

Feromony

(exohormony, ektohormony)



Feromony

Látky zajišťující chemickou komunikaci mezi jedinci téhož druhu.

- vylučovány exokrinními žlázami do okolního prostředí (exkrece nebo sekrece)
- bezobratlí (hmyz, ostnokožci), někteří obratlovci, rostliny, ale i jednobuněční (nálevníci)
- řízení nervové i hormonální
- převážně volatilní, ale i kapalně kontaktní
- obvykle velmi malé množství a nízké koncentrace (několik molekul)
- působí na velké vzdálenosti
- ovlivněny atmosférickými podmínkami
- vliv na chování, vývojové procesy



Typy feromonů

Podle chemické struktury feromonu.

Podle typu chování, které ovlivňují:

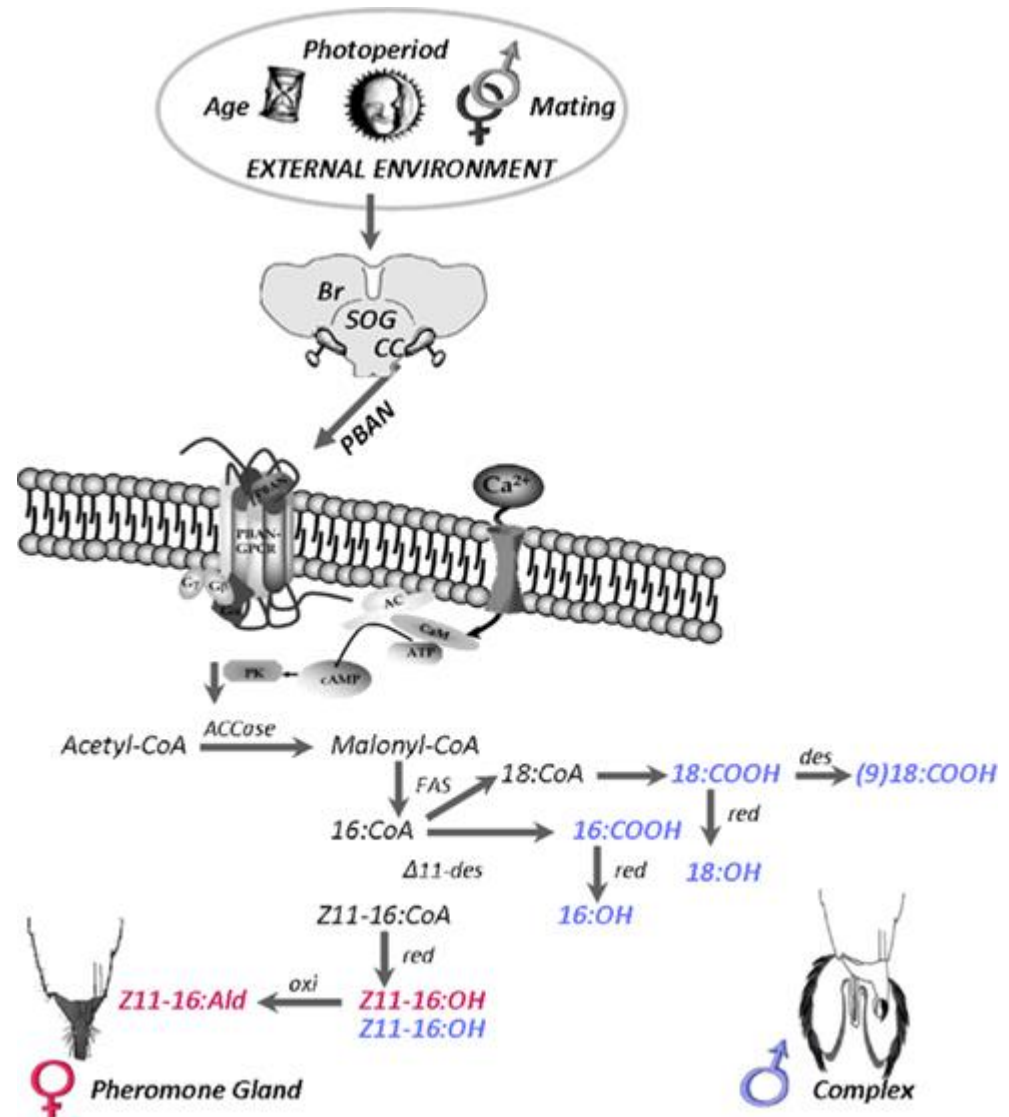
- **pohlavní** – lokalizace partnera a pre-mating chování, ale také feromony řídící reprodukci (např. i označení místa snůšky)
- **výstražné/poplachové** – obranné chování a únikové reakce (např. mšice) nebo agresivita (např. mravenci nebo včely)
- **agregační/antiagregační (disperzní)** – působí nezávisle na pohlaví za účelem obrany, reprodukce nebo označení zdroje potravy (např. Coleoptera, Diptera, Hemiptera, nebo Orthoptera)
- **teritoriální** (např. v moči psů a koček)
- **stopovací** (např. značení cest k potravě u mravenců)
- **migrační** (např. jednotná migrace gregarinních housenek)
- **spouštěcí** (releaser) – působí krátkodobě, ale vyvolávají silnou odpověď (např. feromony produkované samicí králíka během kojení spouštějí a posilují ošetřovatelské chování)

Mechanismus působení feromonů

- nervová i hormonální kontrola produkce feromonů (např. pheromone biosynthesis activating neuropoptides, PBAN)
- syntetická dráha podle chemické struktury feromonu



