

Хімічні екорегулятори (хемомедіатори)

- ✓ Поняття «хімічної екології»
- ✓ Функції хемомедіаторів
- ✓ Хемомедіатори в міжвидових взаємодіях
- ✓ Хемомедіатори у внутрішньовидових взаємодіях

Природні хімічні речовини виступають у ролі носіїв інформації, (хімічної мови, якою спілкуються живі організми) і регулятори в екології популяцій.



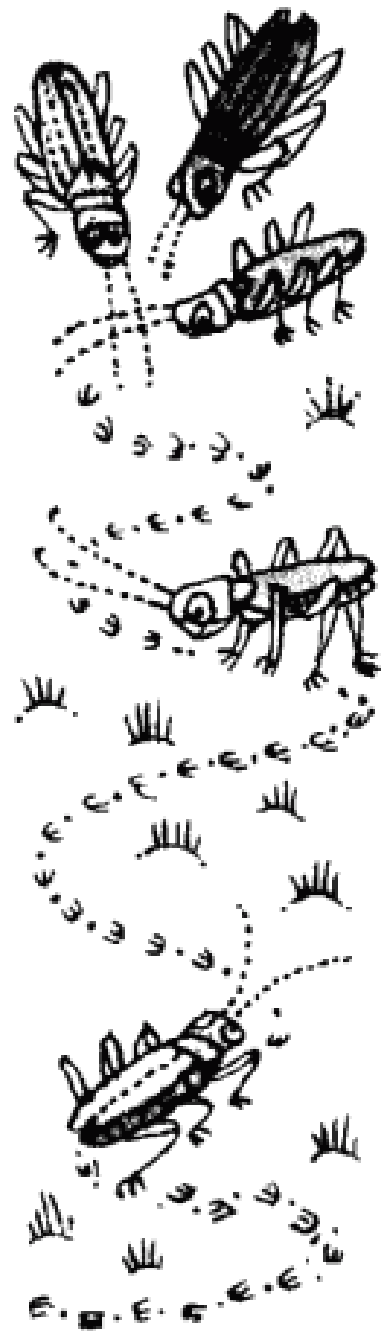
Хімічна екологія - наука про хімічні взаємодії між живими організмами та неживою природою.

Об'єкт дослідження: природні речовини, за допомогою яких відбуваються взаємодії між живими організмами або живою та неживою природою.

Предмет дослідження: екологічні взаємодії між організмами та системами (популяціями, співтовариствами); вплив людини на біосферу, обумовлений хімічним забрудненням.

«Живі організми, що належать до рослинного і тваринного царства, впливають на своє оточення шляхом дії різних молекул, що взаємно перехрещуються. Ці взаємодії можуть відбуватися між тваринами, між рослинами, між тваринами та рослинами або між рослинами та тваринами. Додамо ще до цього вплив неживої природи на тварин та рослини. Вивчення таких взаємодій, а також хімічних речовин, за допомогою яких вони здійснюються, становлять предмет хімічної екології».

Мішель Барб'є «Введення у хімічну екологію»



Хемомедіатори (хімічні екорегулятори, хеморегулятори) – речовини-посередники між організмами та середовищем екосистеми, носії інформації при передачі сигналів від одного організму до іншого, речовини, що регулюють поведінку, фізіологію, розвиток організмів.

Ко-актон – біологічно активні речовини, здатні до будь-яких хімічних взаємодій між організмами. (Флоркін М., 1966)

Токсин - отруйна речовина, що виробляється живим організмом.

Екзотоксин – речовина, що виробляється бактеріями в навколишнє середовище.

Ендотоксини – бактеріальні токсичні речовини, які звільнюються при розпаді бактеріальної клітини.

Антитіла - білкові сполуки плазми крові, що перешкоджають розмноженню мікроорганізмів та нейтралізують токсичні речовини, що ними виділяються.

Анатоксин - речовина з токсину, що не має виражених токсичних властивостей, але здатна індукувати вироблення антитіл до вихідного токсину.

Ксенобіотик – чужорідна для живого організму хімічна речовина, що природно не входить у біотичний кругообіг, але здатна викликати порушення біологічних процесів.

Антибіотик - речовина, що пригнічує зростання живих клітин.

