

Co jsou to chemosemanty?

aneb chemie biotických interakcí

Část I - komunikace



Michal Hoskovec

Infochemikálie

Ústav organické chemie a biochemie AVČR
CZ-16610 Praha 6, Flemingovo nám. 2

www.iocb.cz

Co je to chemie biotických interakcí?

Jedna z definic říká:

„...chemie biotických interakcí (neboli chemická ekologie) je multidisciplinární vědní obor zabývající se studiem původu, funkcí a významu přírodních sloučenin zprostředkujících interakce mezi organismy (chemosemantů)...”

- koktejl chemie, biologie, biochemie, biostatistiky...
- bouřlivý rozvoj v posledních 30 letech (hi-tech analytická technika ale také pokroky v behaviorální biologii a ekologii)

Chemosemanty – mediátory chemické interakce

obrana

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

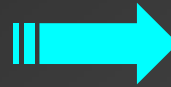
komunikace - infochemikálie

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

Chemická komunikace

- podle současných znalostí o živé přírodě je chování valné většiny živých organismů do značné míry ovlivňováno nebo řízeno stopovým množstvím specifických nízkomolekulárních organických sloučenin
- klíčový význam má chemická komunikace u nižších organismů (rostliny a bezobratlí)
- chemosemanty používané pro chemický přenos informace se nazývají **infochemikálie**

feromony
vnitrodruhová komunikace



spouštěče (releasers)
působí na smyslové receptory,
bezprostřední změna chování

- sexuální
- agregační, stopovací, disperzní
- značkovací a identifikační

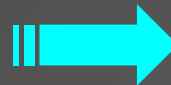


infochemikálie
chemosemanty zprostředkující
komunikaci mezi organismy

působky (primers)
způsobují fyziologické změny,
reakce oddálená (exohormony)



allelochemikálie
mezidruhová komunikace



allomony
výhoda pro producenta

kairomony
výhoda pro příjemce

synomony
oboustranně prospěšné

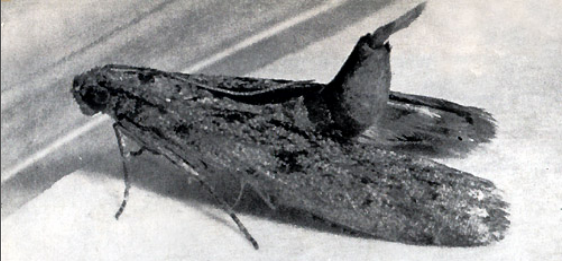
Feromony – vnitrodruhové komunikační prostředky

- Nejširší repertoár feromonů má **hmyz** – nejdřív a nejčastěji byly u něho studovány
- **Historie:** pohlavní atraktanty motýlů známé už víc než 2 století (von Siebold, Henri Fabre)
- **První aplikace:** bekyně velkohlavá v USA, mniška v Evropě
- **První struktura:** *bombykol*, samičí sexuální feromon bource morušového (Adolf Butenandt, 1959, 500 000 samiček 12 mg čisté látky; Nobelova cena)



- Dnes stačí žláza jediné samičky (1-100 ng)
- **Produkce** v exokrinních žlázách (s vnějším vývodem)
- **Percepce** čichovými nebo chuťovými receptory, u obratlovců vomeronasálním orgánem (VNO, Jacobsonův orgán)

Sexuální feromony hmyzu

- **Samičí feromony** (sexuální atraktanty) druhově specifické:
 - chemické složení molekul (včetně stereochemie)
 - specificita poměrů látek ve směsi
 - podmínky při vylučování (denní doba, habitat, zeměpisná poloha)
 - **Samčí feromony** (afrodisiaka): působí na blízko, kontaktně, usnadňují kopulaci tím, že připravují receptivní samici (excitace, správná poloha – *seducin* švábů), u motýlů a ploščic aromaticky voní, žlázy na křídlech a zadečku, deterenty pro jiné samce
 - **Produkce** ve žlázách na konci zadečku, ve střevu, kusadlové žlázy, „volání“
- 
- **Aplikace:** lapáky (monitoring, vychytávání), trap-and-kill, dezorientace
 - **Původ** - produkty vlastní biosyntézy
 - konverze exogenních látek (sekvestace zdrojů z potravy, např. kůrovci ➤ terpeny)

