



Chemická ekologie

Chemická komunikace

Vědní obor: chemicky zprostředkované interakce mezi organismy

- komunikace mezi organismy
- obranné látky

- **Ing. Anna Jirošová, Ph.D**
- **Tel.: +420 224383903**
- **jirosovaa@fld.czu.cz, L234**
- **KOLE**
- **Faculty of Forestry and Wood Sciences,**
- **Czech University of Life Sciences Prague**



- Prof. RNDr. Jan Žďárek: Hmyzí rodiny a státy, 2013, Academia ISBN 978-80-200-2225-7
- Jan Žďárek, Petr Zahradník, Jan Liška Feromony v ochraně lesa, 1993, Ministerstvo zemědělství ISBN 80-7084-068-4
- Pheromones and Animal Behaviour, T. D. Wyatt (2014) Cambridge University Press, Cambridge, 2003. 978-0-521-11290-1
- Pine Bark Beetles. C. Tittiger and GJ. Blomquist (Eds.) Academic Press Elsevier 2019, Hardcover ISBN: 780128027233 eBook ISBN: 9780128027448
- Techniques in Pheromone Research, Hummel HE and Miller TA (Eds.) (1984) Part of the Springer Series in Experimental Entomology book series (SSEXP)
<https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5220-7> · PRINT ISBN 978-1-4612-9743-7 Online ISBN 978-1-4612-5220-



Ohrožení hmyzem? - Neobvyklá setkání po 40 letech

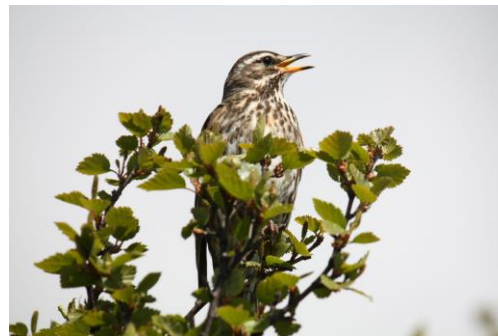
[Jan Žďárek](#)

Academia 2021

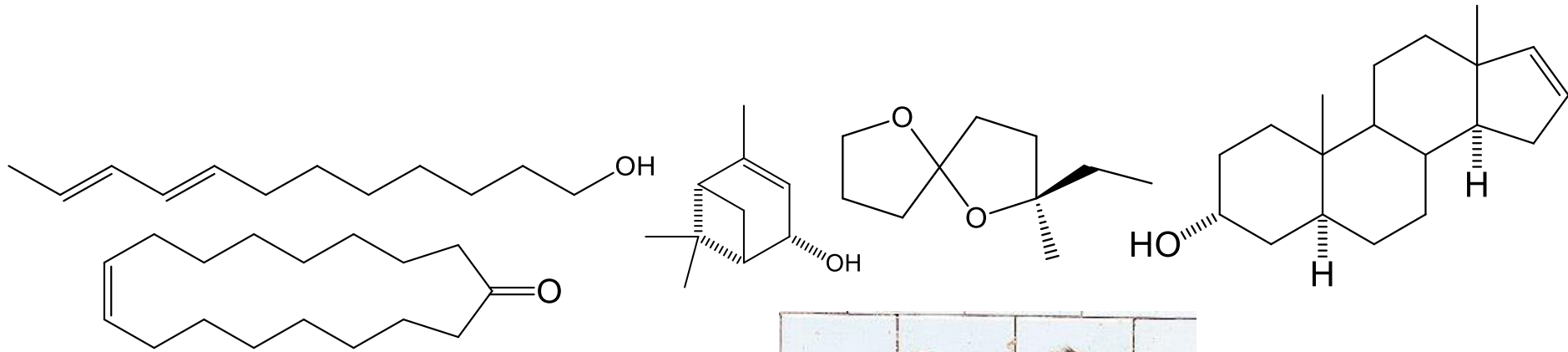
Komunikace



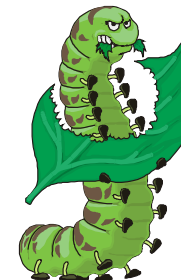
Komunikační prostředky živočichů



Komunikační prostředky živočichů



Veškeré organismy vypouštějí chemické signály a reagují na pachy ostatních



Semiochemikálie, chemosémanty (chemická řeč, přenos informace mezi organismy)

buňky (imunitní odpověď)

hmyz (sexuální chování,
regulace sociálního života)

bakterie (chemotaxe)

obratlovci (dominance,
označení teritoria)

řasy (atrakce pohlavních buněk, gamet) **člověk** (imunita, sexuální
chování)

rostliny (lákání opylovačů)

Feromony

πηρεριν (nésti) ηορμαν (vzrušovat)
(Karlson a Lüscher, 1959)

mezi jedinci stejného druhu

Allelochemikálie

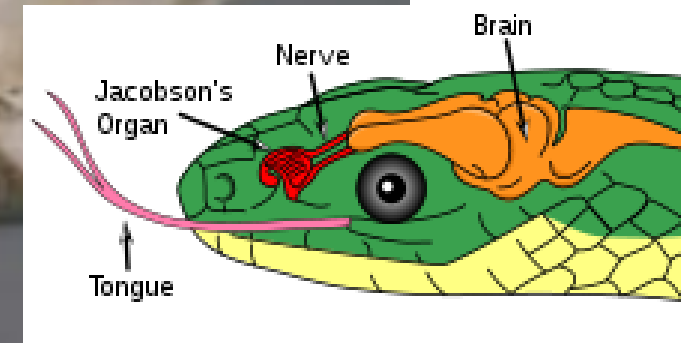
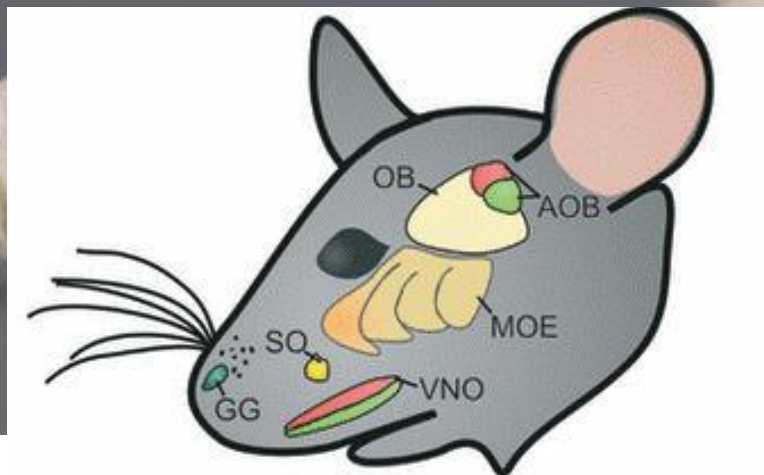
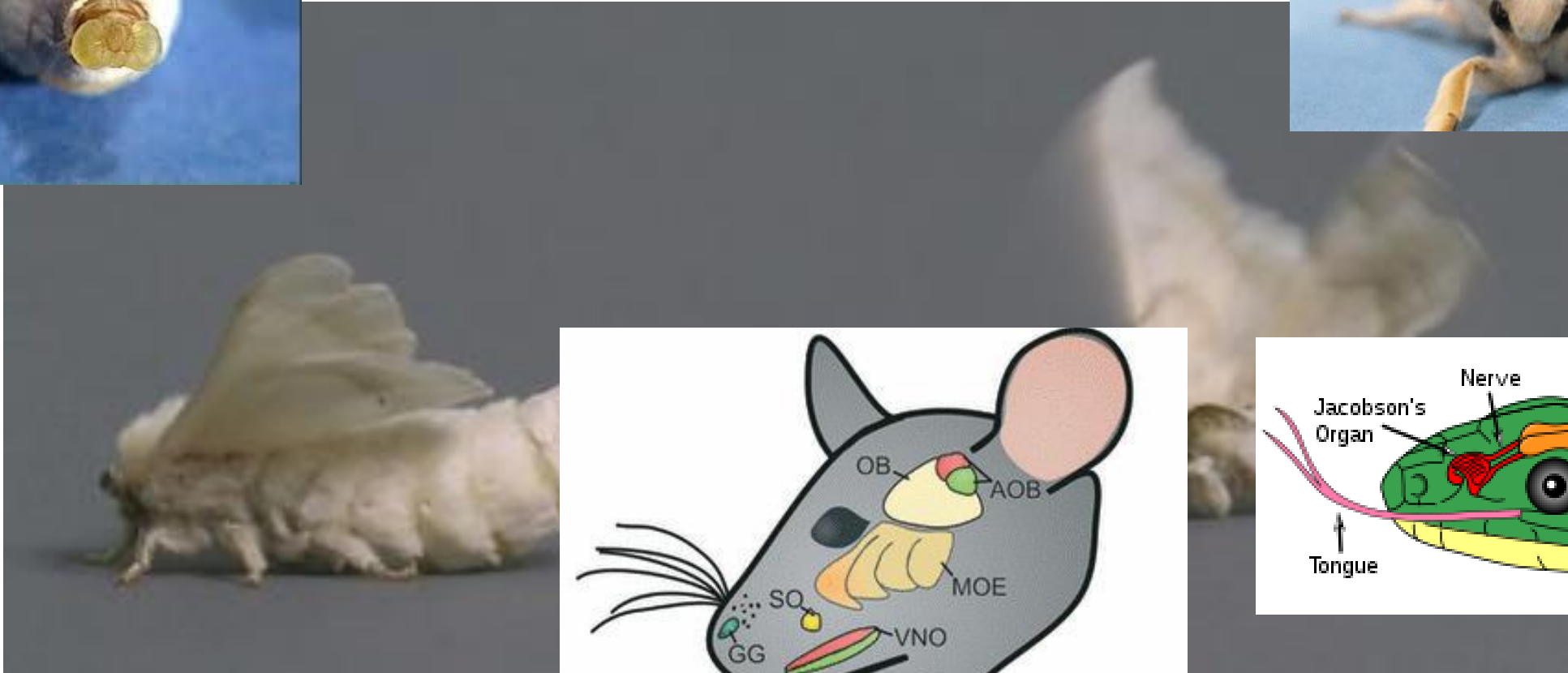
kairomony, allomony
synomony

