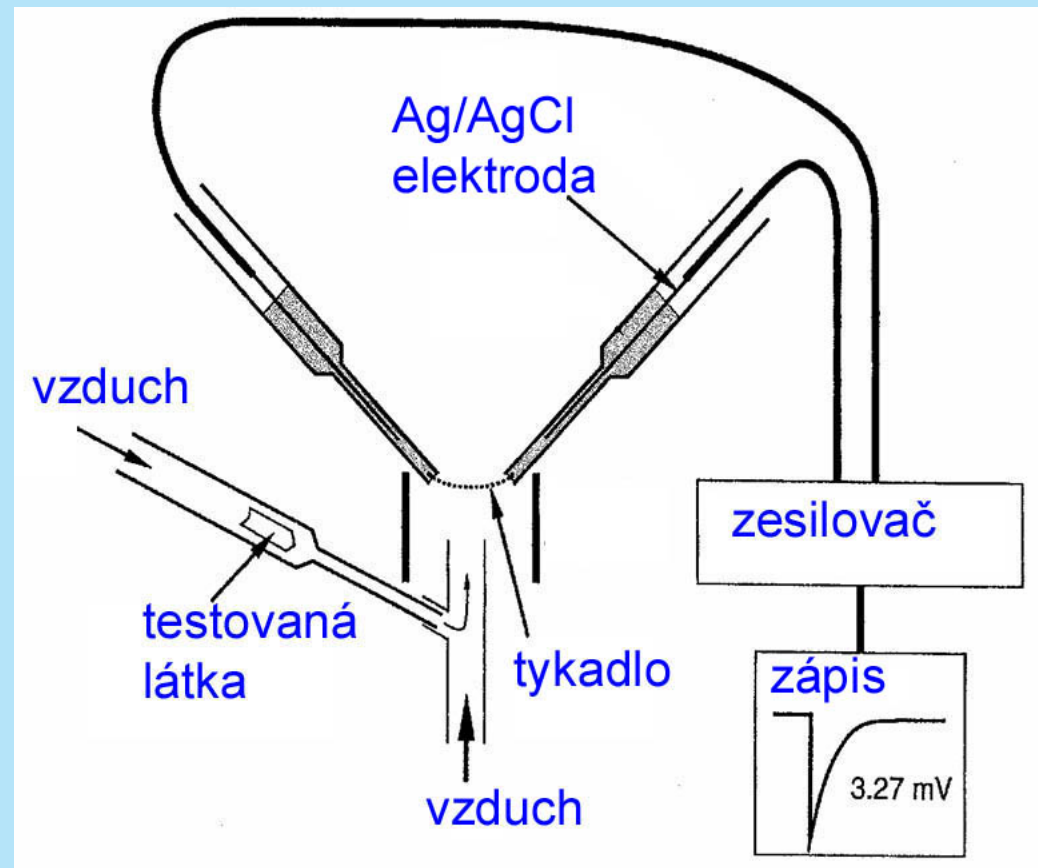
- ověření biologické aktivity (ekologického významu) identifikovaných látek
- testy na smyslových (periferních) orgánech - elektrofysiologické metody, elektroantenografie
- testy chování (olfaktometr)