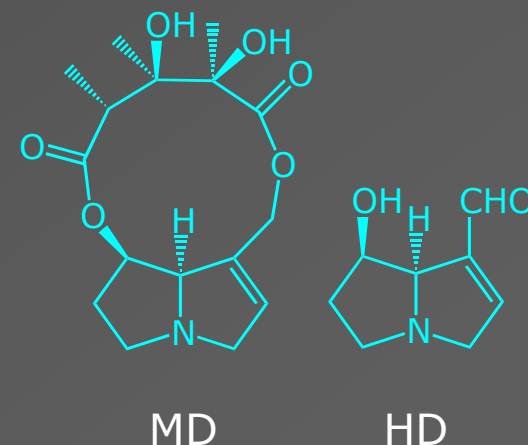
Komplikovaný případ přástevníka *Utethesia ornatrix*



- housenka žije na jedovatém keři *Crotalaria spectabilis* (bobovité) a sekvestruje aklaid **monokrotalin** (MD) který pak používán jako princip obranného sekretu
- samička láká samce **klasickým feromonem**



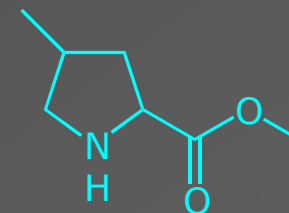
- samec dokazuje svou „kvalitu“ samčím feromonem **hydroxydanaidalem** (HD; metabolit MD) vypouštěným stětečkovitými korematy
- samička vybírá nejlepšího samce a přebírá od něj dávku MD ve spermatoforu pro ochranu vajíček



Agregační a stopovací feromony hmyzu

shromáždění jedinců ke společné aktivitě (potrava, páření, zimování, aposématická obrana) na základě signálů, které nemají vztah k této aktivitě

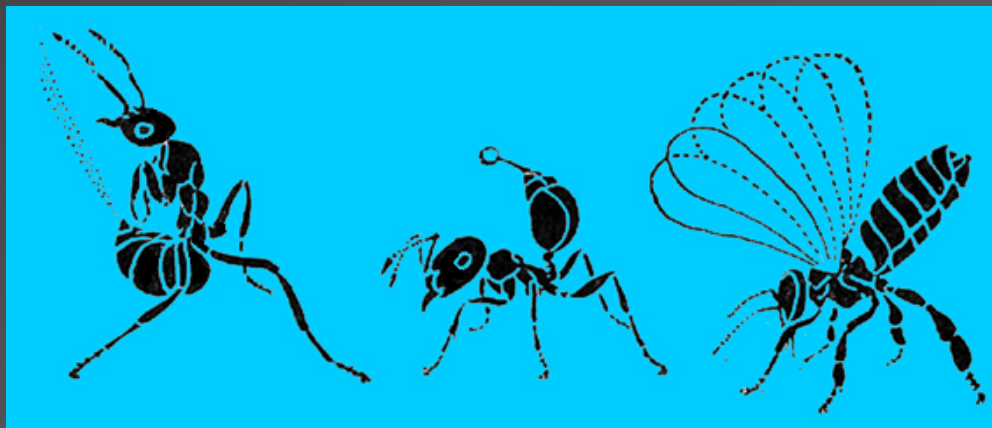
- Agregací feromony
 - zdrojem rektální nebo proktodeální žlázy
 - kůrovci, slunéčka
- Stopovací feromony
 - u nespolečenských (housenky přástevníčků)
 - u sociálního hmyzu (mravenci, termiti)
 - těkavé, velmi účinné, běh v závěsu
 - kontinuální a diskontinuální stopa (majáčky - včely)