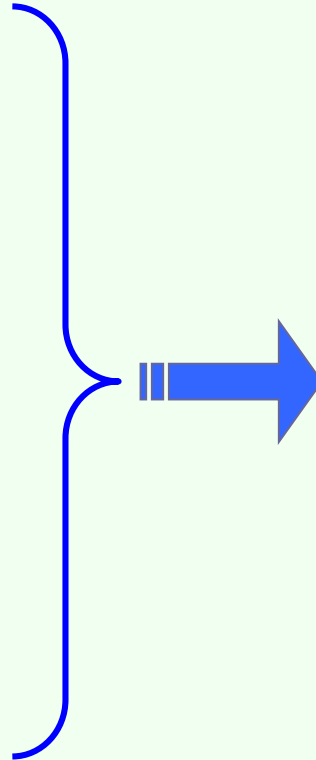
Ферменти – біологічні каталізатори білкової природи.

Екзоферменти - ферменти, що здатні діяти за межами клітини, в якій вони утворилися.

Харчові детеренти (фагодетеренти) – речовини, що знижують харчову цінність рослин (токсичні речовини, але менш отруйні в порівнянні з токсинами; речовини, що знижують поживну цінність корму; речовини, що відлякують фітофагів (харчові репеленти)).

Функції хемомедіаторів:

- **Захисна**
- **Наступальна**
- **Атрактивна**
- **Регуляторна**
- **Індикаційна**
- **Попереджувальна**
- **Адаптаційна**



- ✓ **Самозбереження виду,**
- ✓ **Успішний розвиток живих особин,**
- ✓ **Упорядкування використання ресурсів середовища**

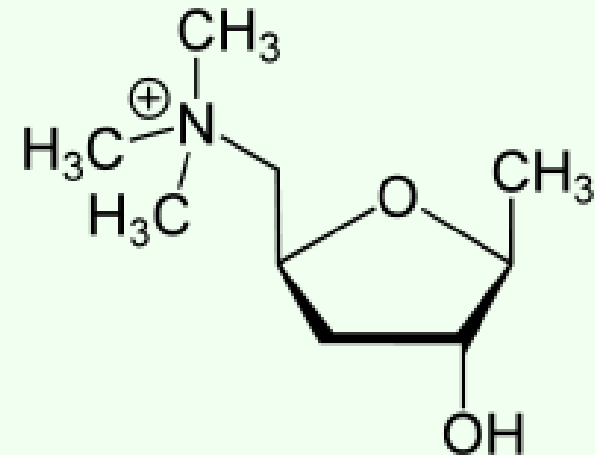
Хемомедіатори беруть участь у трофічних та нетрофічних взаємодіях, як у межах популяції, так і в біоценозах, екосистемах.

Хемомедіатор може виконувати кілька екологічних функцій.

Відлякування, усунення, стримування харчової чи репродуктивної активності потенційного хижака, паразита та ін.