# Elektroantenografie (EAG)

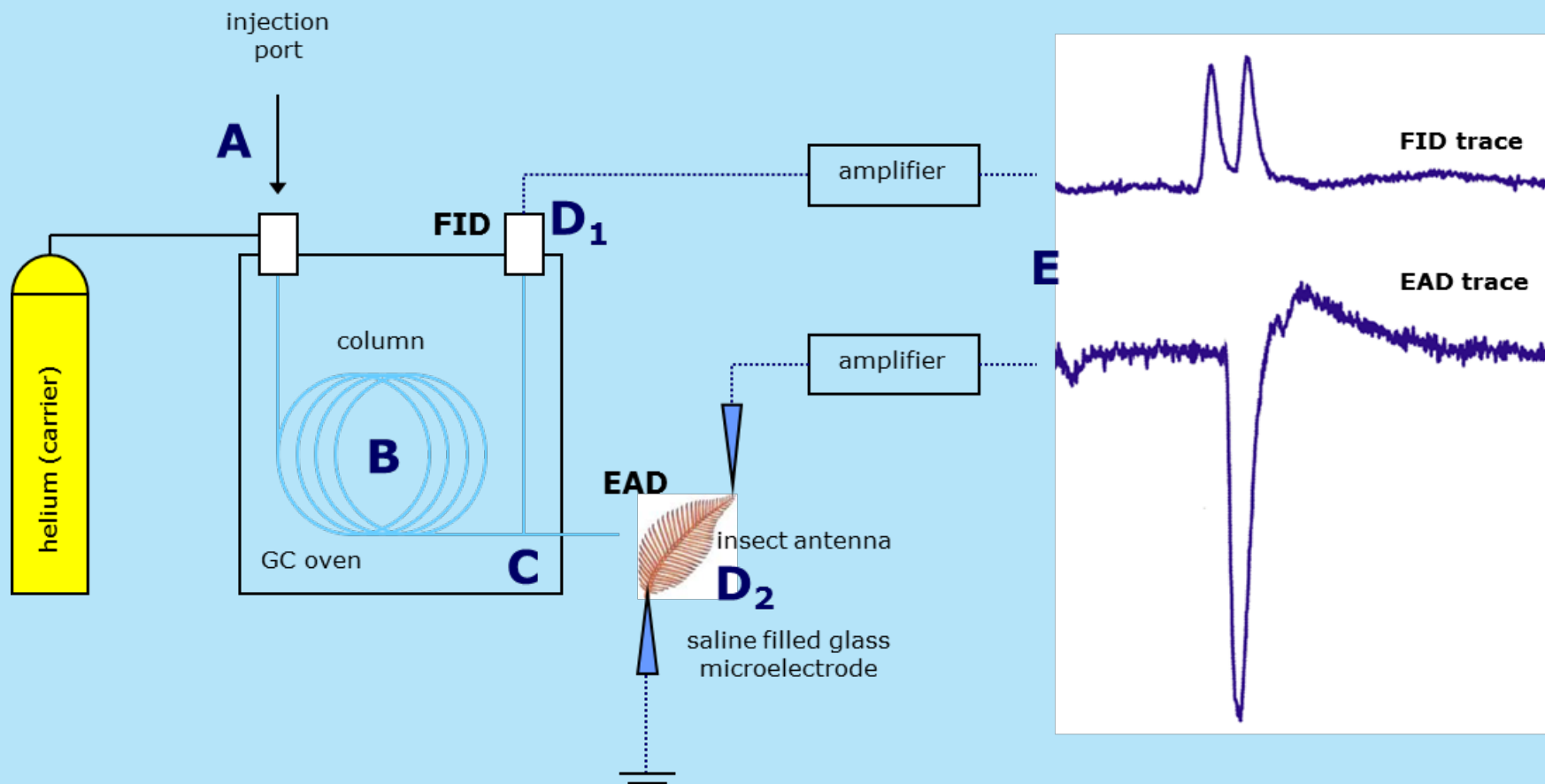
D. Schneider, 1957

Čichovým orgánem hmyzu je tykadlo

- obecně použitelná metoda
- oblíbená pro analytické účely jako selektivní detektor
- neposkytuje specifické odpovědi