Helicoverpa armigera

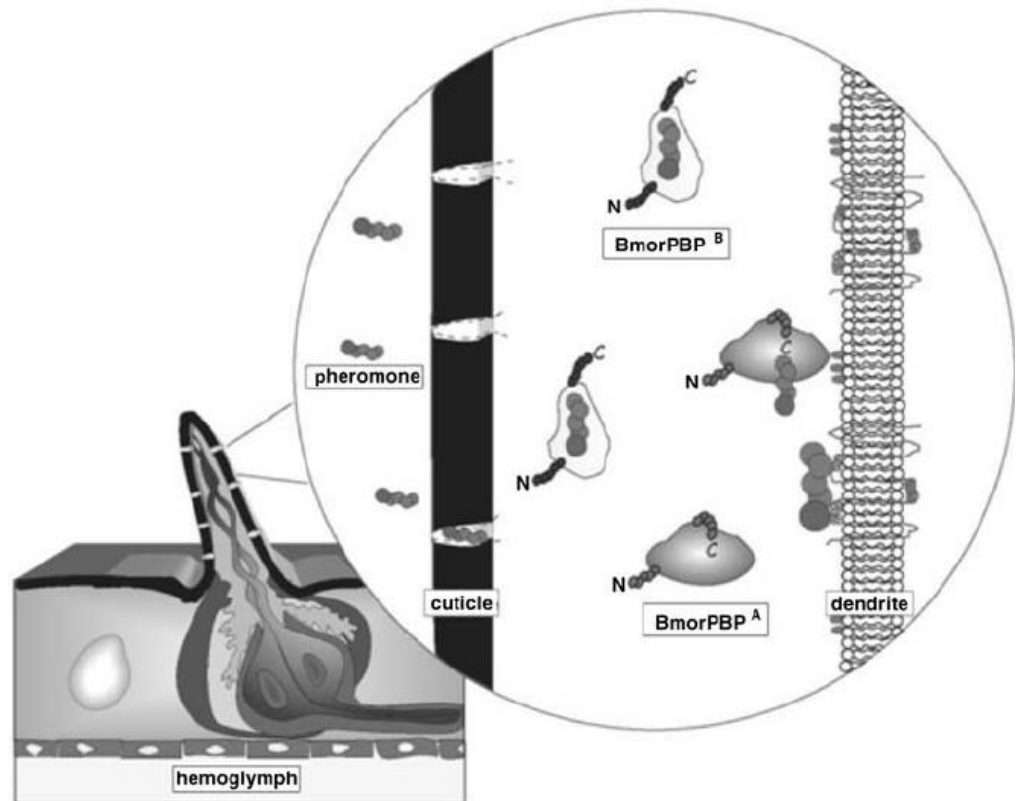


Mechanismus působení feromonů

- příjemce ovlivňují prostřednictvím aktivace nervových drah včetně autonomního nervstva
- přechod přes povrch těla > zajištění ochrany před degradačními enzymy a vazba na receptory v čichových orgánech (tykadla, sensilly) > depolarizace receptorového neuronu > mozek > odpověď cílového organismu
- změny fyziologické, ovlivnění imunitního systému (zánětlivá odpověď) nebo chování

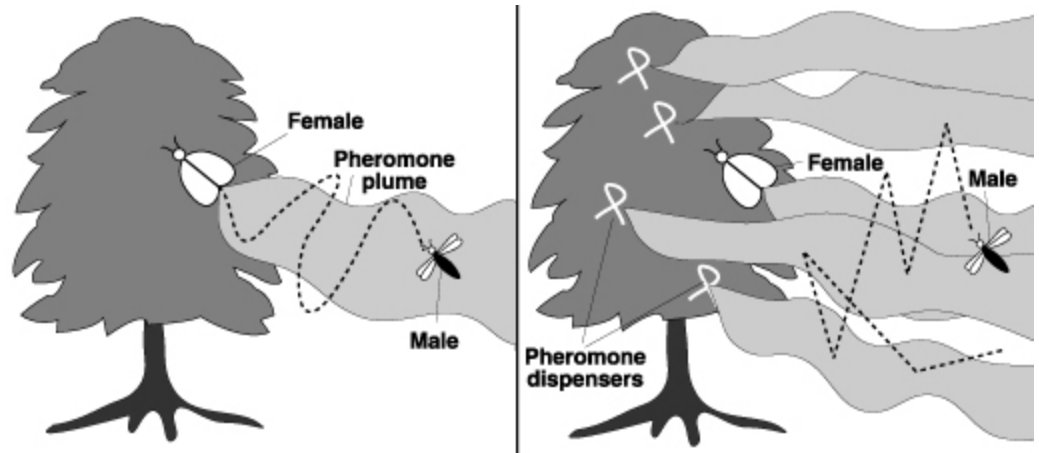
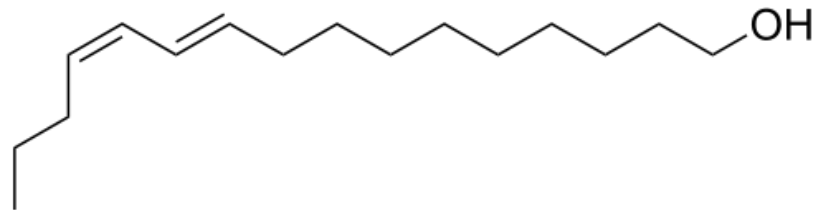