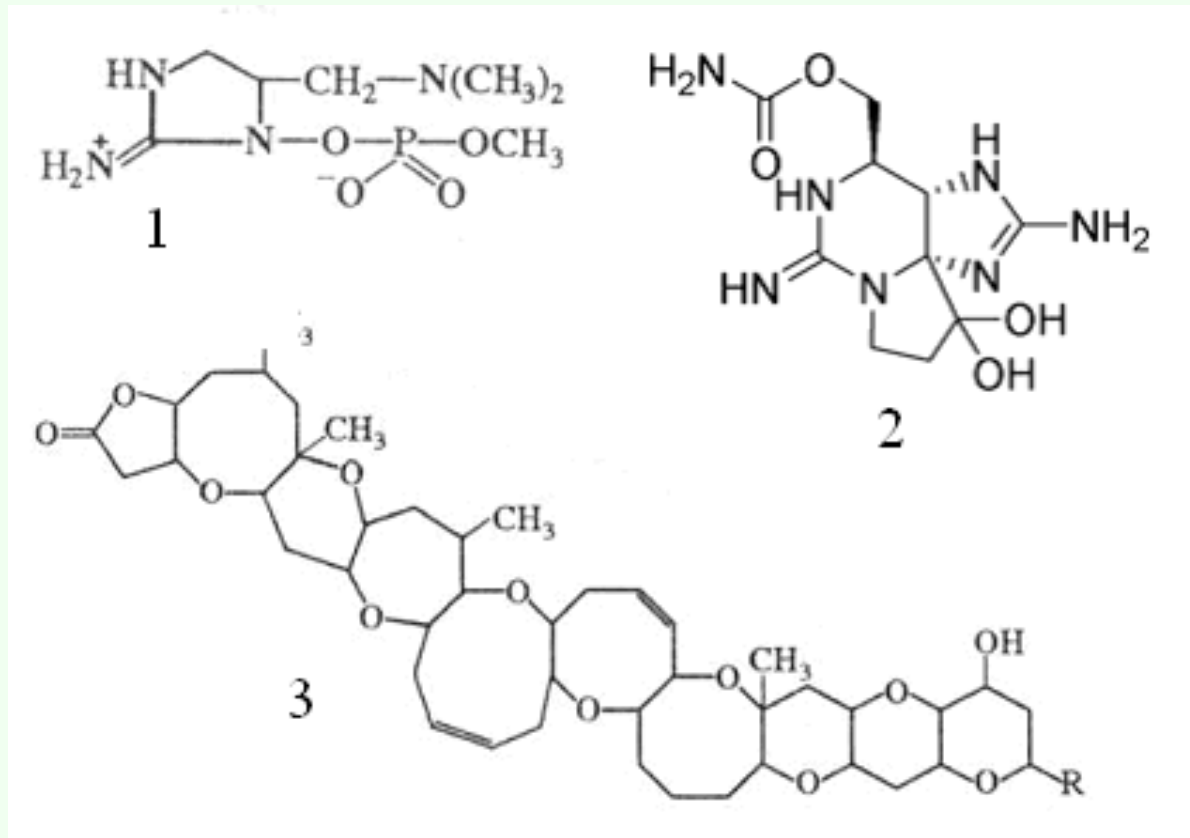


Мускарин (*Muscarinum*) — алкалоїд, що міститься в грибах. Вміст мускарину в мухоморах ~ 0,02 %.



Захисна функція

Водорості продукують речовини (токсини та детеренти), що дозволяють їм протидіяти тиску консументів.



1 – анатоксин а (S);
2 – сакситоксин;
3 – бреветоксин

Сакситоксин має нейротропну активність – викликає параліч дихальної мускулатури, пригнічує дихальний та судинно-руховий центр.

Бреветоксини — сімейство отрут небілкової природи, що продукуються динофітовими водоростями.

Тропічні корали захищаються від отруйних водоростей, подаючи сигнали для риб

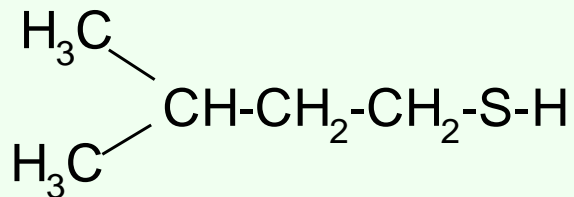


Водорості *Chlorodesmis fastigiata* виділяють у воду речовини, смертельно небезпечні для коралів. Тропічні корали (акропори) захищаються від отруйних водоростей за допомогою сигнальних молекул, які залучають «охоронців» риб-бичків, що знищують загарбників і рятують колонію поліпів від вимирання.

*журнал «Science»,
Технологічний інститут, штат Джорджія, Марк Хей,
Даніель Діксон.*



Ізопентилмеркаптам



Кротил: $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{SH}$

Метилкротилсульфід: $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{SSCH}_3$

Патент США (1989): «шампунь від скунса», до складу якого входить 2%-ний розчин іодату калію KIO_3 (окислює меркаптани та дисульфідиди до сульфоксидів, сульфатів або сульфонів, які не мають запаху).



Міметизм - вид мімікрії, що виражається в подібності до неїстівним або небезпечним тваринам - явище наслідування в природі.

Мімікрія кольору



Мімікрія форми



Мімікрія звуку



«Кільце» мімікрії – кілька видів захищених тварин мають подібну зовнішність, наслідують один одного за забарвленням та формою. Споживачі таких тварин, виробивши рефлекс огид на один вид, не чіпають інші види, що входять в кільце.



Особливості мімікрії хамелеона



Шкіра хамелеону не містить пігментів, для зміни відтінків використовуються нанокристали, які ящірка «налаштовує» та регулює параметри відображення кольору. (Мішель Мілінкович, Університет Женеви).

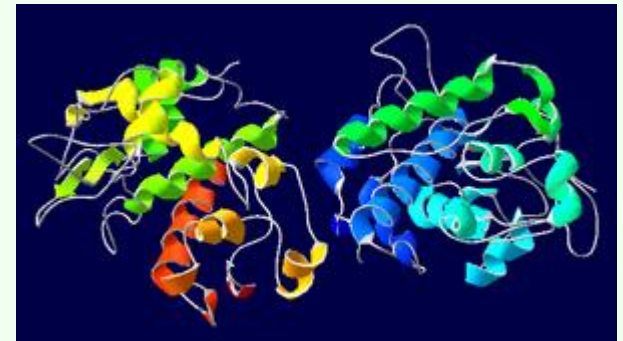
Хамелеони навчилися налаштовувати ґрати нанокристалів, щоб змінювати спосіб відбиття світла та міняти забарвлення.