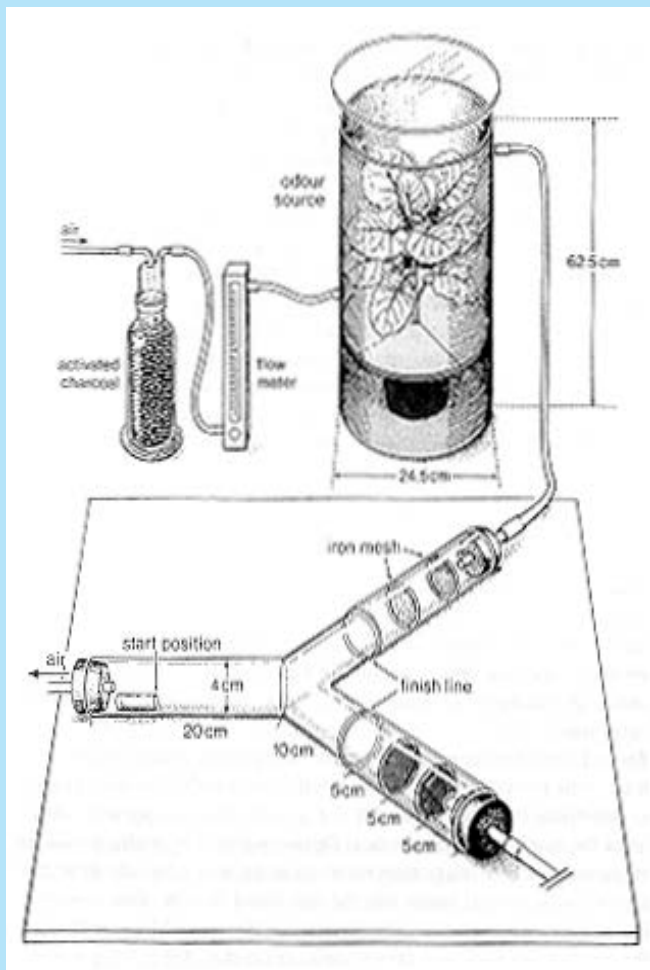


# Plynová chromatografie s elektroantenografickou detekcí





# Testy chování, olfaktometr

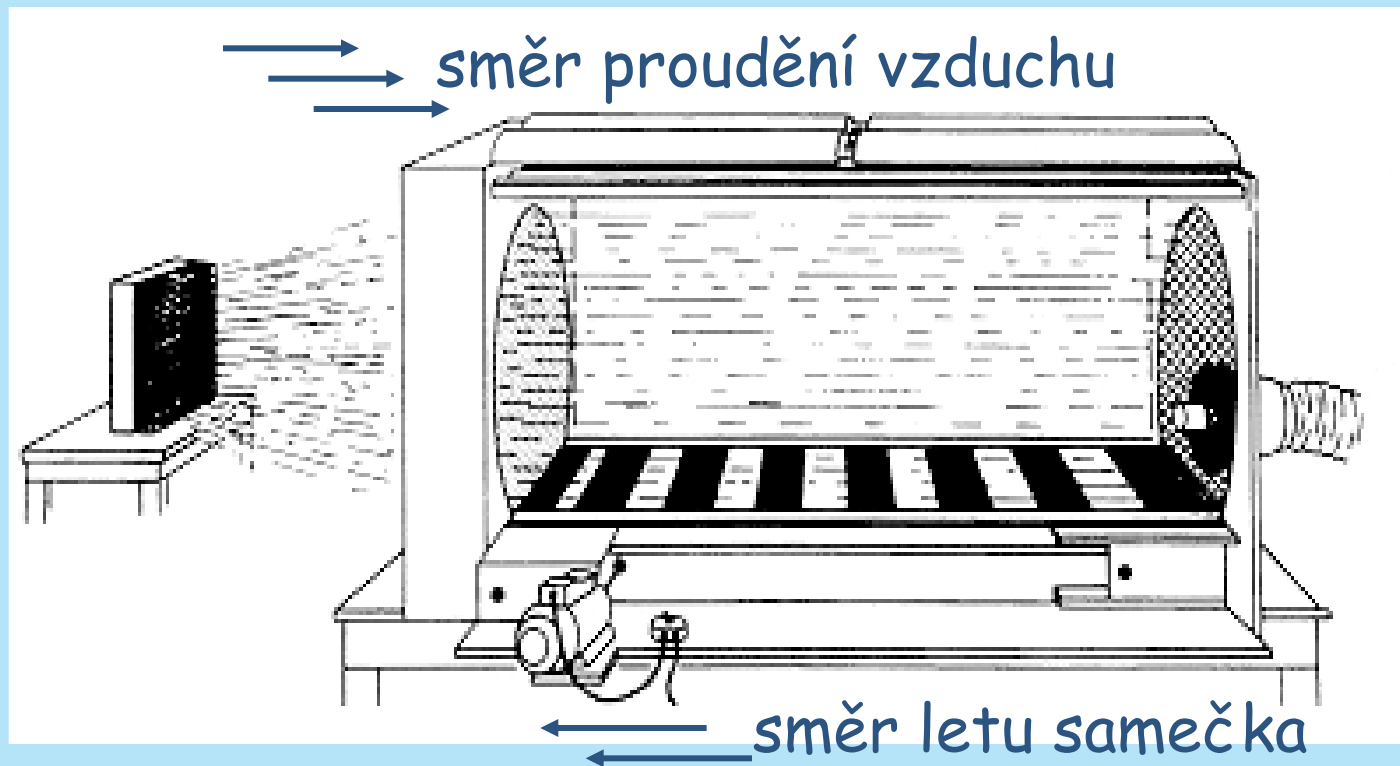


- pro testování těkavých podnětů
- 2-vícecestný výběrový test
- porovnání reakcí na kontrolní, neutrální, negativní a pozitivní podněty
- pozorování pohybu hmyzu ve směru jednotlivých testovaných látek



# Biotesty u bezobratlých

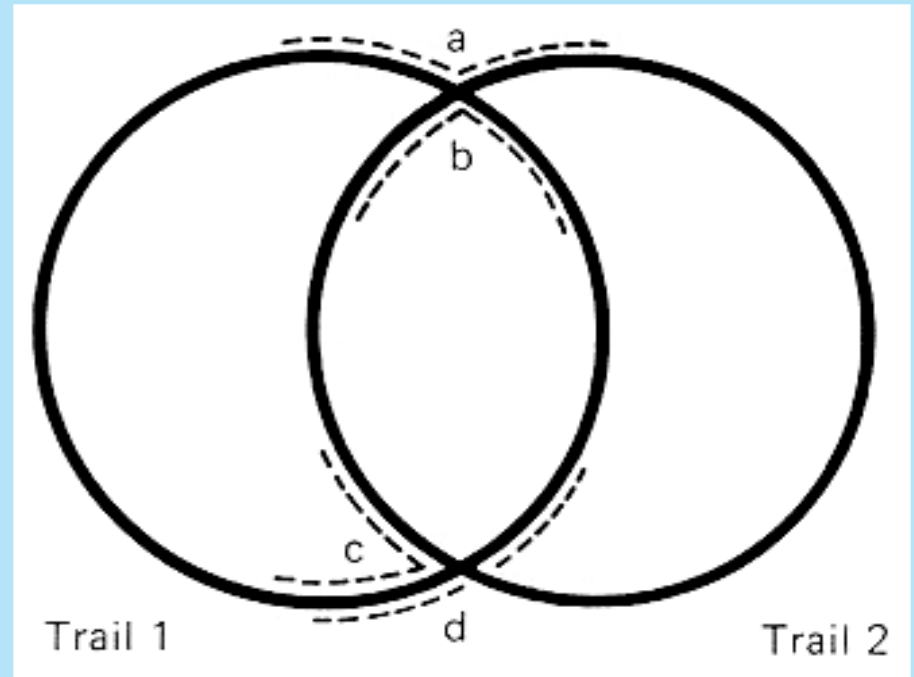
- Trubicový olfaktometr, tzv. větrný (proletový) tunel
- Sleduje se a vyhodnocuje průběh a intenzita navozeného chování. Např. pro sexuální feromon: aktivace, orientovaný let, nalezení zdroje a pokusy o kopulaci s terčíkem



# Biotesty u bezobratlých

Test pro stopovací feromony:

Stopy 1 a 2 se "napíší" testovanou látkou a sleduje se pohyb např. mravenců po stopě



# Děkuji za pozornost.



ÚOCHB AV ČR

[irena@uochb.cas.cz](mailto:irena@uochb.cas.cz)