Bombyx mori



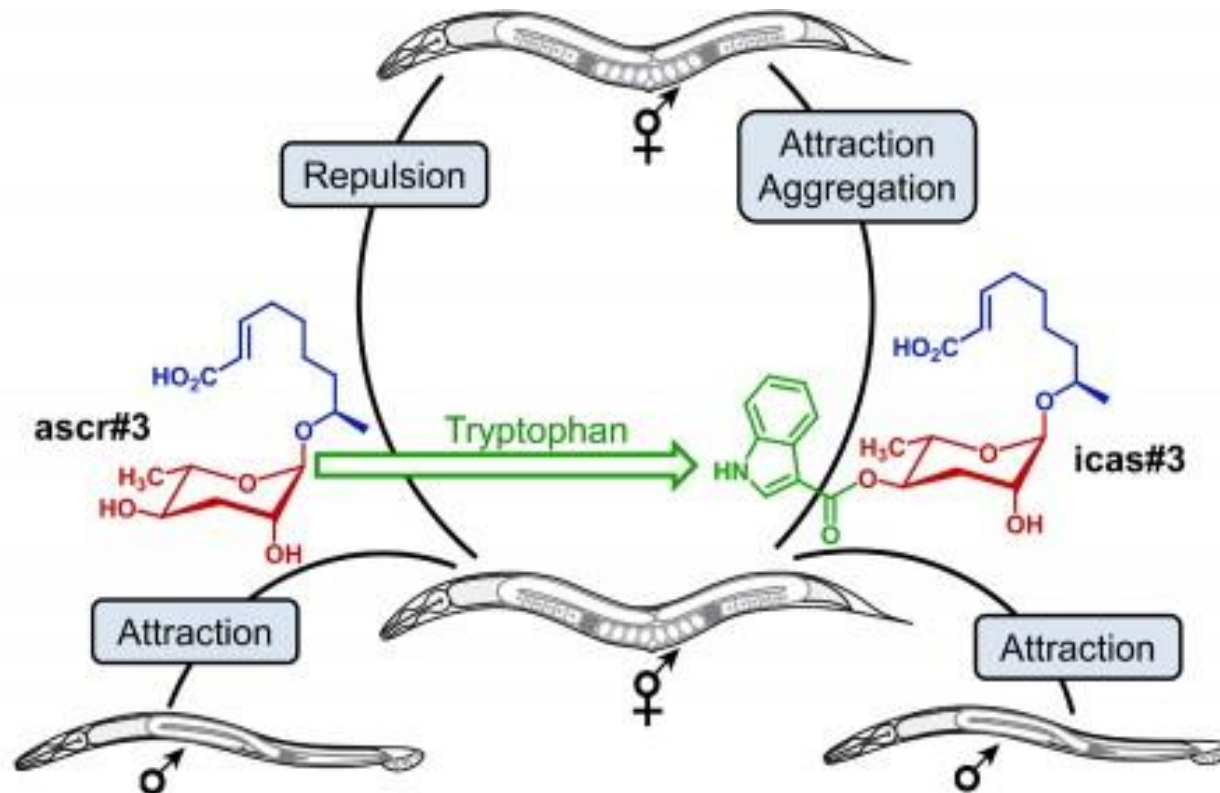
Bombykol – první popsáný feromon (Adolf Butenandt, 1959)

- E10,Z12-hexadecadien-1-ol
- feromon produkováný samičkami bource morušového (*Bombyx mori*) při lákání samečků
- vazba na feromon vázající protein (BmorPBP), který přenáší feromon na vlastní receptor
- používá se ve feromonových pastech (mate samce, kteří se následně nedostanou k samičkám)



Feromony bezobratlých

- např. ascarosidy nematod (wormbook.org)
- jednoduché molekuly, jejichž přestavbou vznikají feromony o různém účinku
- ascarosid 3 přitahuje samce, ale odpuzuje hermafrodity
- modifikace ascarosidu 3 je silným atraktantem i pro hermafrodity



Včelí feromony

„Primer“ feromony – spouštějí fyziologické změny bez okamžitého ovlivnění chování (řízení vývoje kast a reprodukce)

„Releaser“ feromony – způsobují okamžité změny v chování (agregace, vyhledávání potravy, starost o plod apod.)