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

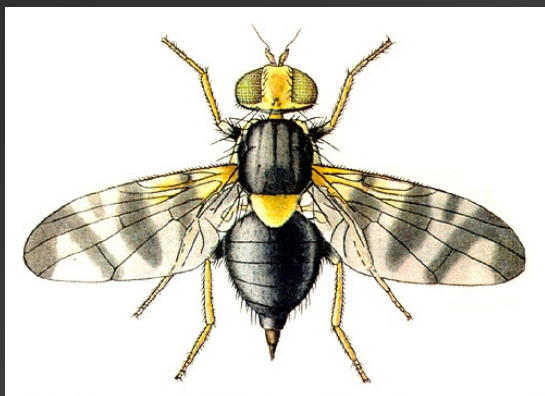
Poplachové (disperzní) feromony hmyzu

- **nesociální:**
 - mšice (β -farnesen), reagují na něj i „pasoucí“ mravenci
 - křísi (samice ostnohřbetek *Umbonia* zahánějí nepřátele) atd.
- **sociální hmyz:** u všech kromě vosíků a čmeláků
 - v nízké koncentraci = atraktant
 - ve vysoké koncentraci = disperzant, podle toho různé reakce: defenzivní chování, disperze, excitace, agregace, volání posil)
 - obranná látka (jed) je někdy zároveň poplašný feromon
 - včely a vosy: emise poplachových feromonů při použití žihadla
 - u kleptoparazitů chemická propaganda (cital u loupeživé včely medonosky *Lestrimelitta limao* × *Trigona*)



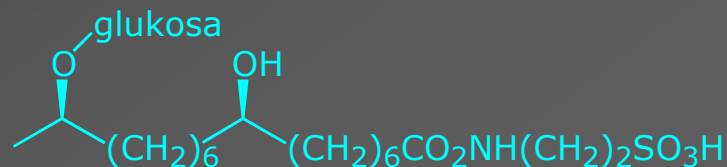
„Marking“ feromony hmyzu

- **Značkovací feromony:** regulují populační hustotu
 - kladoucí lumek označí prohlédnutý terén
 - zavíječ moučný, f. larev stimuluje disperzi larev, prodlužuje vývoj atd.
- **Identifikační feromony:** pečeť kolonie soc. hmyzu (kutikulární uhlovodíky)
- **Mrtvolné feromony:** produkty rozkladu (např. mastné kys. u sociálního hmyzu)



vrtule třešňová (*Rhagoletis cerasi*)

Proč je ve třešni pouze jeden „červ“ ? Samička používá značkovací ovipoziční feromon a tak rozezná „obsazené“ třešně.



Allelochemikálie – mezidruhové komunikační prostředky [allomonny, kairomony a synomonny]

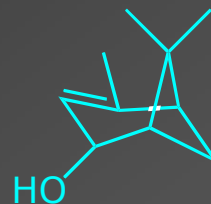
- obrana
- symbiotické soužití
- hledání hostitele nebo kořisti
- zneužití chemických signálů
 - chemická propaganda
 - chemické lži
 - chemické mimikry a maskování
 - sociální parazitismus a otrokářství

Kairomony, příklad I: kůrovec × pestrokrovečník

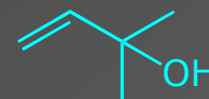


kůrovec smrkový (*Ips typographus*)

- nejvýznamnější škůdce smrku
- terpeny primárním atraktantem
- účinný agregační feromon