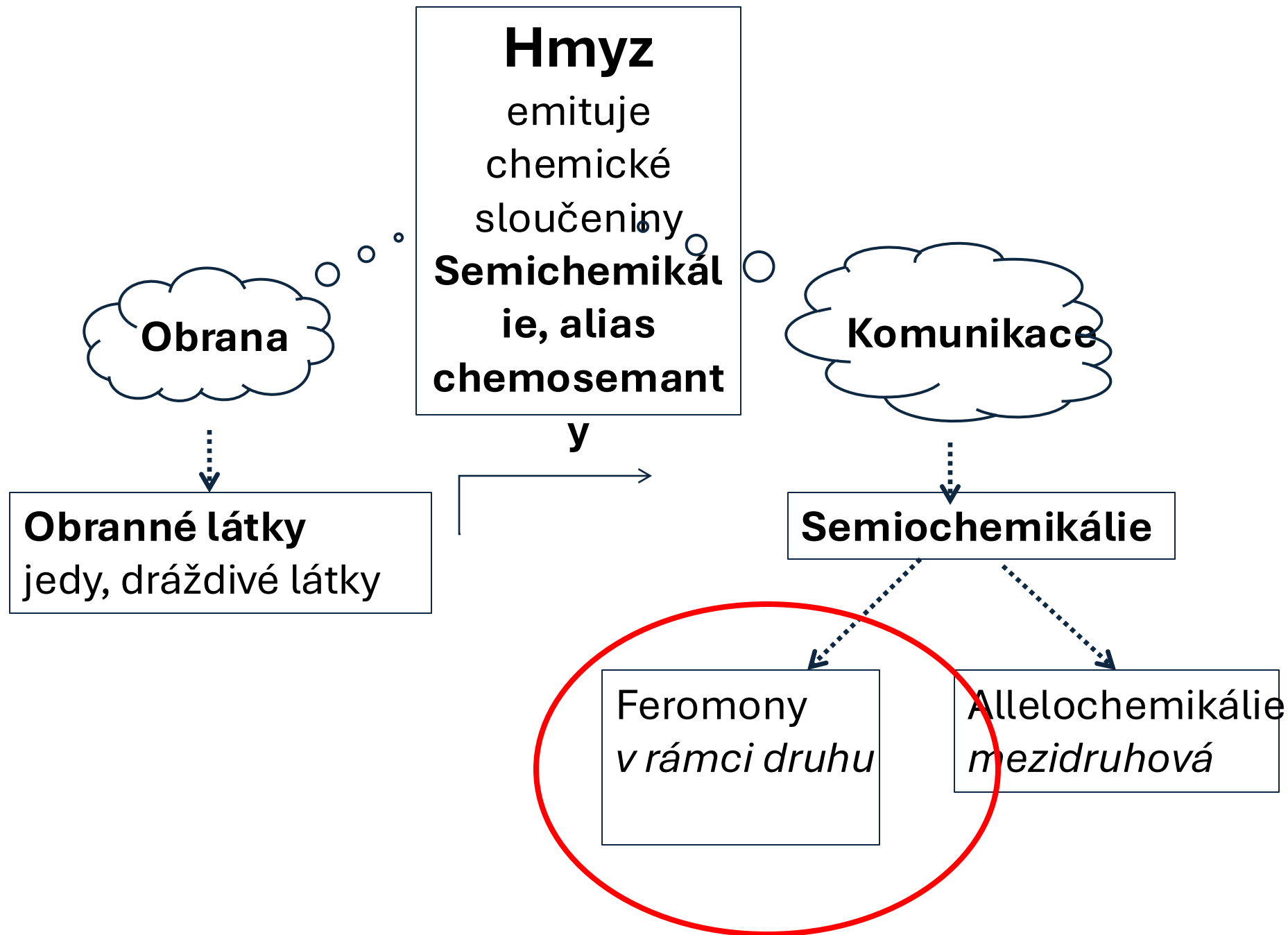
mezi různými druhy

**Tvorba komunikačních látek,
semiochemikálií,
chemosemantů ve žlázách s
vnější sekrecí**

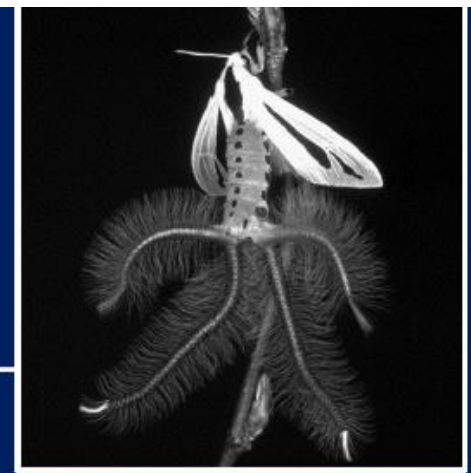


**Příjem komunikačních látek:
čichem x chutí**





Sekreční orgány feromonů – feromonové žlázy

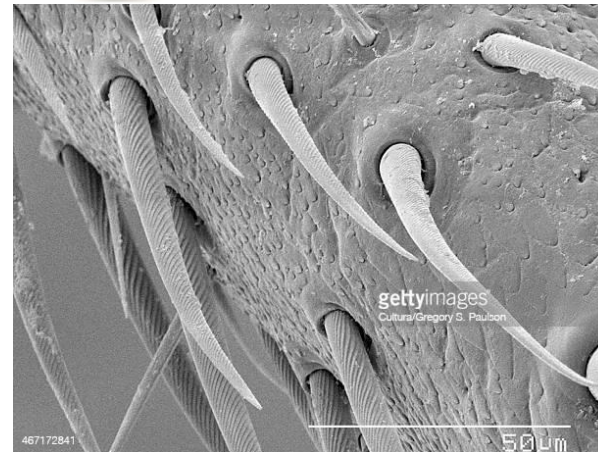
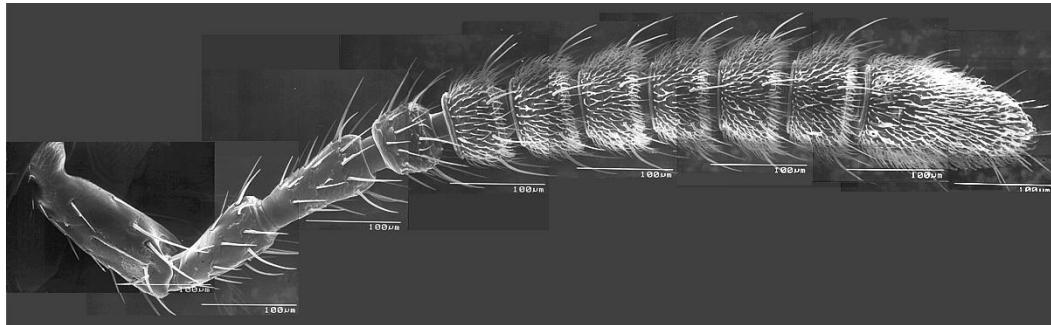


Creatonotus gangis
Arctidae
M. Boppré

- Rozmanitost feromonů
- Variabilita specializovaných sekrečních orgánů – feromonových žláz
- V druhově specifických oblastech
 - savci: kolem očí, genitálií a řitního otvoru...,
 - hmyz: specializované štětičky, vějířky a nafukovací struktury (coremata) na zadečku, křídlech, nožičkách, aj.)

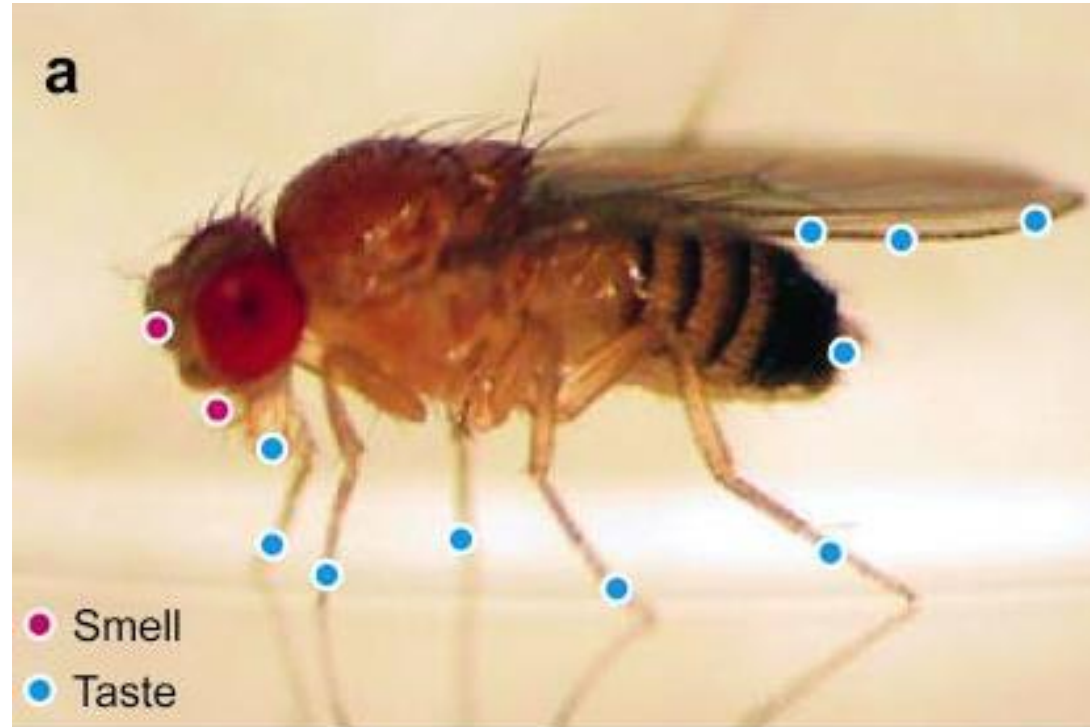
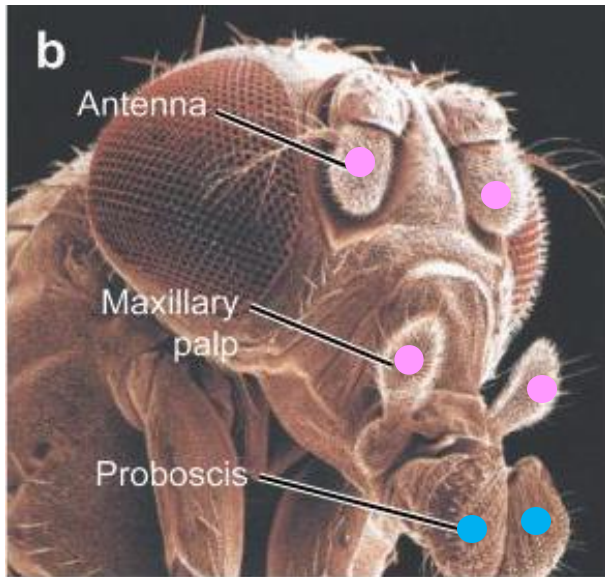