Feromony královny

- udržení a podpora aktivity dělnic, tlumí výchovu nových dělnic a královny

Feromony dělnic

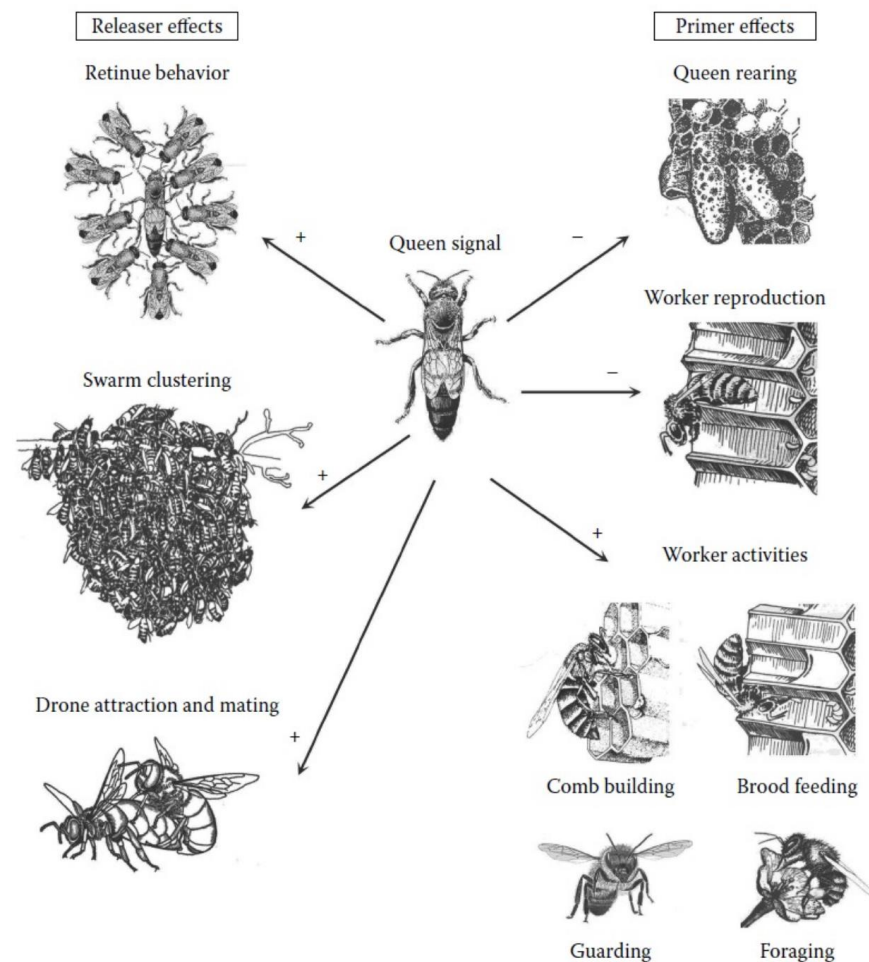
- ethyl oleát inhibuje nástup foragingu

Feromony trubců

- mandibulární žláza - zásnubní lety

Feromony plodu

- primer feromon řídící spolu se signály královny vývoj ovaríí

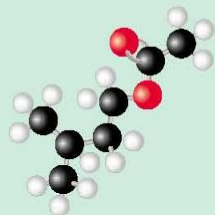


Včelí feromony

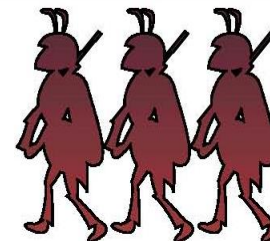
- chemicky velmi různorodá skupina látek



isopentyl acetát



This might smell like bananas to you, but to a bee it means war.



This molecule signals bees to attack an intruder.



terpenoid citral



This molecule says it's moving day to a bee.



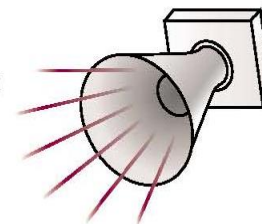
Bees smelling this molecule swarm and move to a new hive.



2-heptanon

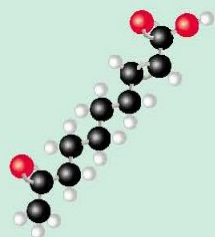


Feel alarmed when you smell this? A bee would.



Guard bees release this molecule to call for help when there is an intruder.

9-oxo-2-trans-decenová kyselina



Although we humans can't smell this molecule, it is a perfume for bees.



Queen bees release this molecule to attract males.

Včelí feromony

Mandibulární žláza

- signál královen (17 hlavních chemických složek; např. 9-oxo-2-trans-decenová kyselina nebo 4-hydroxy-3-metoxyfenyletanol)

Koschevnikova žláza

- produkuje poplachový hormon u dělnic (uvolněn po použití žihadla)