cis-verbenol



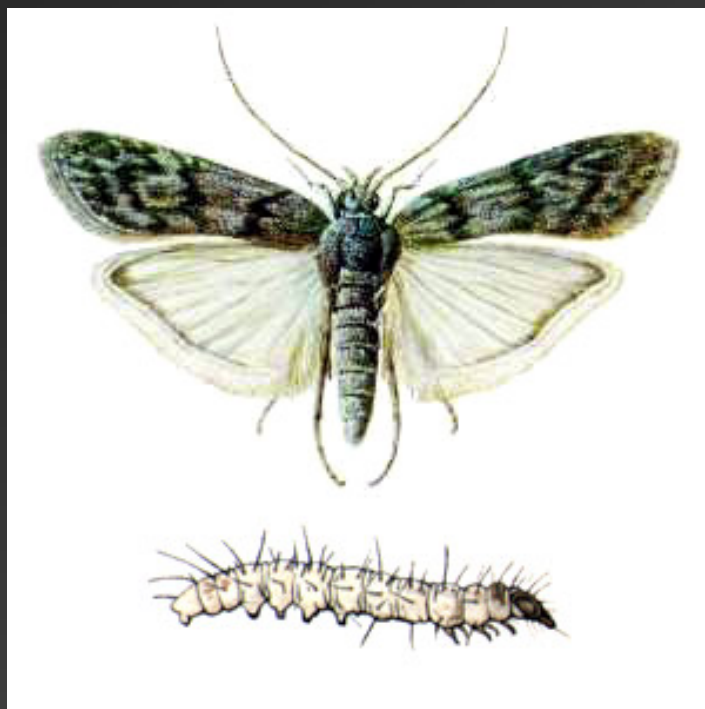
2-methy-3-buten-2-ol

pestrokrovečník mravenčí (*Thanasimus formicarius*)

- přirozený nepřítel kůrovce smrkového
- vyhledává kořist podle emise feromonu
- jde tedy o kairomon (z pohledu PM)

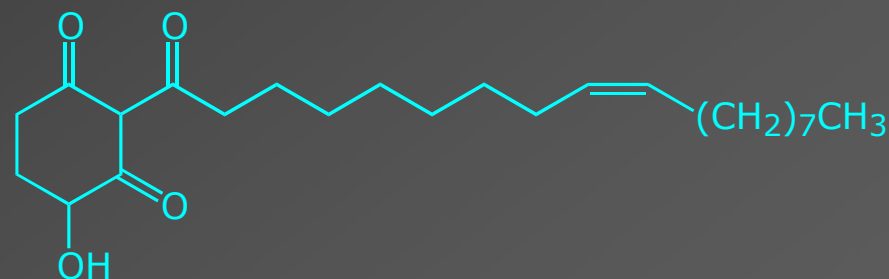


Kairomony, příklad II: zavíječ × lumek



zavíječ moučný (*Ephestia kuehniella*)

- synantropní skladištní škůdce (mouka)
- housenky vylučují autoregulační feromon
- funkce: stimuluje disperzi larev, reguluje jejich vývoj, snižuje plodnost samic



lumek domácí (*Nemeritis canescens*)

- první orientace podle vůně mouky
- dohledávání podle feromonu housenek
- opět tedy jde o kairomon



Chemické lsti I

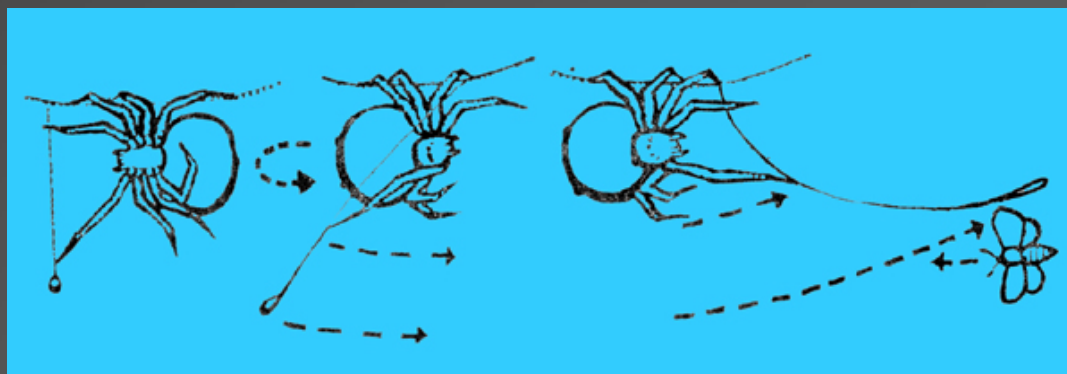


bola pavouk (Mastophora cornigera)

- **bola pavouk** láká samce určitých druhů nočních motýlů majoritními složkami samičího sexuálního feromonu
- v emisích jímaných od 8 samic po 2 měsíce: Z9-14:Ac, Z9-14:Al, Z11-16:Al, Z11-16:Ac
- přilákané samce odchytává lepkavou kuličkou (bola)
- v kořisti zjištěno 15 druhů, které používají tyto látky
- v tomto případě jde o **allomony**