Tykadla



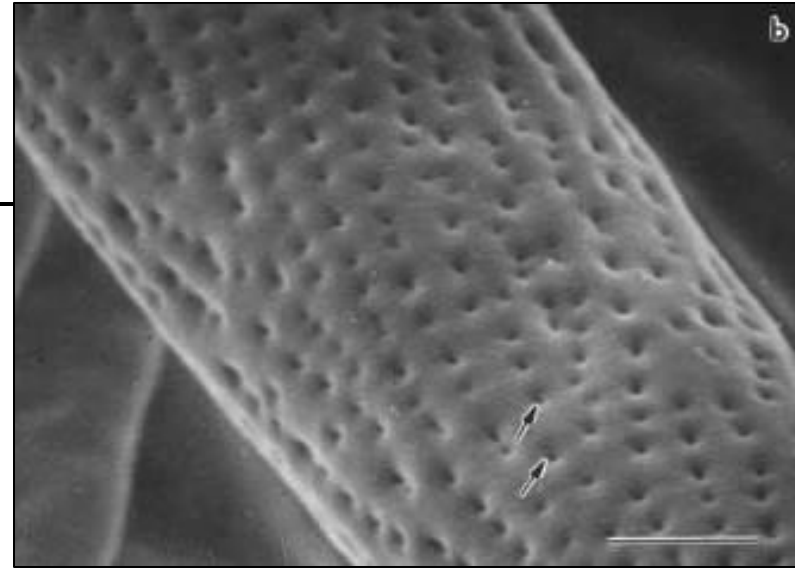
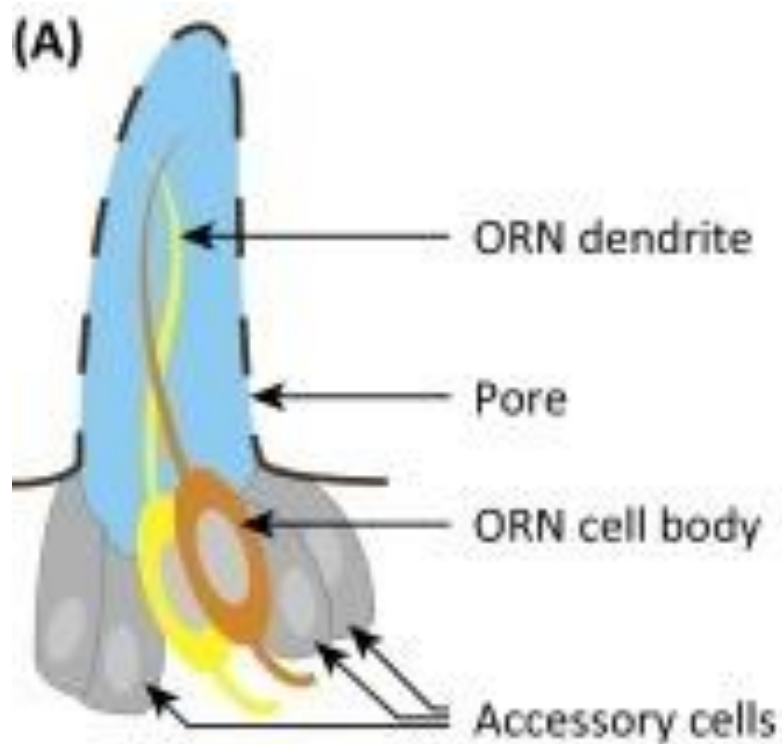
Chemické smysly

- Čich
- Chut'



čich – přenos vzduchem (těkavé látky)
chut' – kontakt (netěkavé látky,
rozpuštěné ve vodě)

Čichové sensily

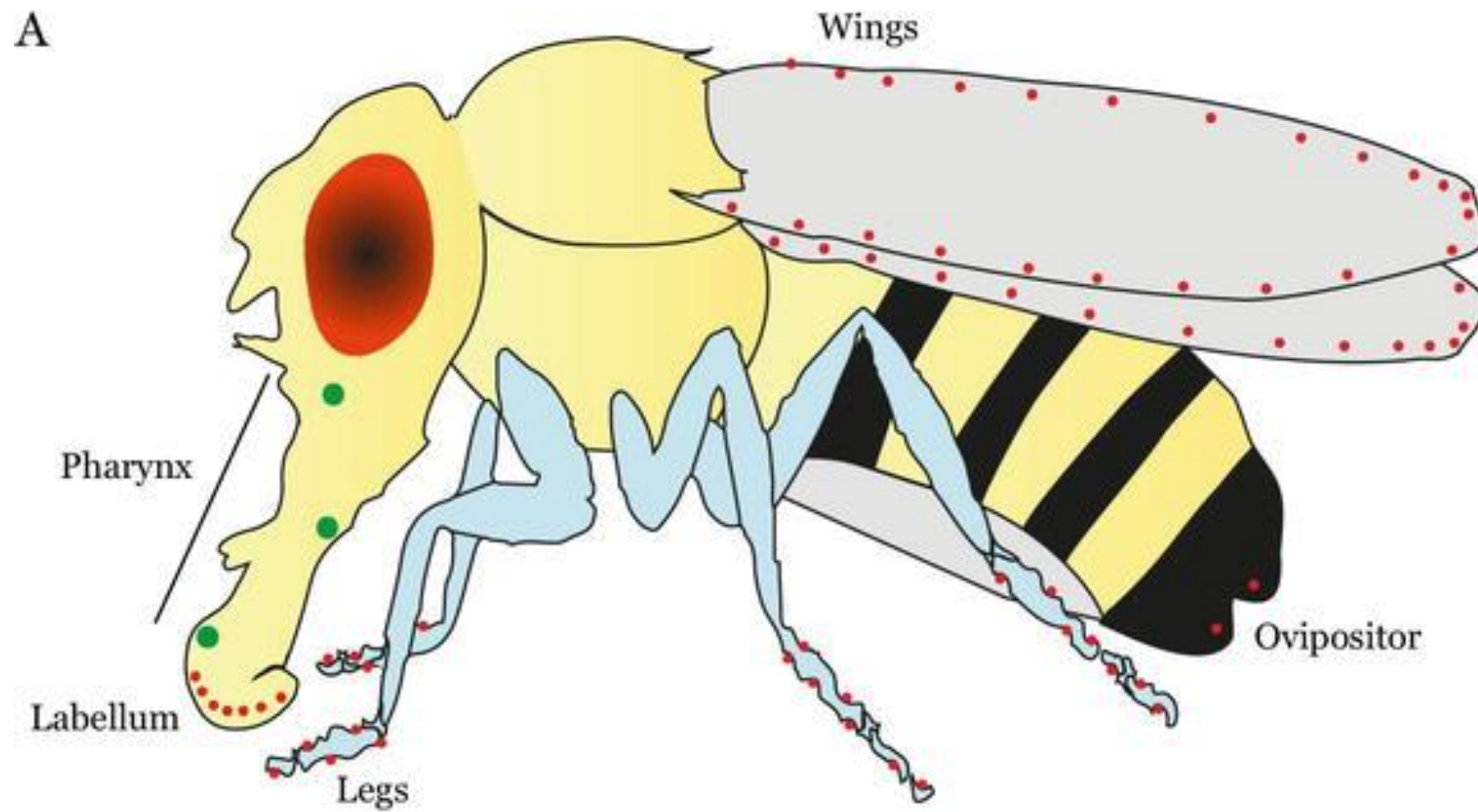


Vůně difundují póry do nitra sensily a reagují s čichovými receptory na dendritech smyslových neuronů
Vzniklé podráždění vedeno antenálním nervem do čichového laloku mozku (AL)
Čichové smyslové neurony končí synapsemi na lokálních neuronech AL

Tykadla a palpy (Diptera)

Různé morfologie: trichoidní, basikonická, coelokonická, ampullacea, placodea etc.

Chut'



Semiochemikálie

Feromony
vnitrodruhová komunikace



Spouštěče (releasers)
Chování

Působky (primers)
Změny fyziologie
(exohormony)

Identifikační signály
Komplexní CHCs směsi



Allelochemikálie
mezidruhová komunikace



Allomony
benefit pro vysílatele

Kairomony
benefit pro příjemce

Synomony
oboustranně
prospěšné

Typy feromonů



- Sexuální
Atraktanty
Afrodisiaka
Identifikační signály



- Značkovací
- Agregáční
- Poplašné, disperzní atd...

Klasifikace není vždy jednoznačná
Jedna látka – může mít více funkcí



Feromony

Poplašné



Sexuální



Královské



Stopovací



Agregační



Sexuální feromony



- Atraktanty - velké vzdálenosti
- Afrodiziaka - nablízko – ovlivňují chování partnera
- Identifikační - nablízko
- Druhově specifické
- Produkce - feromonové žlázy (na křídlech, zadečku, *de novo*, sekvestrace, kutikulární uhlovodíky
- Cirkadiánní rytmicita – produkce i odpovědi často časově vymezeny – mimo toto „okénko“ na feromony nereagují

Agregační feromony



Shromáždění jedinců - potrava, páření, zimování, obrana



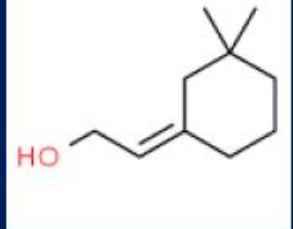
Švábi – periplanone

Kůrovci....podle druhu produkován samci/samicemi

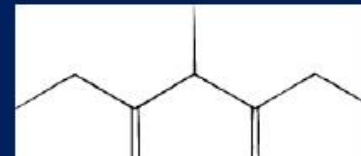
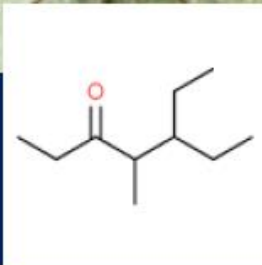
Nosatec bavlníkový, *Anthonomus grandis* – glandulure



Listopas čárkovaný, *Sitonia lineatus* (L) - 4-methyl-3,5-heptanoide

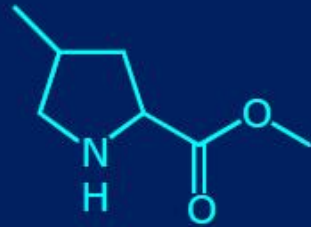
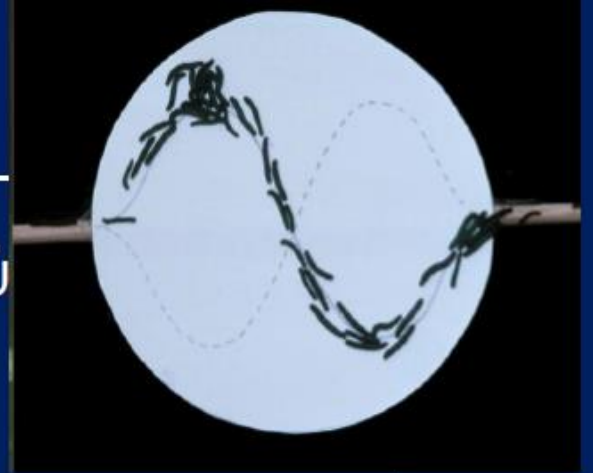