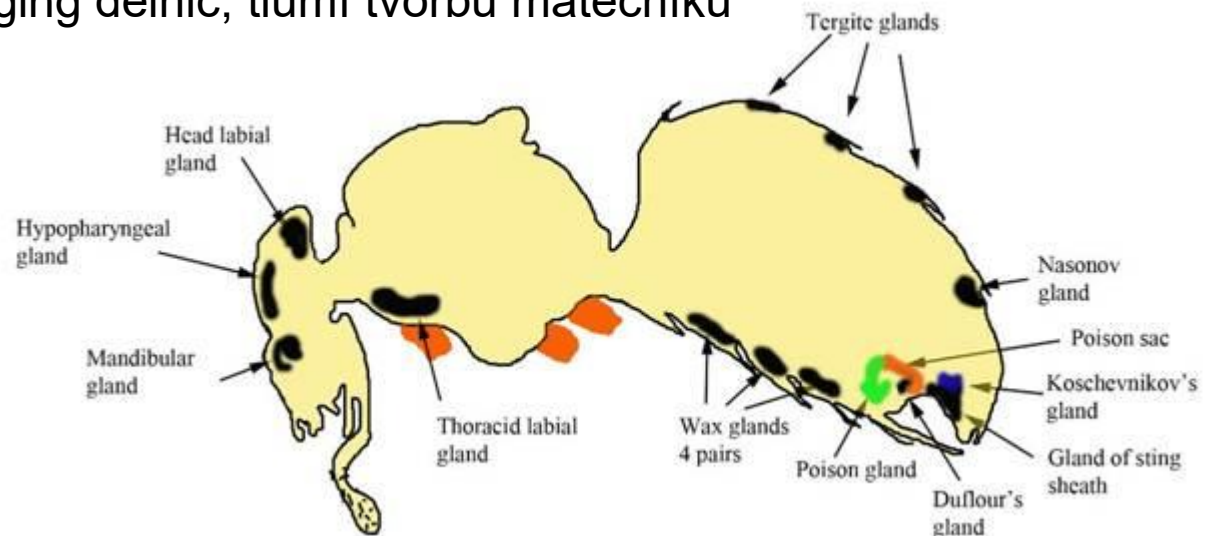
Dufourova žláza

- signál fertility důležitý pro snášení vajíček a obranu dělnic

Tarzální žlázy

- olejovitý produkt - foraging dělnic, tlumí tvorbu matečnicku

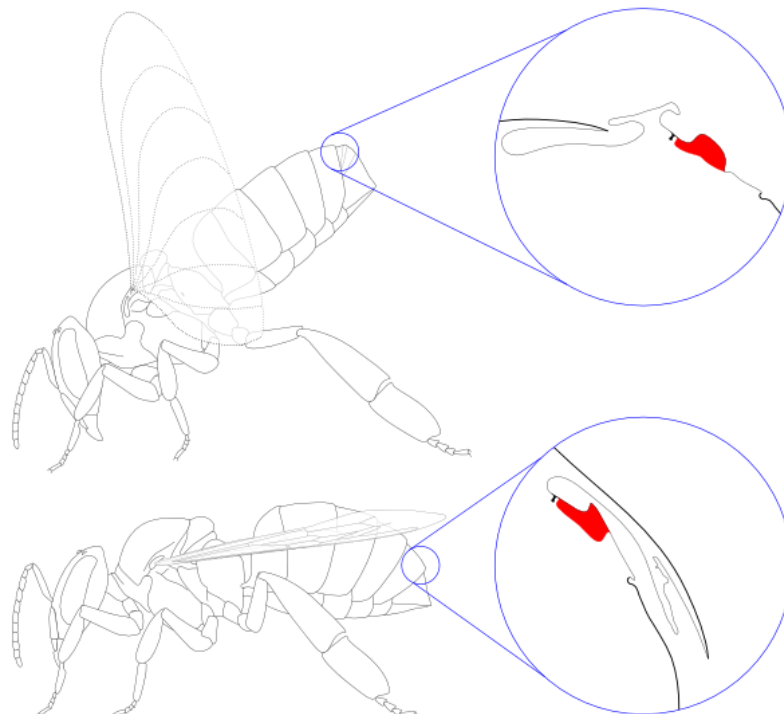
Nasonova žláza



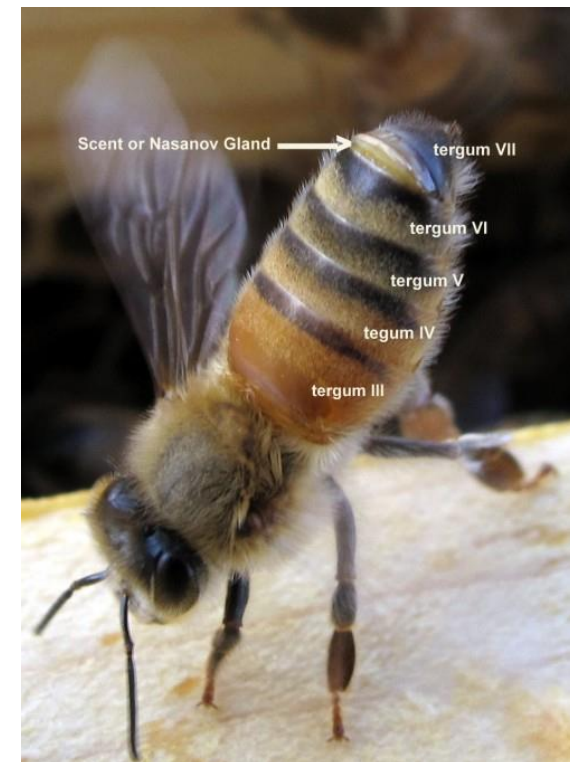
Včelí feromony

Nasonovův feromon

- uvolňován pouze dělnicemi (Nasonova žláza na dorzální straně abdomenu)
- směs několika látek (citrál, ditral, nerol, geraniol, nerolic acid, geranic acid, farnesol); připravován i synteticky (lákání roje, opylování)
- navádění ostatních jedinců do úlu nebo ke zdroji potravy a vody, které nemají svou charakteristickou pachovou stopu