Z9-tetradec-9-enyl acetát (Z9-14:Ac)

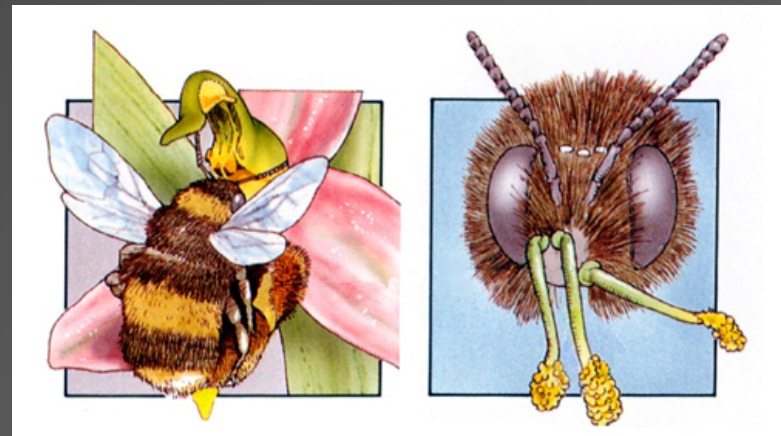


Chemické lsi II

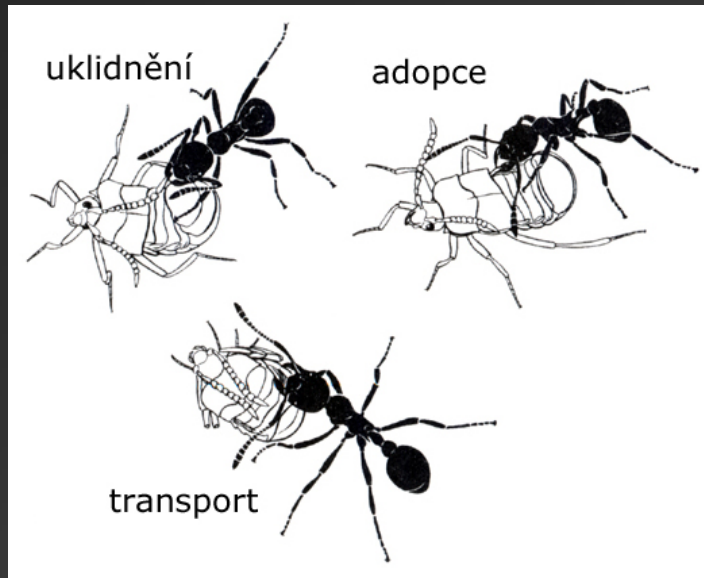


orchideje rodu tořič (*Ophrys*)

- orchidej láká samce včel rodu *Eucera* tvarem květů a vůní která obsahuje látky identické se složkami sexuálních feromonů samiček (mimeze)
- při kontaktu se nalepí na čelo včel brylky s pylem pro dokonalé opylení
- opylené květy emitují semiochemikálie odpovídající tlumicím feromonům oplodněných včelích samiček