Pilousi - Sytophylus spp. - male-produced aggregation pheromones



Stopovací feromony

- Nesociální hmyz – housenky přástevníčků, bourovců
- Sociální hmyz - mravenci, termiti



methyl 4-methylpyrrol-2-karboxylát
„stopa“ mravenců *Atta*



Bourovec trnkový
Eriogaster catax
Feromon nebyl identifikován



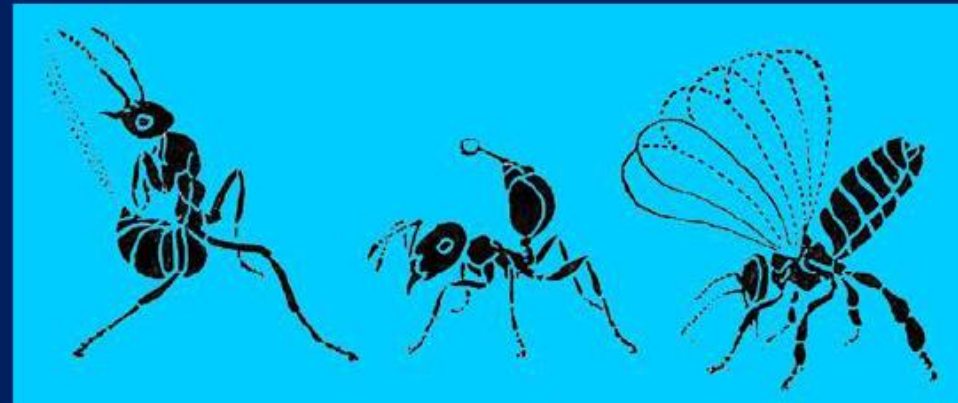
Poplašné (disperzní) feromony



- **Mšice** (β -farnesen)- reagují na něj i mravenci
- **Kříši** - samice ostnohřbetek *Umbonia* zahánějí nepřátele) atd.
- **Sociální hmyz**: kromě vosíků a čmeláků

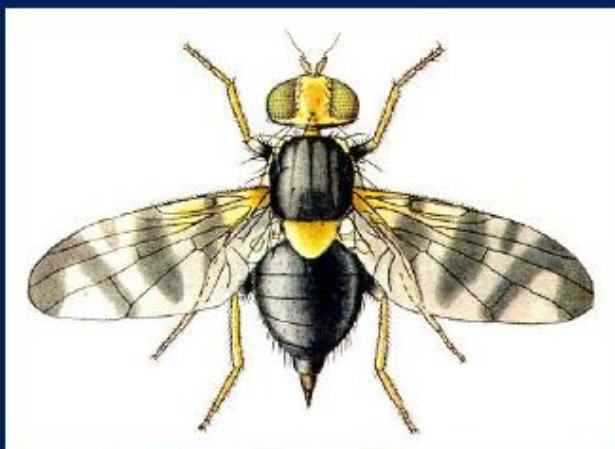
Reakce podle koncentrace - disperze, excitace, agregace, volání posil

Obranná látka (jed) je někdy zároveň poplašný feromon - včely a vosy



Značkovací feromony

Regulují populační hustotu



Vrtule třešňová (Rhagoletis cerasi)

Značkovací ovipoziční feromon



Historie

rok 1959- bombykol

Bourec morušový (*Bombix mori*)



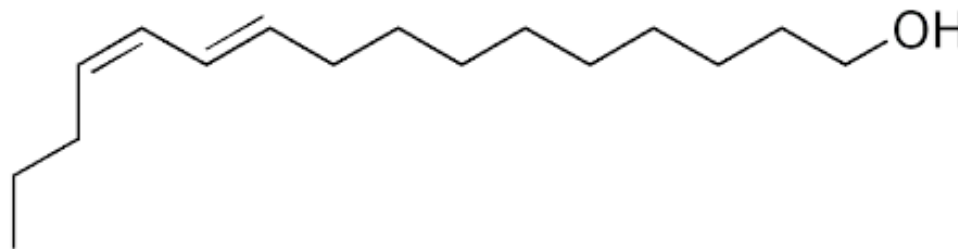
Adolf Butenandt

10 tun, 500 000 feromových žláz...→12mg

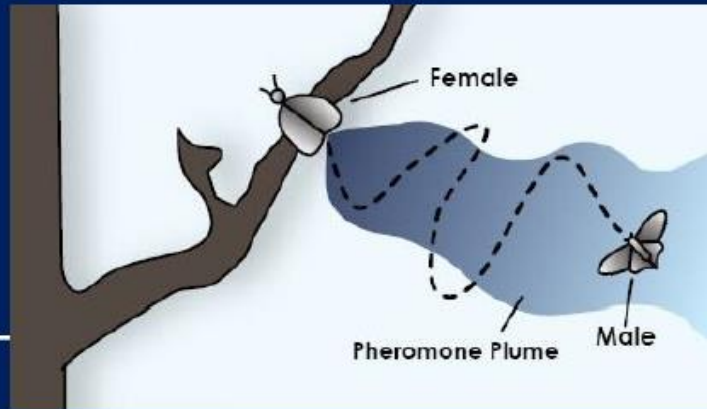


dnes 1 feromonová žláza ...→

0,1ng-100ng feromonu



Vlastnosti feromonů



Z uvedeného vyplývá, že

- Chemický signál nemusí působit hned
- Dokáže obcházet bariéry
- Může být nesen na velké vzdálenosti – vzduch, vodní proud
- Může informovat i poté, co původce je pryč (x zvuk a zrak) – značkovací feromony



Znázornění feromonového signálu
Unášeného vzduchem

Feromony přenášené kontaktem

- **Mravenci** se dotýkají tykadly a analyzují složité směsi chemikálií na kutikule
- Tyto tzv. **identifikační signály** se liší mezi koloniemi a jsou rozdílné mezi kastami a jedinci jedné kolonie



Vodní feromony

- Velikost molekuly a rozpustnost

- Látky:

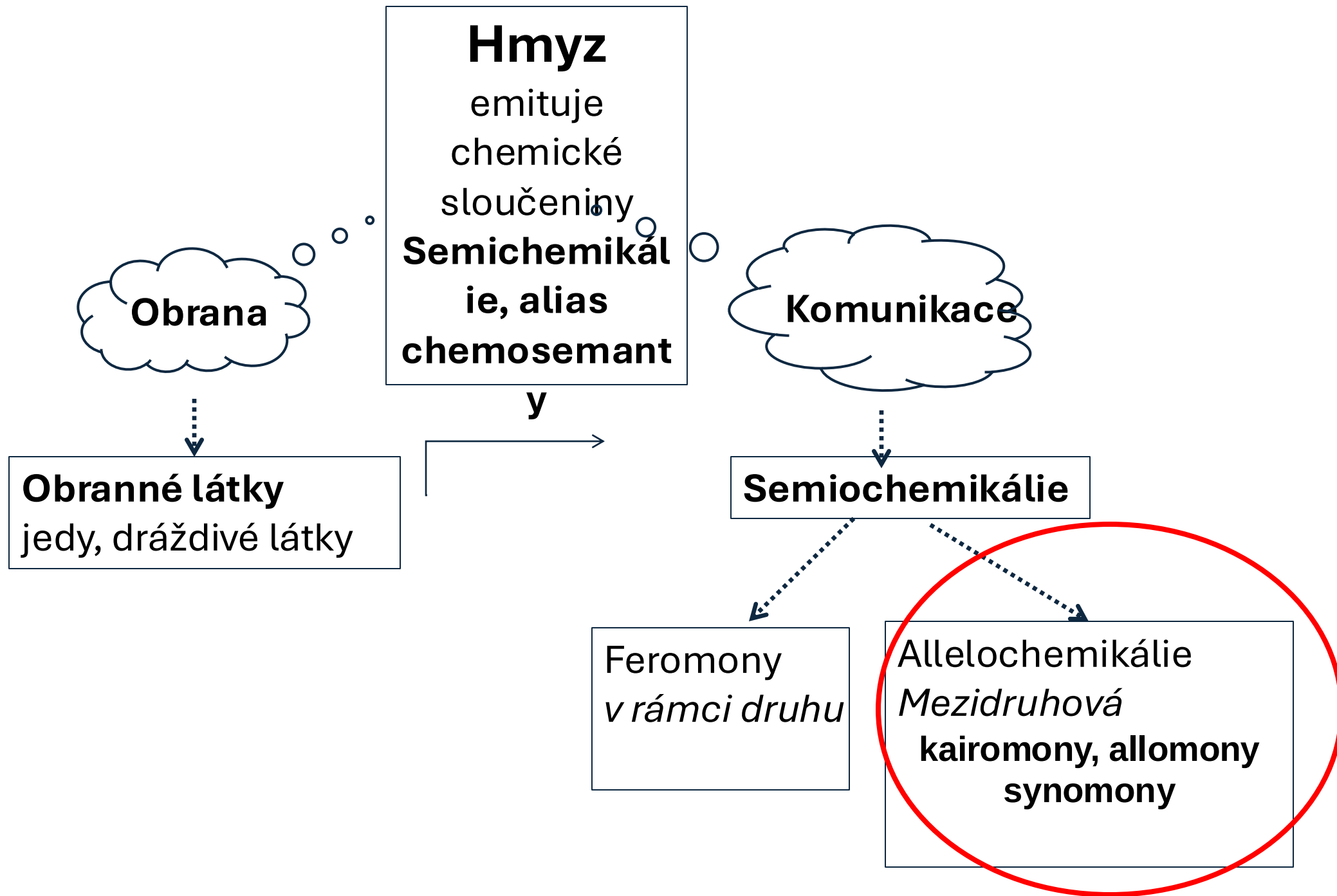
steroidy - rybí sexuální feromony – synchronizace tření

velké polární molekuly - anthopleurin - poplašný feromon mořských sasanek

Polypeptidy - shlukování larev ústřic, synchronizace larvipozice krabů, sex feromon mlže *Aplysia*, sodefrin - samčí feromon čolků.....



Podvodní páření
Samci vylučují decapeptidový feromon
sodefrin z kloakální žlázy - na nozdry samic....



Allelochemikálie – mezidruhové komunikační prostředky

Allomony

Kairomony

Synomony



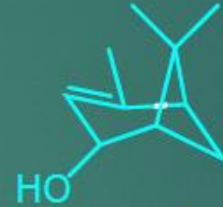
- obrana
- symbiotické soužití
- hledání hostitele nebo kořisti
- zneužití chemických signálů
 - chemická propaganda
 - chemické lsti
 - chemické mimikry a maskování
 - sociální parazitismus a otrokářství

Kairomony, příklad I: lýkožrout × pestrokrovečník



Ips typographus (lýkožrout smrkový)

- nejvýznamnější škůdce smrku (*Picea abies*)
- primární atraktant - terpeny emitované oslabenými stromy
- účinný vícesložkový agregační feromon



cis-verbenol



2-methyl-3-buten-2-ol



Thanasimus formicarius (pestrokrovečník mravenčí)

- hlavní přirozený predátor lýkožrouta smrkového
- vyhledává kořist podle emise agregačního feromonu
- po navigaci na napadený smrk loví larvy, kukly i imaga
- jde tedy o **kairomon** (z pohledu pestrokrovečníka)

Chemické lsti, příklad II: orchideje rodu *Ophrys* (tořič)



- tořiče *Ophrys* lákají samce samotářských včel rodů např. *Eucera* (stepnice) či *Andrena* (pískorypka) tvarem květů a vůní
- aroma květů obsahuje látky identické se složkami sexuálních feromonů samic (mimeze) - komplexní směsi vyšších alkoholů, esterů a terpenů
- při kontaktu se nalepí na čelo samců brylky s pylem pro dokonalé opylení
- po opylení květy začnou emitovat infochemikálie odpovídající tlumícím feromonům oplodněných včelích samic
- druhová specializace: každý z desítek druhů orchidejí rodu *Ophrys* má svého specializovaného opylovače ➤ snížení populace včel (ničení diverzity krajiny + insekticidy) ➤ vyhynutí tořičů
- vůně tořičů: **allomon**