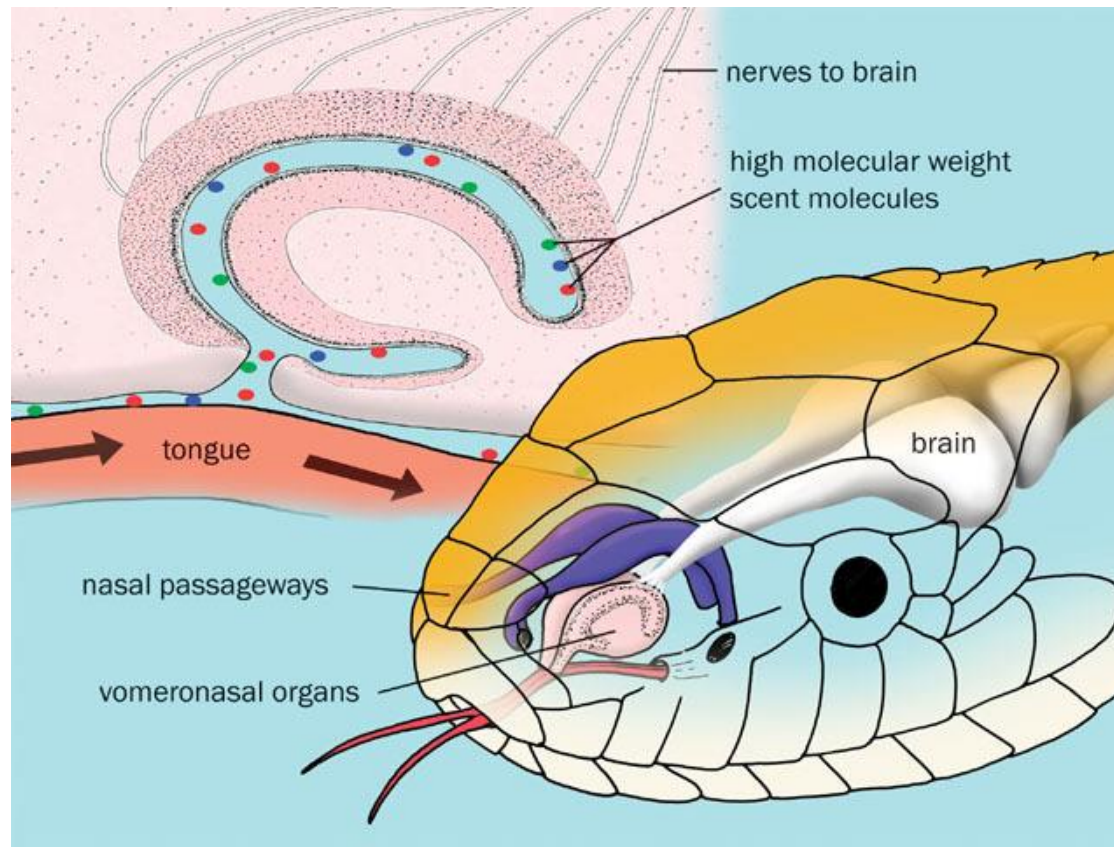


© Adam Tofilski - www.honeybee.drawing.org



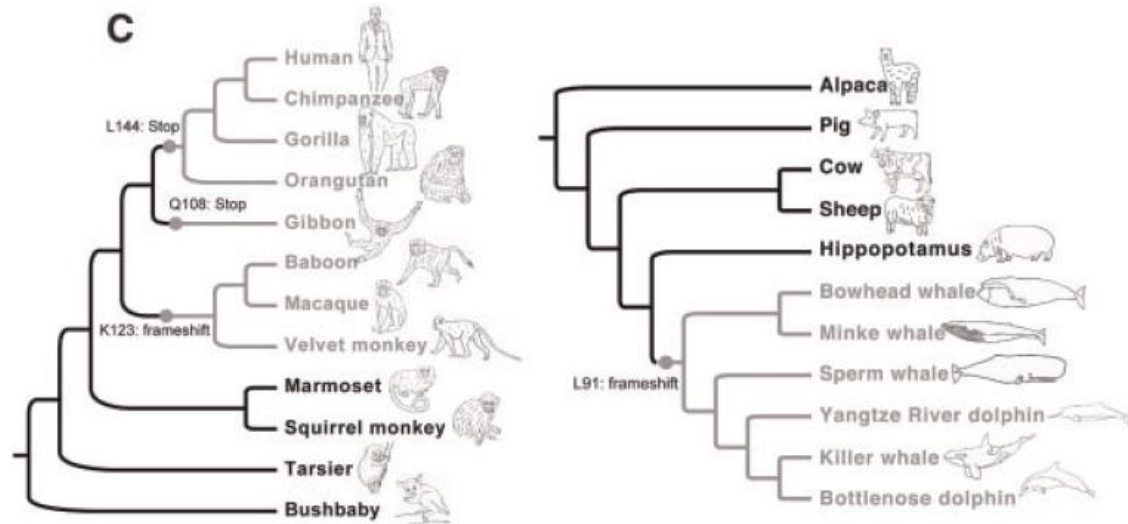
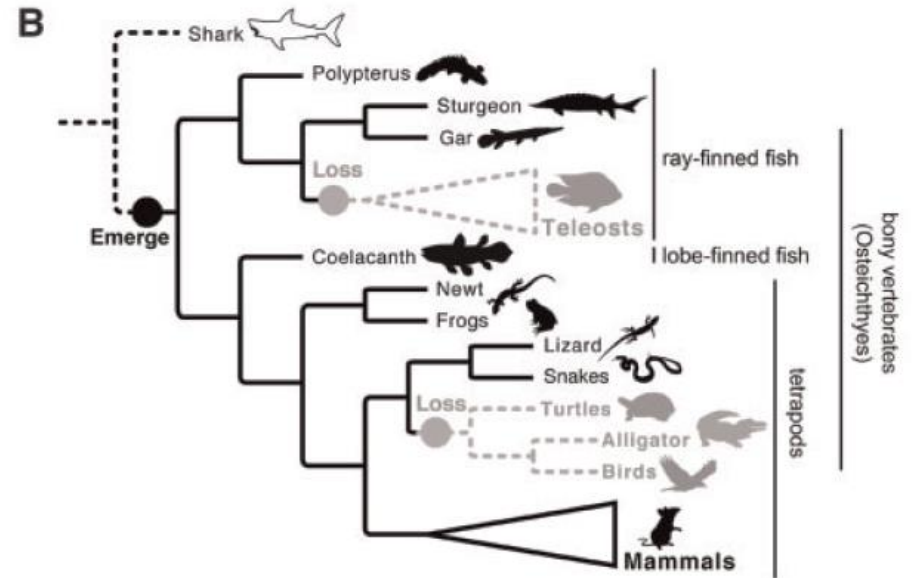
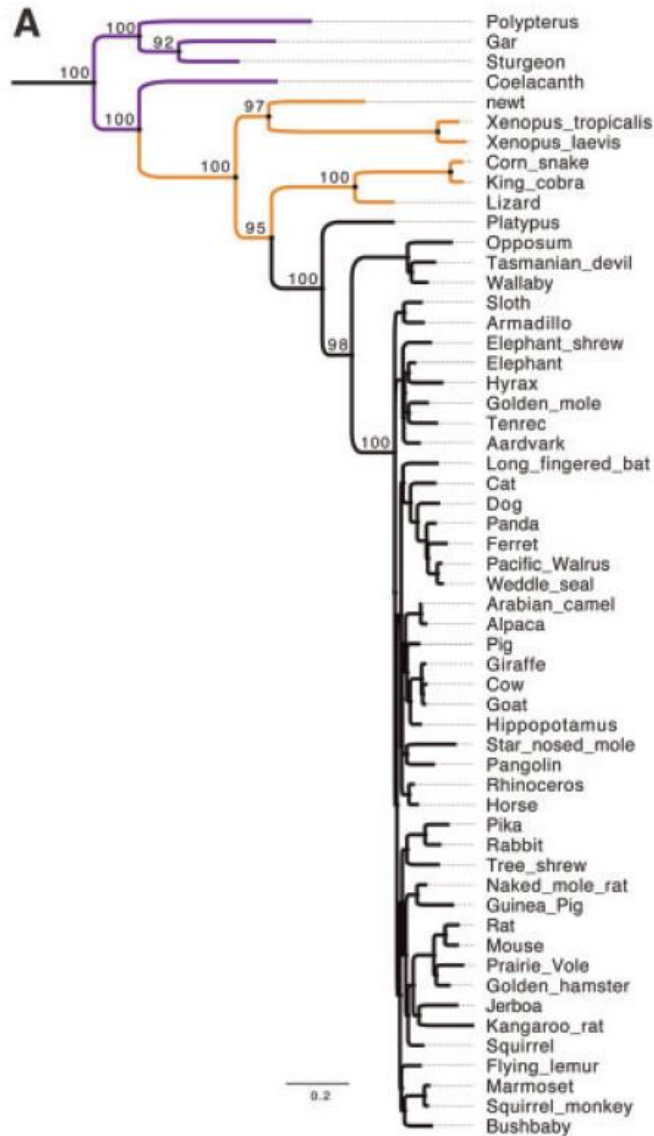
Feromony obratlovců