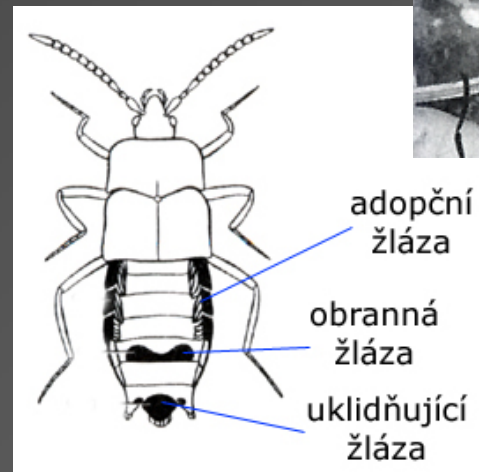


Chemické Isti III

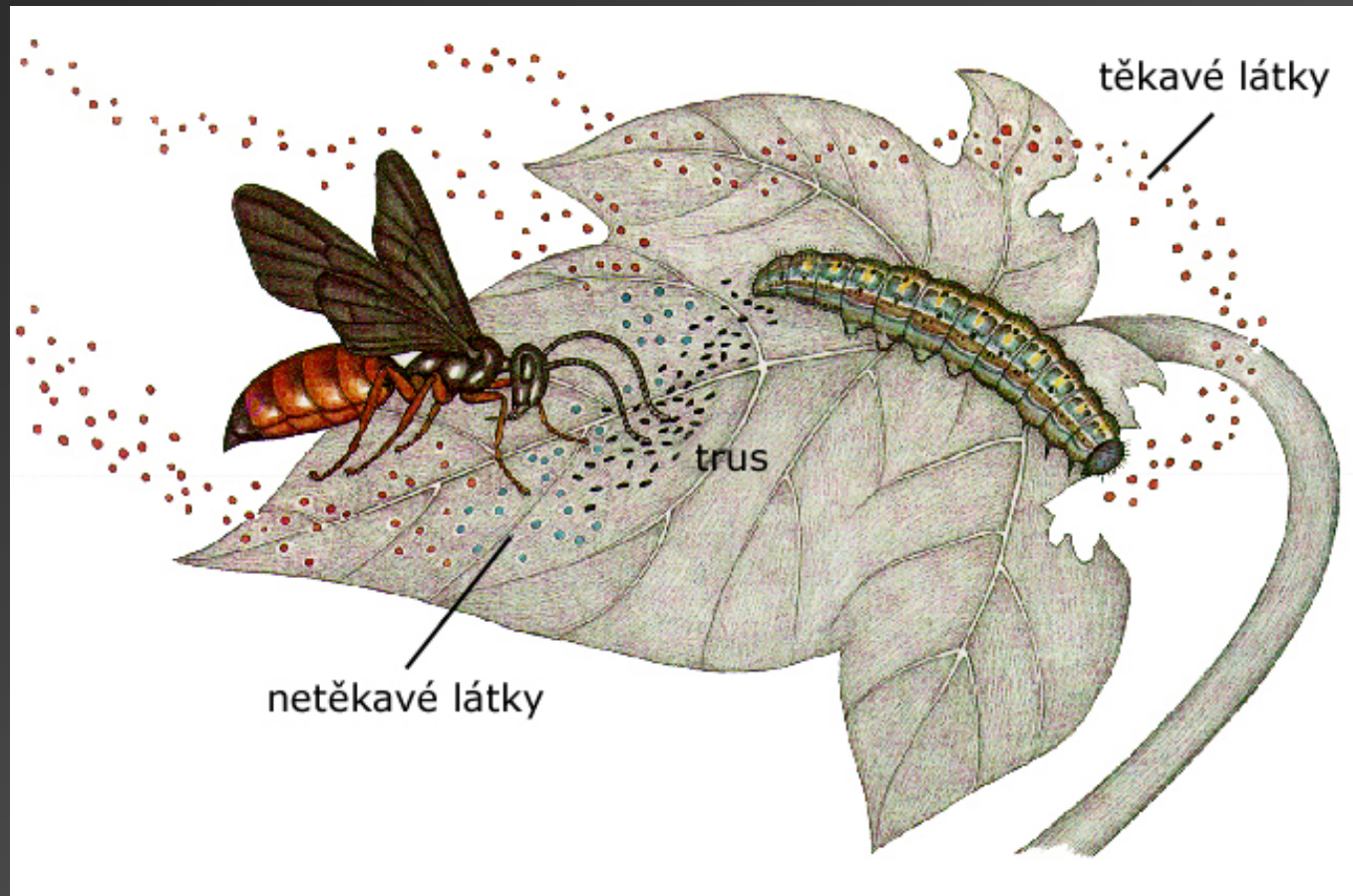


myrmekofilní drabčící Atemeles

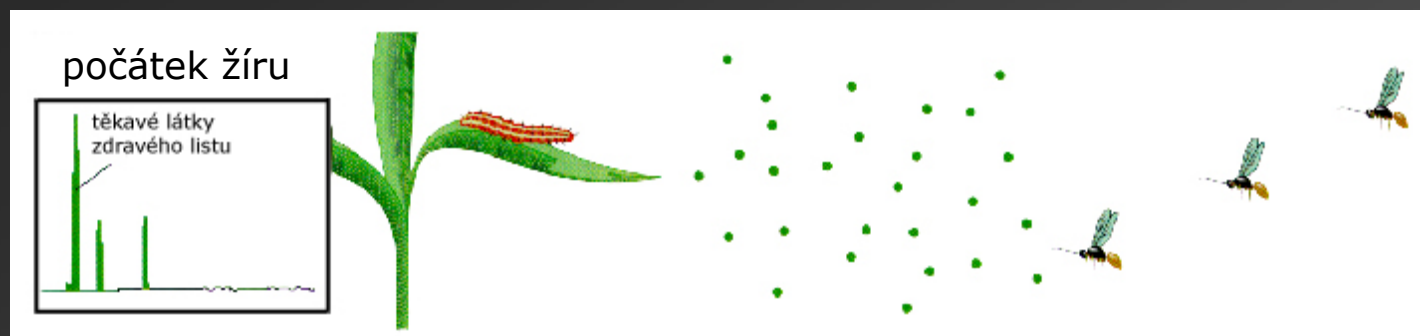
- drabčík *Atemeles pubicornis* je sociální parazit u mravenců *Formica* a *Myrmica*
- při obelstění mravence používá dvou žláz: uklidňující a adopční (plodový feromon)