Chemické lsti, příklad III: b) falešná "vůně smrti"

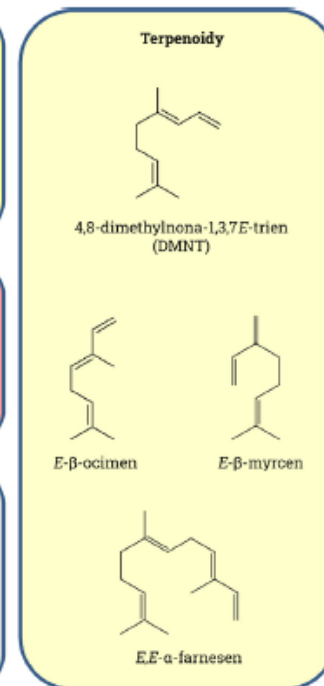
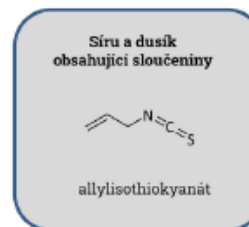
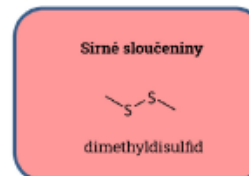
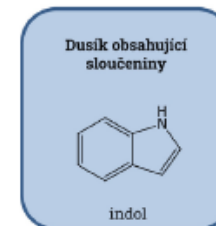
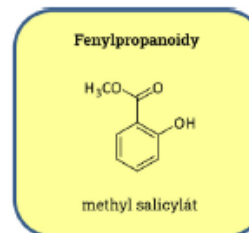
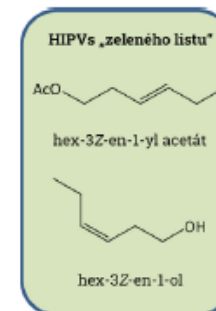
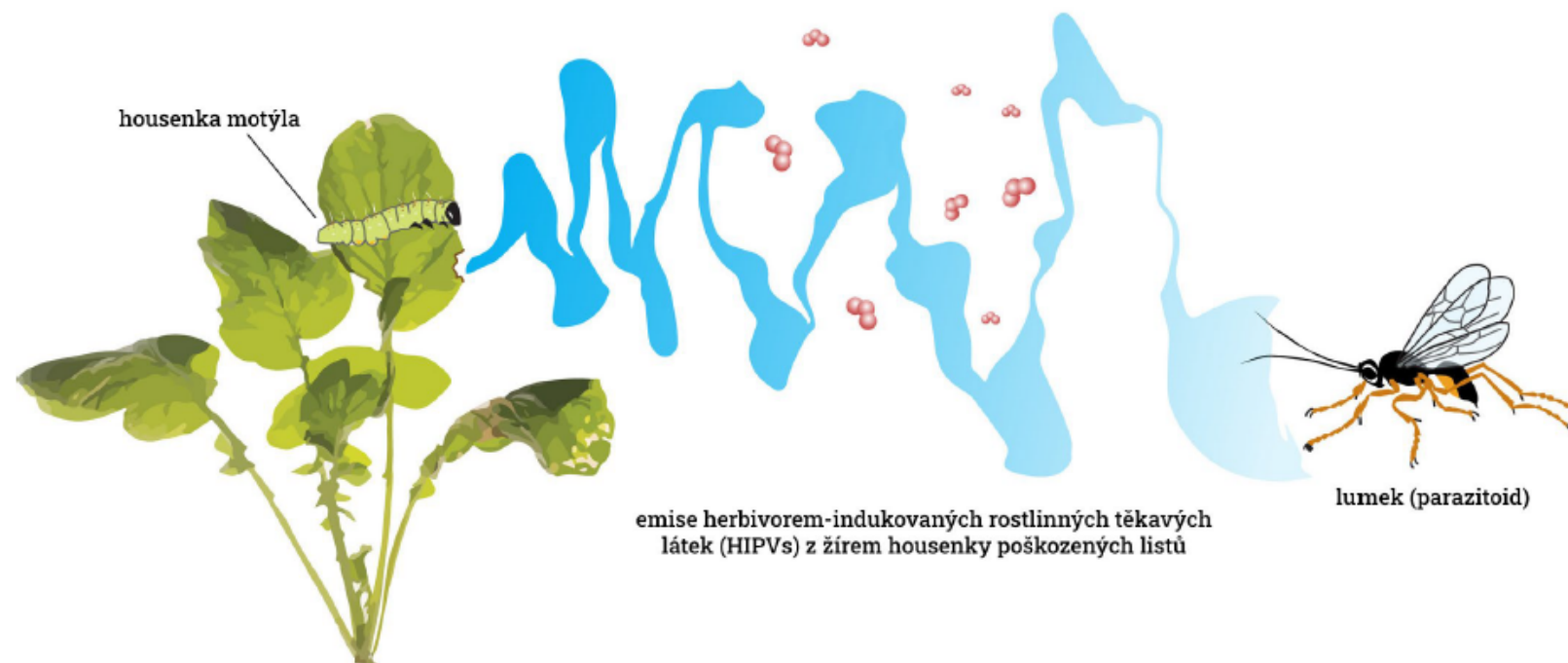


- arónovité rostliny (Araceae, např. *Helicodiceros muscivorus*) emitují stejné organosírné látky jako mrtvoly obratlovců a lákají jimi hmyz, především mouchy jako jsou bzučivky (*Lucilia* sp.)
- hadovkovité houby (Phallaceae, video: *Phallus impudicus*, hadovka smrdutá) používají stejný "falešný" mrtvolný zápach k nalákání hmyzu (opět much, ale i mrchožroutovitých brouků a chrobáků)
- atrahovaný hmyz pak zprostředkuje opylení či transport výtrusů
- klasický příklad použití **allomonu** (i když lze uvažovat že jde o **synomon** = oboustraný benefit, atrahpvaný hmyz získává zdroj potravy)

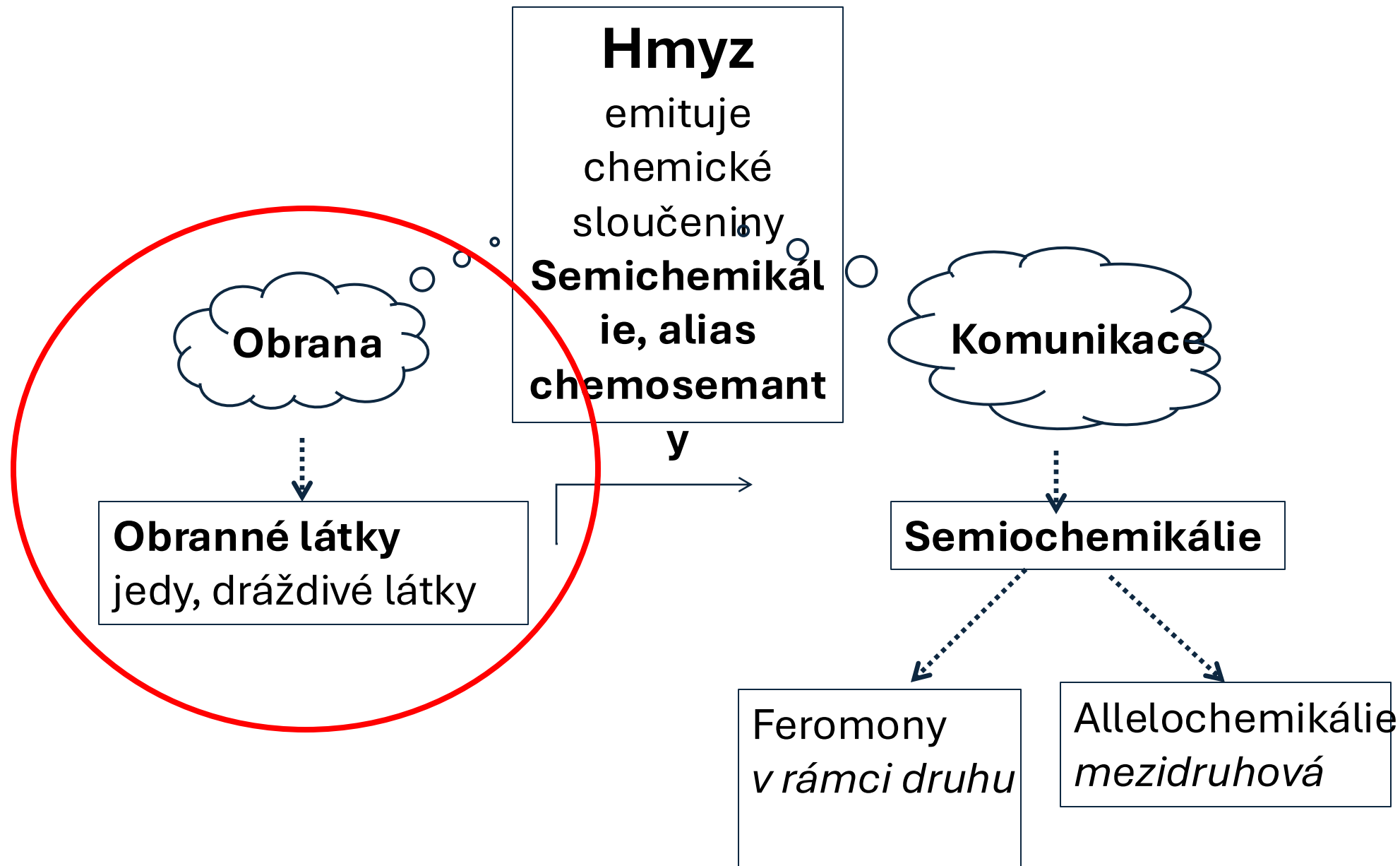


Allelochemikálike: Chemická komunikace hmyz × rostlina

Ditrofická interakce: lumek (parazitoid) × motýlí housenka



První přiblížení: parazitoid detekuje housenku pomocí těkavých látek emitovaných housenkou během úživného žíru (HIPVs: herbivore-induced plant volatiles)



Chemosemanty – mediátory chemické interakce

Obrana

- sekundární metabolity u rostlin (alkaloidy etc.)
- toxiny u hub a živočichů
- obranné sekrety
- komplexní chemické obranné strategie

Komunikace - infochemikálie

- obě skupiny se navzájem prolínají a doplňují
- často spojeno s nechemickými typy obrany a komunikace (mimetismus, optická a akustická komunikace)

Chemická obrana

- chemická obrana ve formě intenzivně páchnoucích sekretů vyvinuta u většiny druhů
- složení: spektrum těkavých organických sloučenin (kyselin, aldehydů, ketonů, esterů a alkoholů)



Coreus marginatus (vroubenka smrdutá)

- kyseliny: octová, hexanová
- aldehydy: hex-2*E*-enal, oct-2*E*-enal, hexanal
- estery: hexyl acetát, hexyl butenoát, hexyl hexenoát
- alkoholy: hexan-1-ol, oktan-1-ol

Ploštice (Heteroptera)