- zachyceny obecně čichovými buňkami (malé volatilní molekuly), těmi ve vomeronasálním orgánu (VNO, Jacobsonův orgán) nebo oběma
- VNO u obojživelníků, plazů a savců kromě většiny primátů, není u ptáků
- role VNO u člověka sporná (přítomný u plodu, poté zřejmě atrofuje)
- identifikováno množství VNO receptorů spřažených s G proteiny (rodiny V1Rs, V2Rs a V3Rs), které mohou sloužit k detekci feromonů



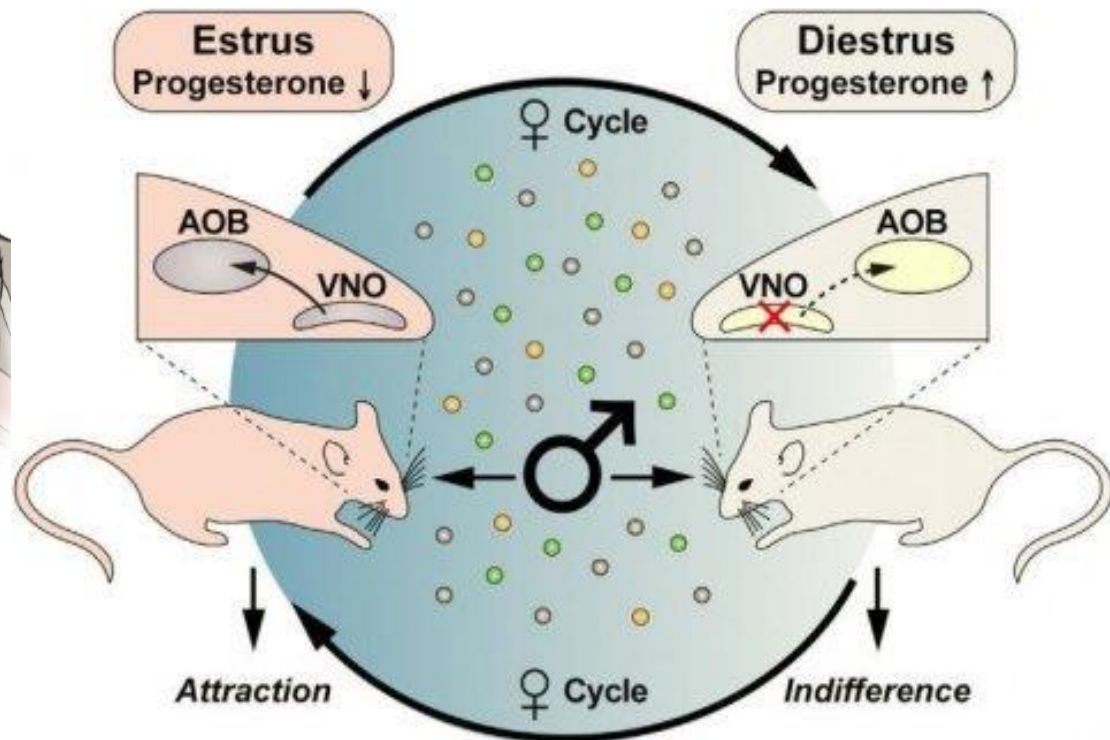
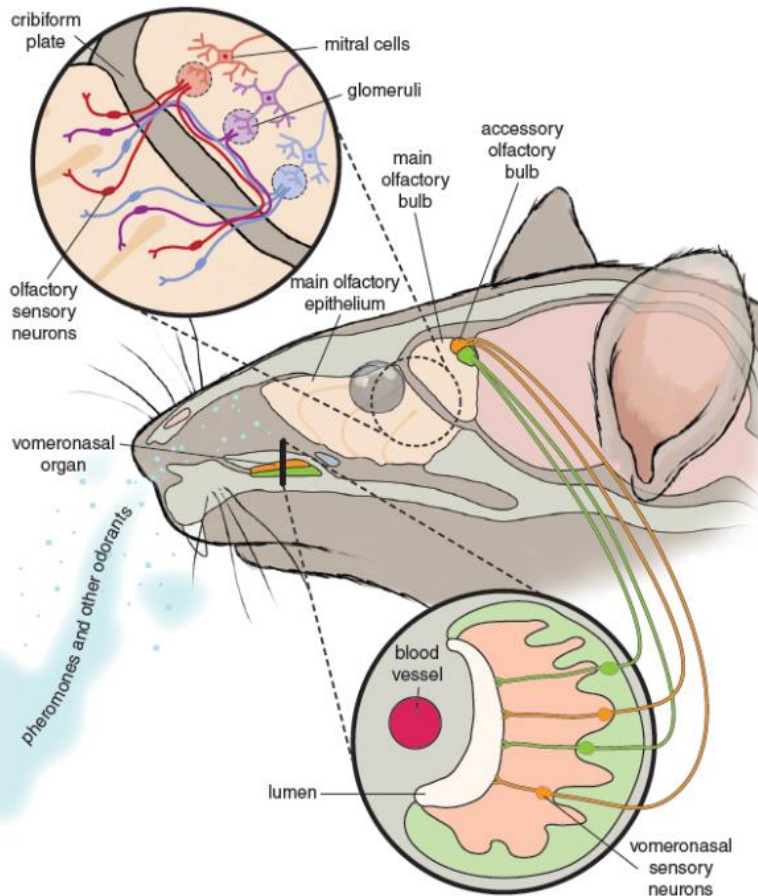
Feromony obratlovců – gen pro ancestrální V1 receptor