- po přenesení do mraveniště a imprintingu pachem kolonie (kutikulární uhlovodíky) se živí on i jeho potomstvo larvami a kuklami mravenců



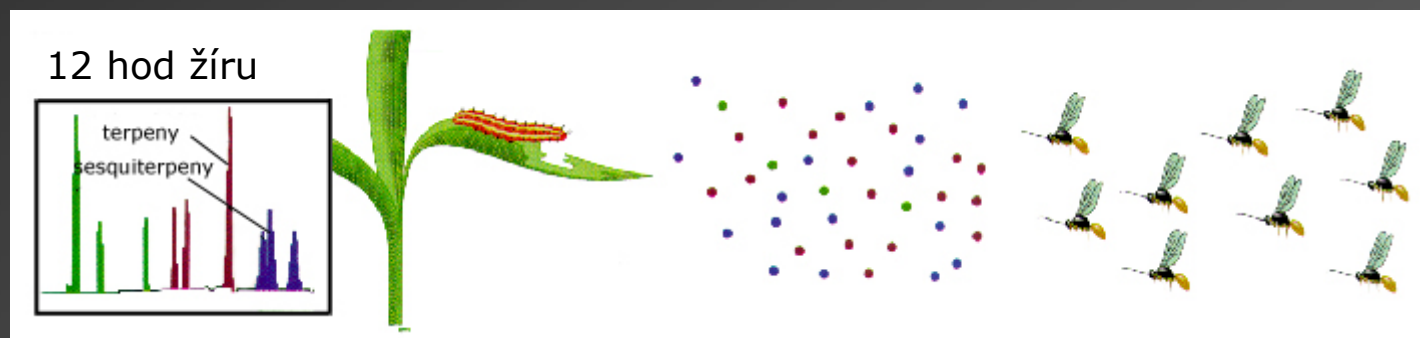
ditrofická interakce: lumeč (parazitoid) × motýlí housenka



první přiblížení: parazitoid detekuje housenku pomocí těkavých i netěkavých látek emitovaných housenkou během úživného žíru

tritrofická interakce:**lumek *Cotesia* × housenka můry *Spodoptera* × kukuřice *Zea mays***