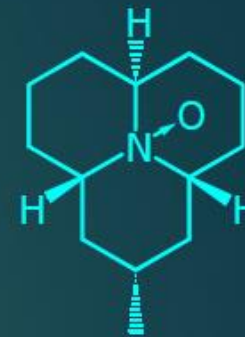
Pyrrhocoris apterus (ruměnice pospolná)

- aldehydy: hex-2*E*-enal, oct-2*E*-enal, 4-oxohex-2*E*-enal, hexa-2*E*,4*E*-dienal, dekanal
- ketony: 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanon, 4-methylpent-3-en-2-on

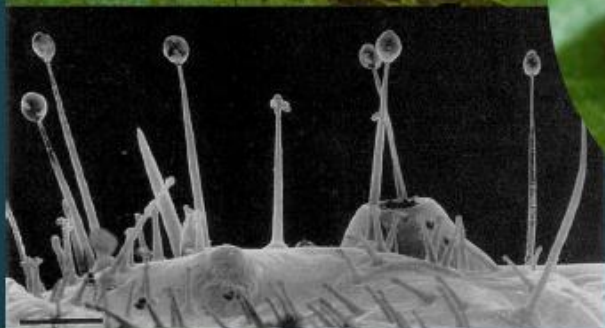


slunéčka rodu *Coccinella*

- při podráždění reflexní krvácení
- obranné látky v lymfě
- hlavní aktivní složka alkaloid coccinellin
- účinný proti predátorům
- biosyntéza v organismu slunéčka

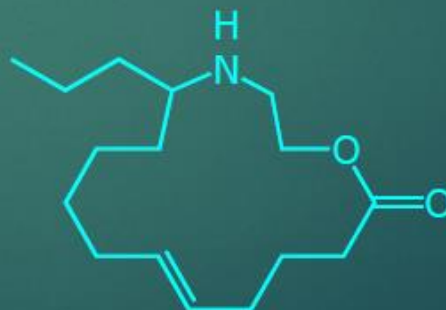


coccinellin

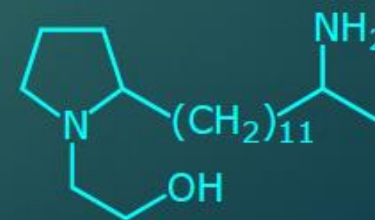


slunéčko *Epilachna varivestris*

- dospělec: při podráždění reflexní krvácení
- kukla: žlaznaté choupky vylučují obranný sekret
- toxin: množství strukturně zajímavých alkaloidů



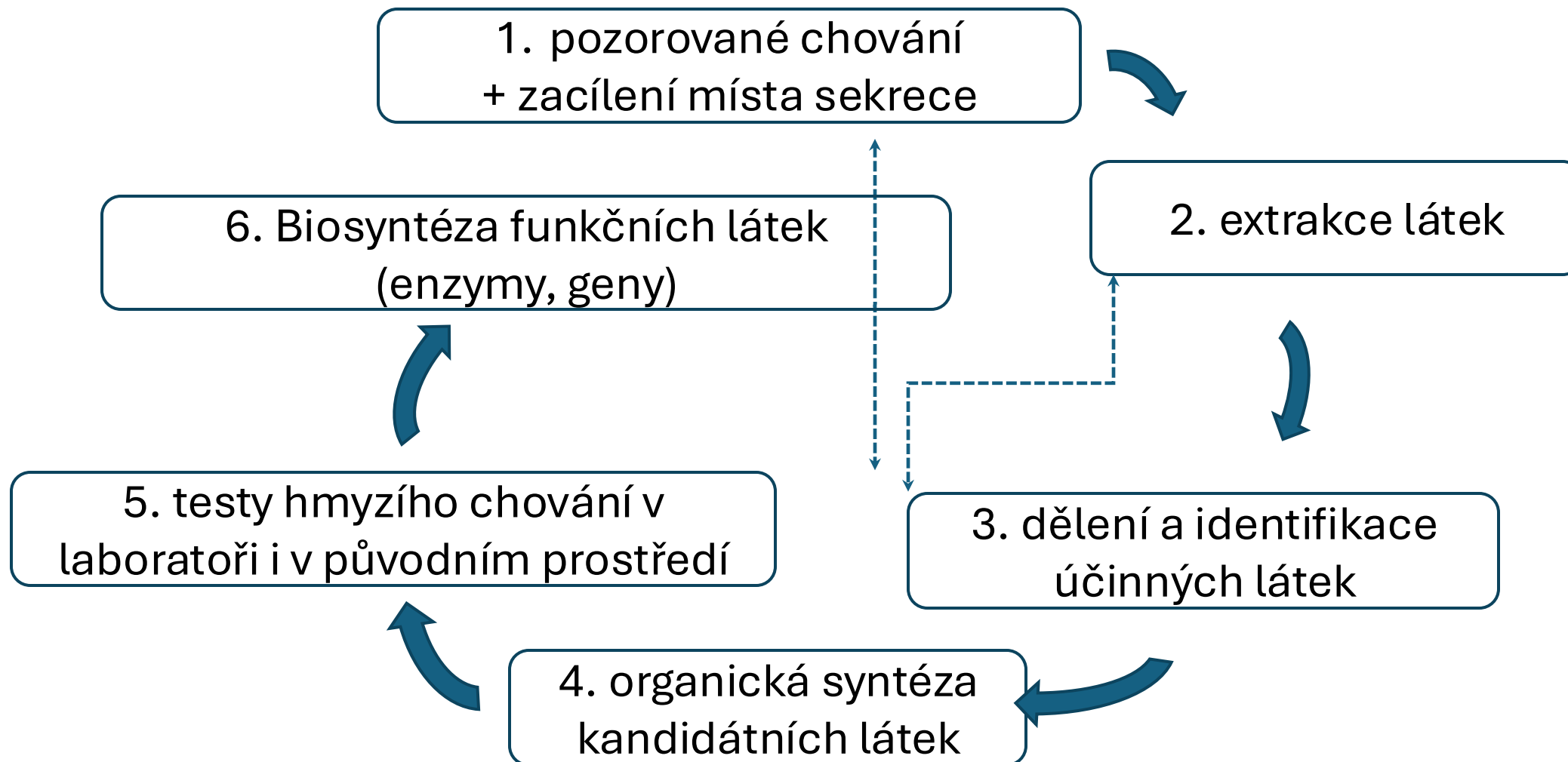
kukla (epilachnen)



lymfá dospělce

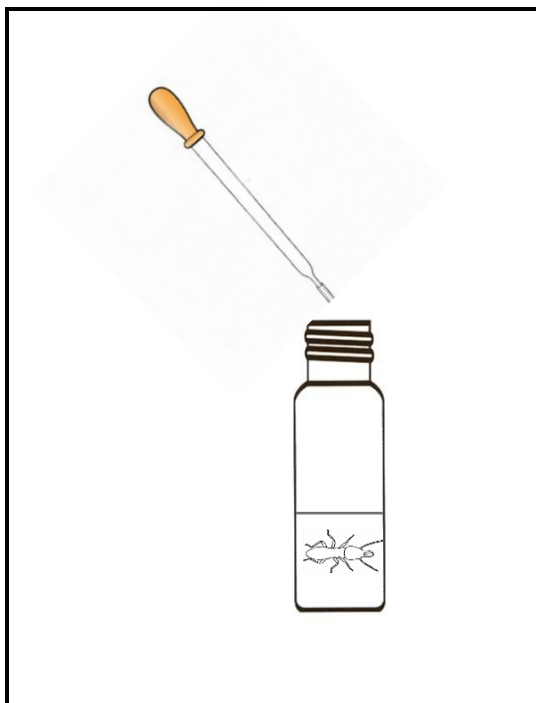
Postup při výzkumu v oboru chemické ekologie