Mol. Biol. Evol. 2018 35(12):2928–2939 doi: [10.1093/molbev/msy186](https://doi.org/10.1093/molbev/msy186)



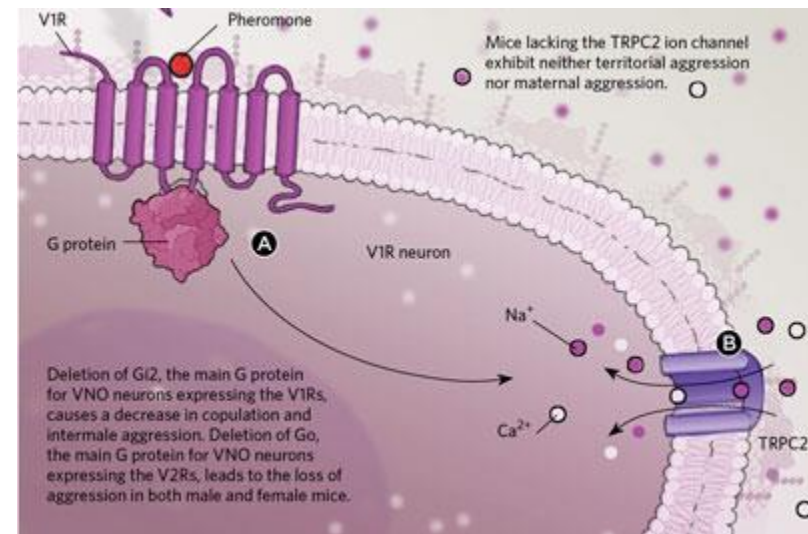
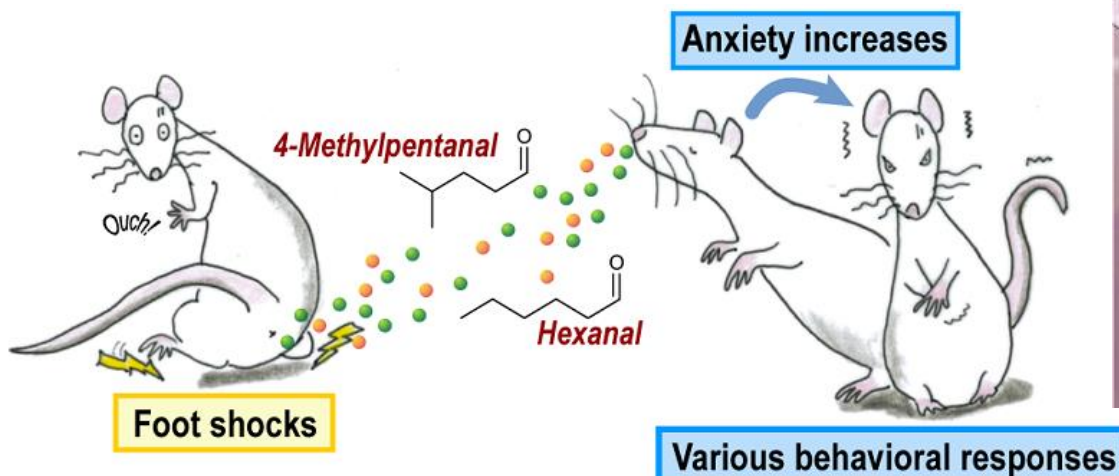
Feromony obratlovců

- receptor ve VNO > prvotní nervové zpracování v přídatných čichových lalocích (accessory olfactory bulb, AOB) > postup do hlubších oblastí mozku (amygdala, hypothalamus) > ovlivnění chování a fyziologických procesů (např. endokrinní aktivita)



Feromony obratlovců

- stimulace osy hypothalamus-hypofýza-nadledviny/gonády
- samci prasat vylučují ve slinách steroidní hormony 3 α -androstenol a 5 α -androstenon, na které reagují prasnice pářícím postojem
- myši rozlišují blízké příbuzné na základě čichových signálů a tím při páření minimalizují riziko inbreedingu (*Science*. 1994 Oct 14;266(5183):271-3)
- úzkostné stavy u potkanů mohou být vyvolány feromonem z perianální oblasti (*PNAS*. 2014 Dec 30;111(52):18751-6. doi: 10.1073/pnas). Dvě látky > vazba na receptory V1Rs a MOS (*main olfactory system*) > aktivace obou čichových systémů > změna chování.



Savčí feromony

- výzkum lidských feromonů problematický (směsi látek x čistota)
- hlavním smyslem je zrak, ale přesto se uplatňují i čichové vjemy > feromony
- geny kódující VNO receptory nefunkční, neprokázáno propojení VNO s CNS x feromonové receptory byly identifikovány v čichové sliznici
- potenciálně se uplatňují např. steroidy (androstenol, androstenon, androsteron a další) v podpaží



Synchronizace menstruačního cyklu?

Androstenon jako atraktant pro ženy?

Feromony z podpaží poskytují informaci o stavu imunitního systému (role MHC při výběru partnera)?

Alochemikálie

Látky, které jsou sekretovány jedinci určitého druhu a působí na jedince jiného druhu.

Podle účinku alochemikálie:

- kairomony – užitek příjemcům, ale nevýhoda producentovi
- alomony – užitek producentovi, neutrální pro příjemce
- synomony – užitek producentovi i příjemci