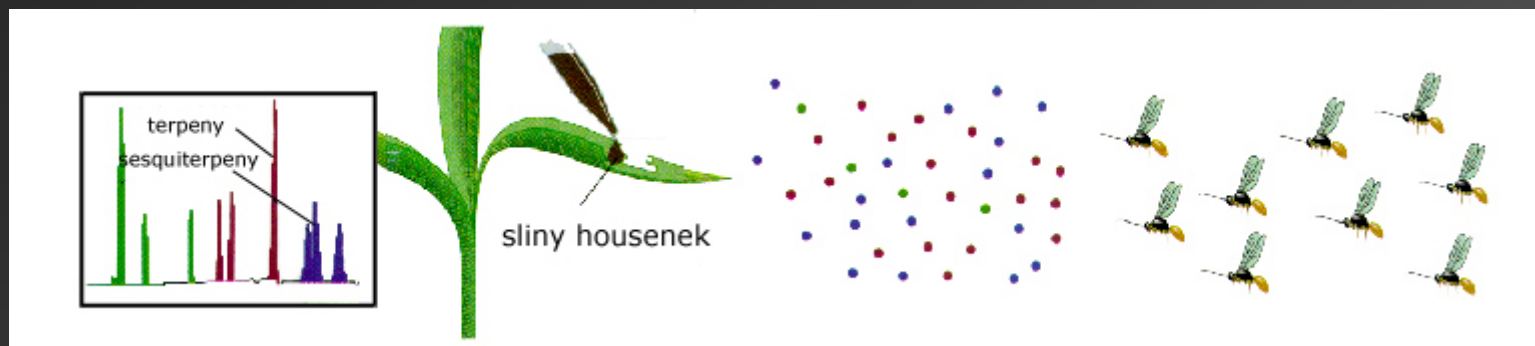
druhé přiblížení: orientace parazitoida podle běžných těkavých látek emitovaných zdravou kukuřicí



třetí přiblížení: přilétá řádově víc lumků naváděných sesquiterpeny emitovanými žírem poškozenou kukuřicí; poškozená rostlina produkuje chemické signály i po ukončení žíru housenky; indukované těkavé látky lákají další parazitoidy; pouze mechanicky poškozené rostliny lumky nezajímají (?!)

tritrofická interakce:

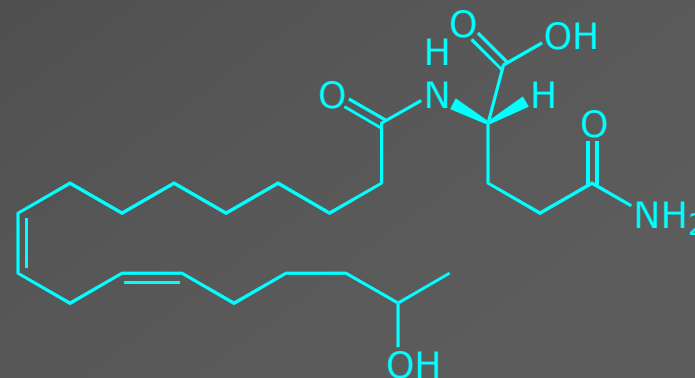
lumeč *Cotesia* × housenka můry *Spodoptera* × kukuřice *Zea mays*



čtvrté přiblížení: samotné sliny housenky indukují podobné látky jako žír housenky; ze slin byla izolována aktivní látka indukující biosyntézu signálních terpenů v rostlině = **volicitin**

izolovaná a syntetizovaná látka:

***N*-(17-linolenoyl)-L-glutamin**



(Tumlinson *et al.* Science 1997)

Rostliny komplexně interagují s okolím



rostlina po napadení patogenem (hmyzem, plísní atd.) produkuje:

- těkavé semiochemikálie (viz. ↑)
- obranné látky (sekundární metabolity: fenylpropanoidy, terpeny, alkaloidy)

v okolních rostlinách téhož druhu dochází k syntéze sekundárních metabolitů bez napadení (získaná **systemická rezistence**)

Literatura

Jan Žďárek:

Neobvyká setkání; Praha, Panorama 1980.

Jan Žďárek:

Proč vosy, včely, čmeláci, mravenci a termiti...?; Praha, ÚOCHB 1997

Bert Hölldobler, Edward E. Wilson:

Cesta k mravencům; Praha, Academia 1997.

Ring T. Cardé and William J. Bell:

Chemical Ecology of Insect I and II; New York, Chapman and Hall 1995.

Thomas Eisner and Jerrold Meinwald:

Chemical Ecology; Washington, National Academy Press 1995.

Prezentaci lze stáhnout na následující webové stránce:

<http://www.uochb.cz/web/structure/951.html?lang=cz>