Práce chemicko-ekologického týmu



2. extrakce látek

Extrakce rozpouštědlem



Dynamický/ statický
headspace

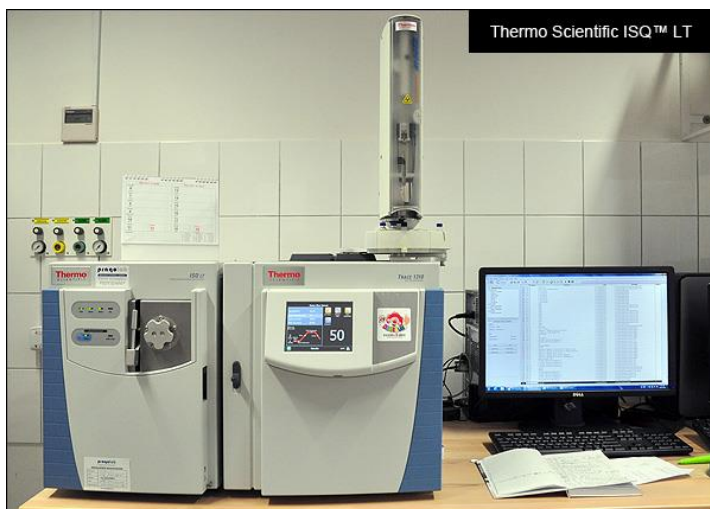


SPME



3. dělení a identifikace účinných látek

Plynová chromatografie s hmotnostní detekcí

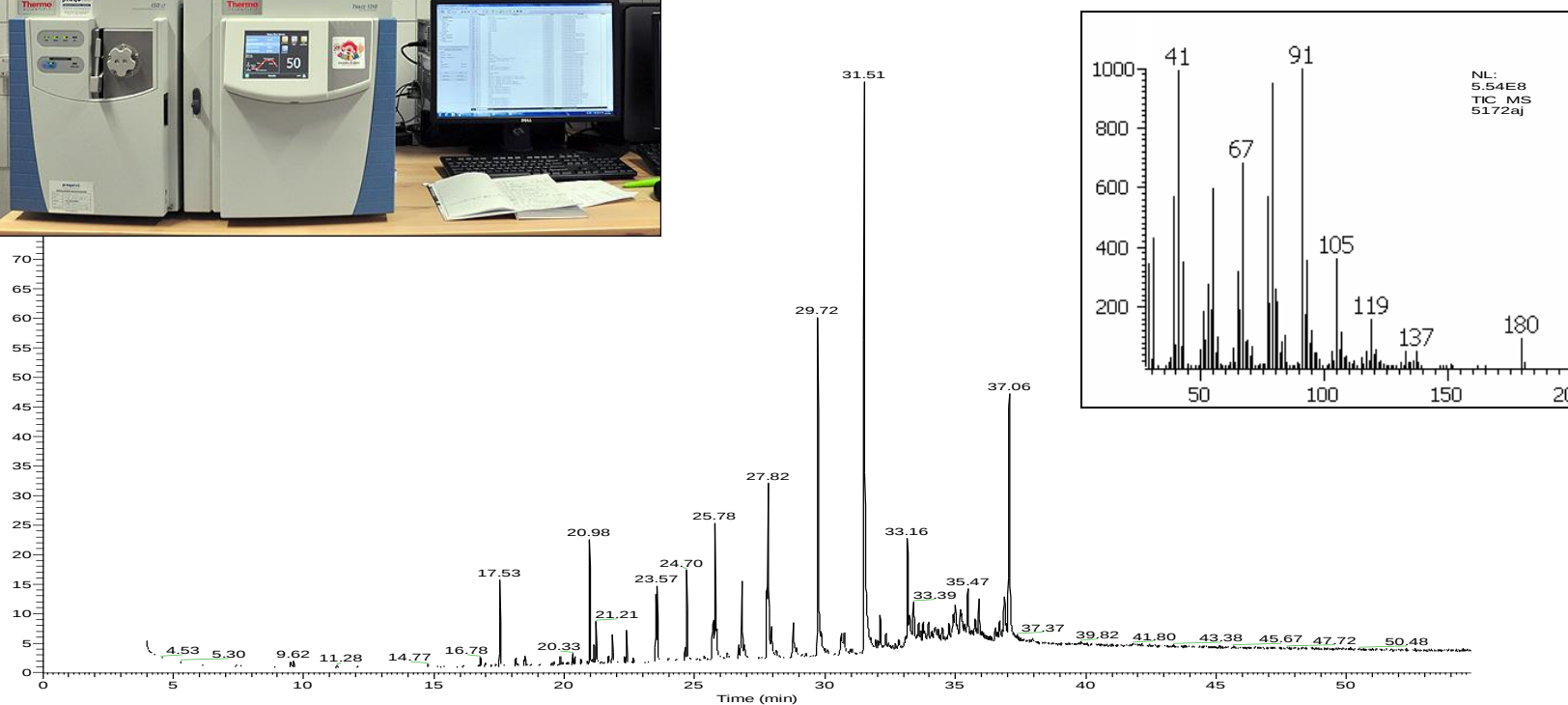


Strukturní analýza

El ionizace

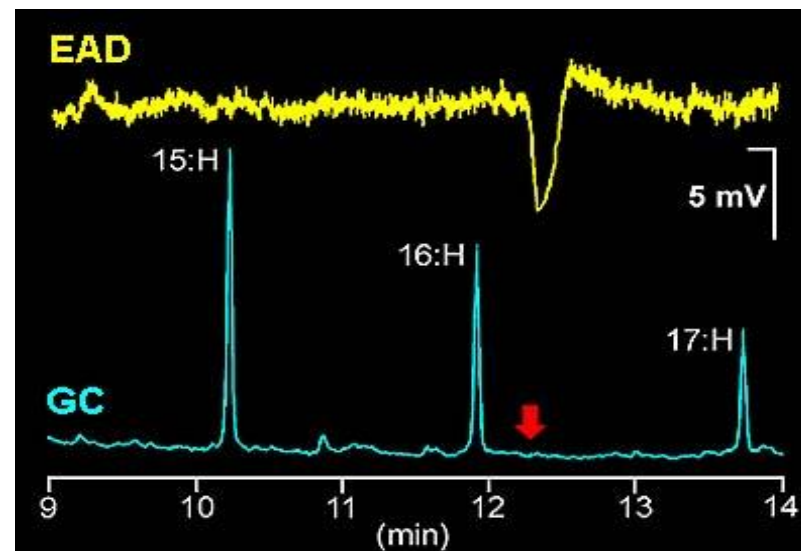
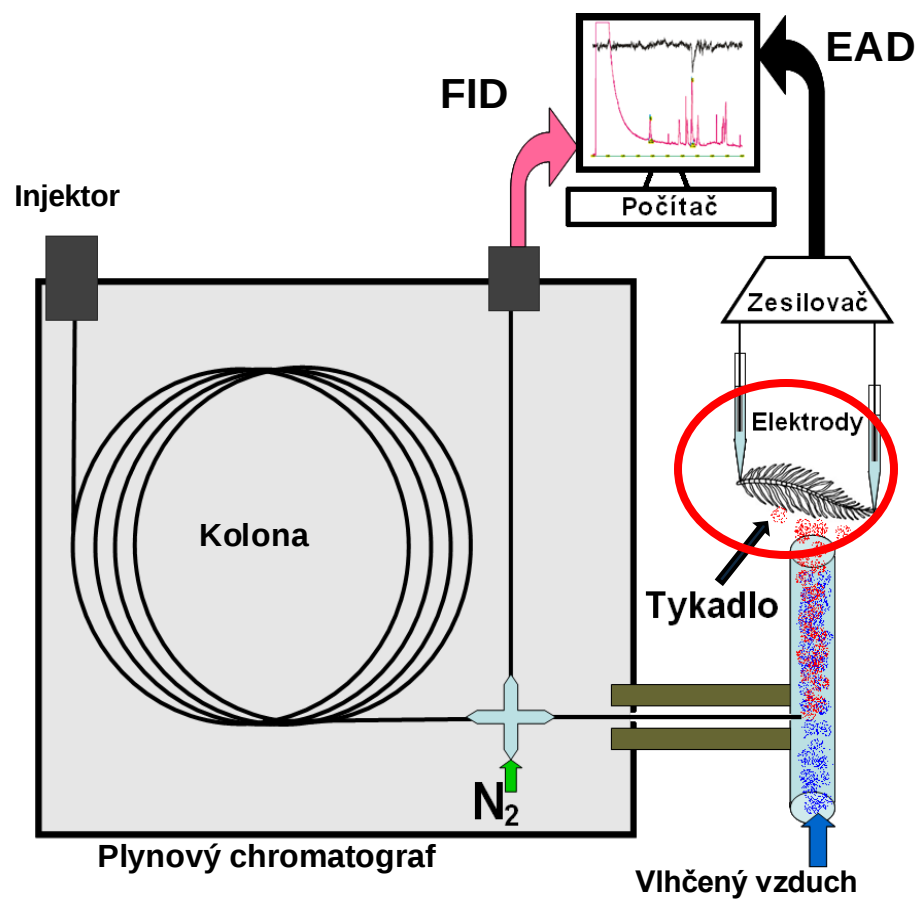
Identifikace na základě MS spektra

NIST knihovna + porovnání s RI



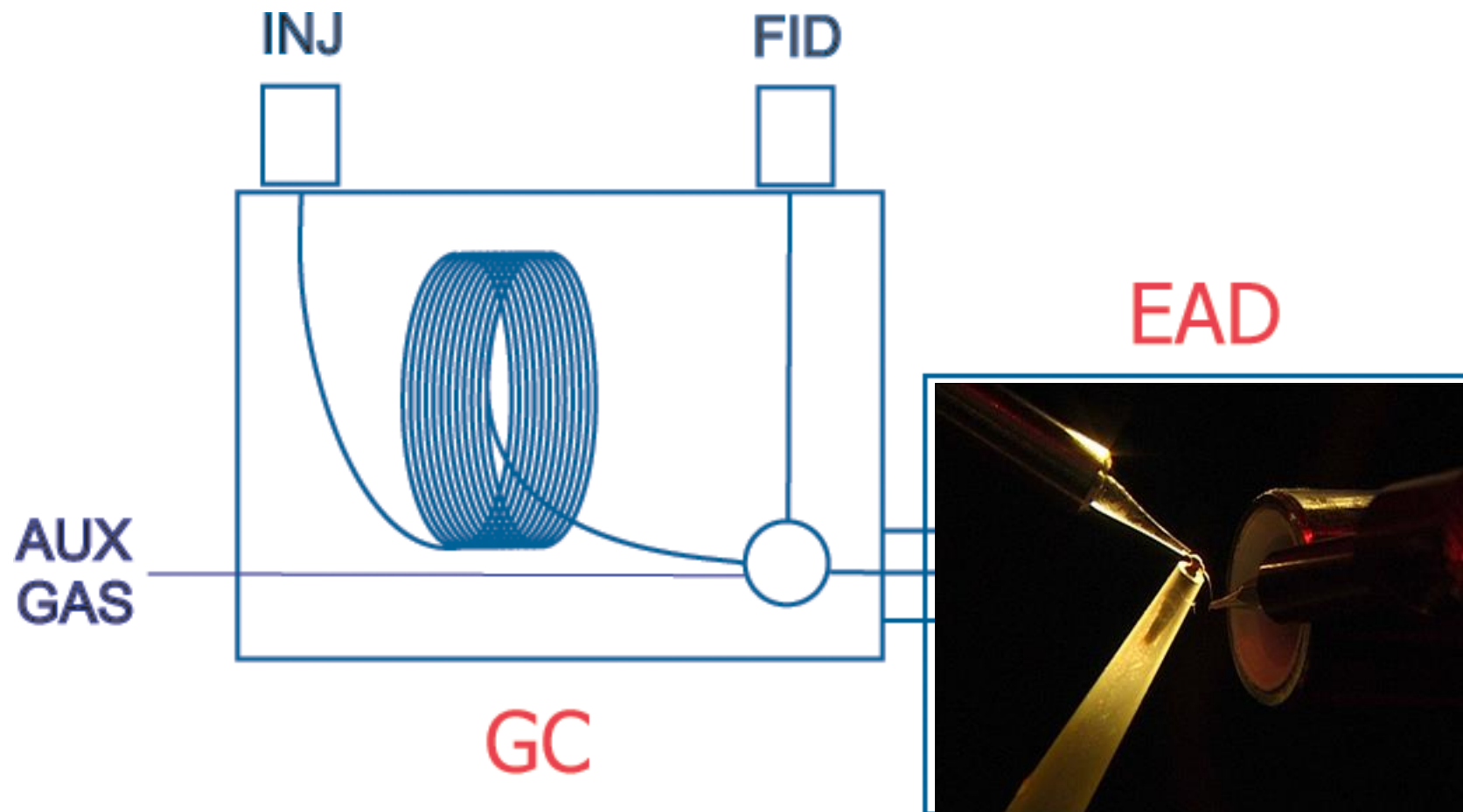
3. dělení a identifikace účinných látek

Electroantennography- EAD



3. dělení a identifikace účinných látek

Tykadlo jako biologický detektor GC-EAD



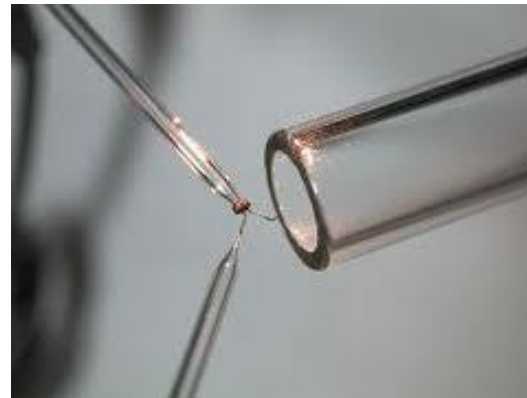
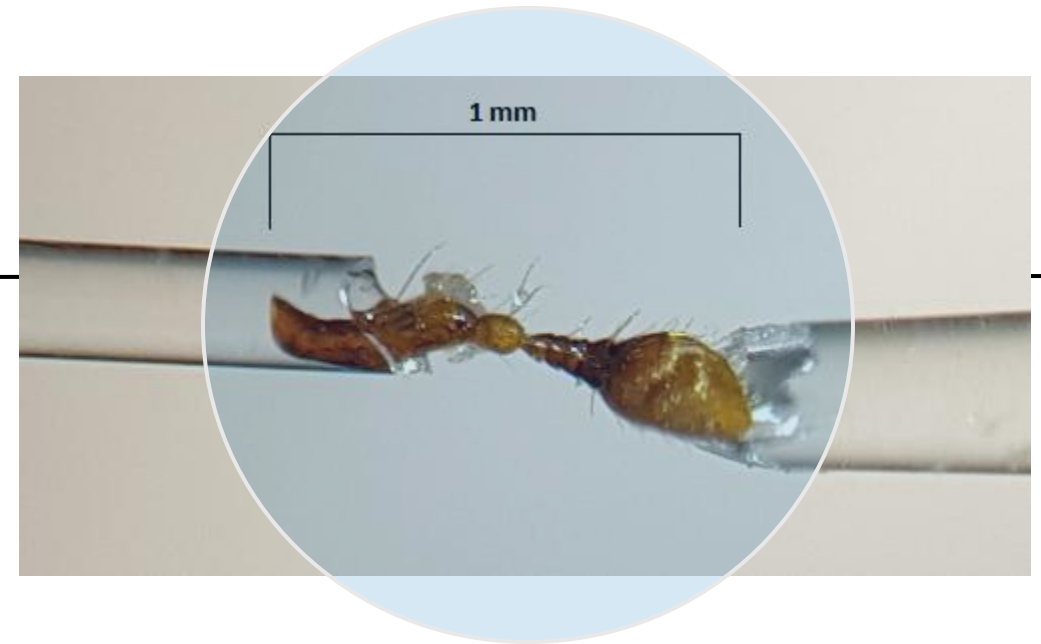
3. dělení a identifikace účinných látek

EAG

1957 – Schneider – napětí
mezi špičkou a bazí
tykadla

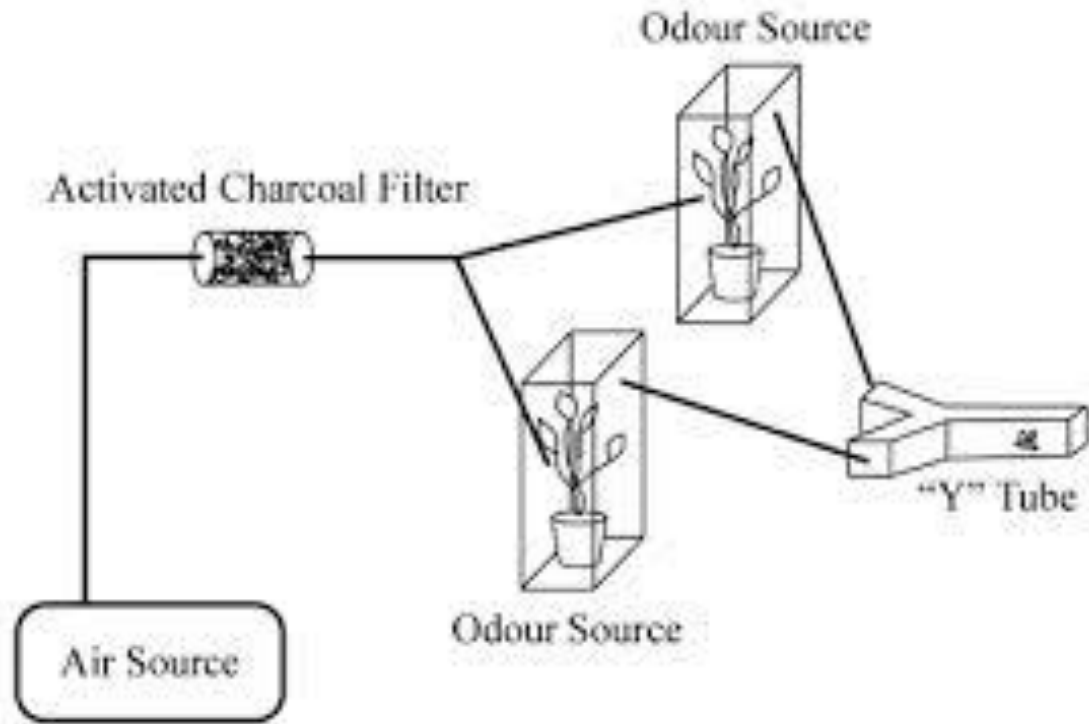
Mění se po stimulaci

Relativně snadné



5. testy hmyzího chování v laboratoři i v původním prostředí

Biotesty u bezobratlých

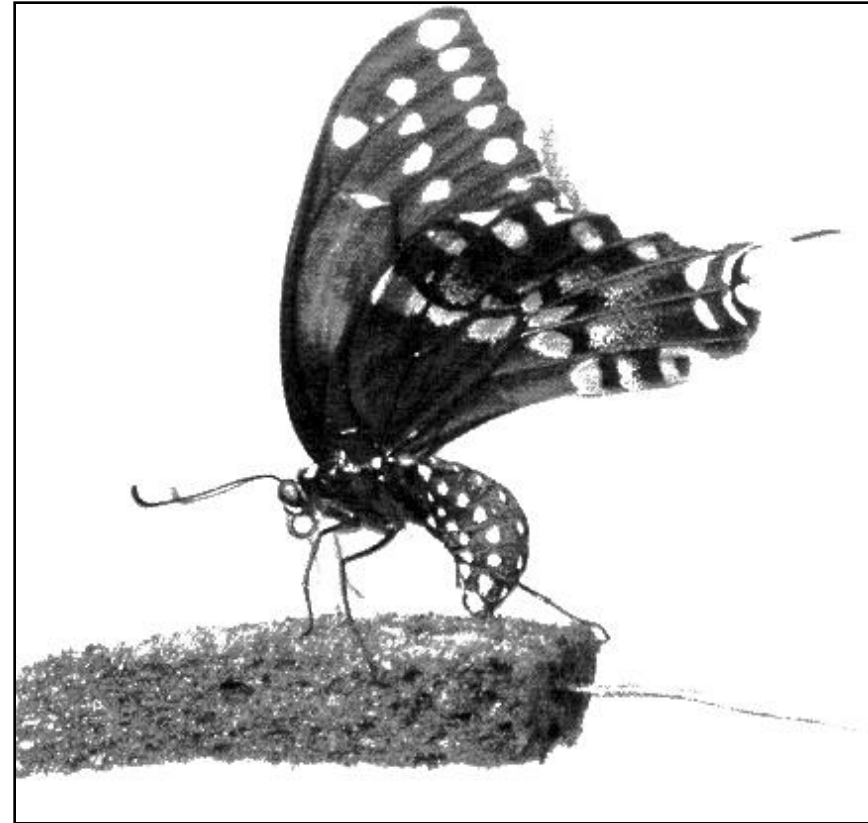


Pro testování těkavých stimulů se užívají **olfaktometry**.

Biotesty u bezobratlých

Pro testy se vytvářejí různé “figuríny” (dummy)

- umělé listy a jiné části rostlin pro studium interakcí rostlin a hmyzu
- konspecifičtí a heterospecifičtí jedinci pro studium sociálního chování
- umělé samice pro studium sexuálního chování

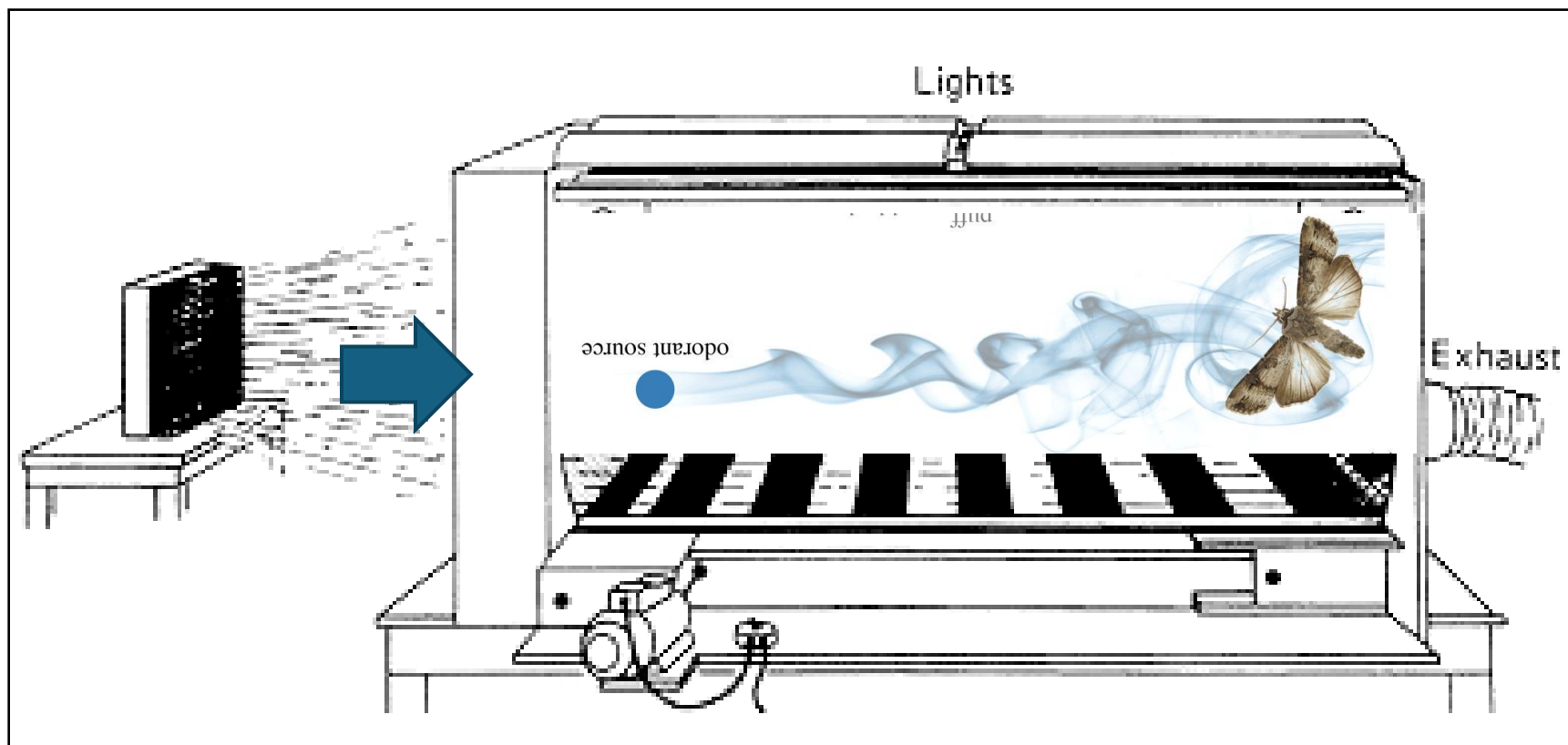


Test ovipozice běláška na umělém listě (polyuretan impregnovaný testovaným extraktem z listu rostlin)

Biotesty u bezobratlých

Větrný tunel: Původní uspořádání Cardeho a spol.

(testovaná látka je nanesena na nosič a umístěna vlevo, hmyz vypouštěn v pravé části)



Biotesty u bezobratlých

Polní testy s feromonovými pastmi