Здатністю змінювати колір наділені лише самці, її використовують для залучення партнерів, відлякування суперників чи хижаків. Дорослі особини можуть міняти колір шкіри або змінювати відтінки.

Наступальна функція

Наступальна біохімічна зброя характерна для організмів найвищого трофічного рівня при взаємодіях із нижчим трофічним рівнем.

Приклад: токсини та екоферменти паразитичних грибів, патогенних бактерій, токсини хижих тварин.

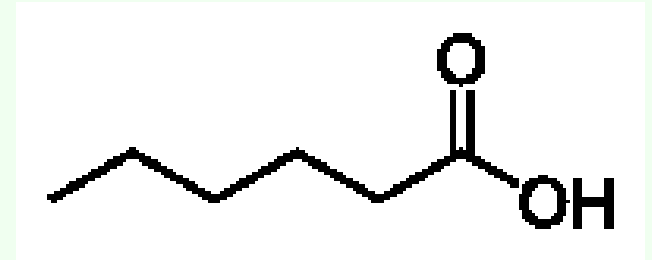


Хітіназа з насіння ячменю

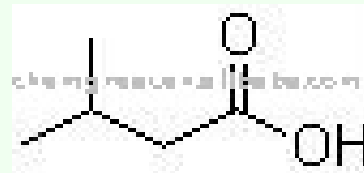
Паразитичні гриби, бактерії використовують хімічні засоби нападу на жертву (ферменти - хітінази, лігнінази, пектанази), що руйнують клітинні стінки рослин, які піддаються нападу.

Індикаційна функція

Індикаційна – стримування конкурентів, орієнтація у просторі.

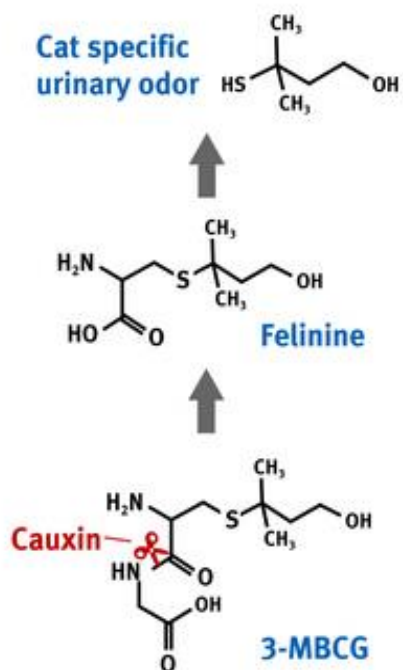
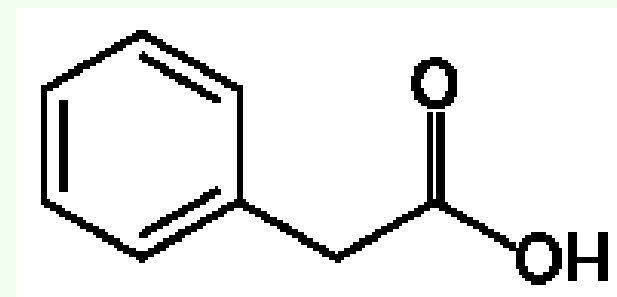


Капроною кислотою мурахи та терміти мітять свій корм та доріжки, що ведуть до нього.



Ізовалеріанова кислота - маркер ділянки у антилоп-вілорогів Північної Америки.

Індикаційна функція

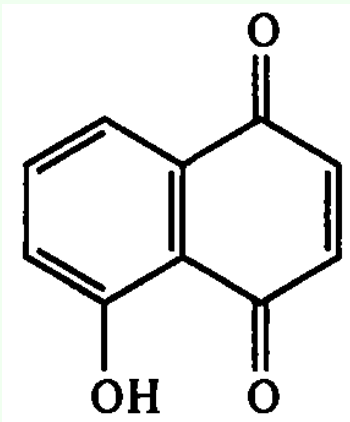


Піщанки мітять свої ділянки за допомогою фенілоцтової кислоти

Стимування конкурентів

Оборонна або (та) наступальна функція, властива як нижчим рослинам (фітопланктон), так і вищим рослинам.

У тварин «стимування конкурентів» проявляється у разі мічення індивідуальної ділянки пахущими речовинами.

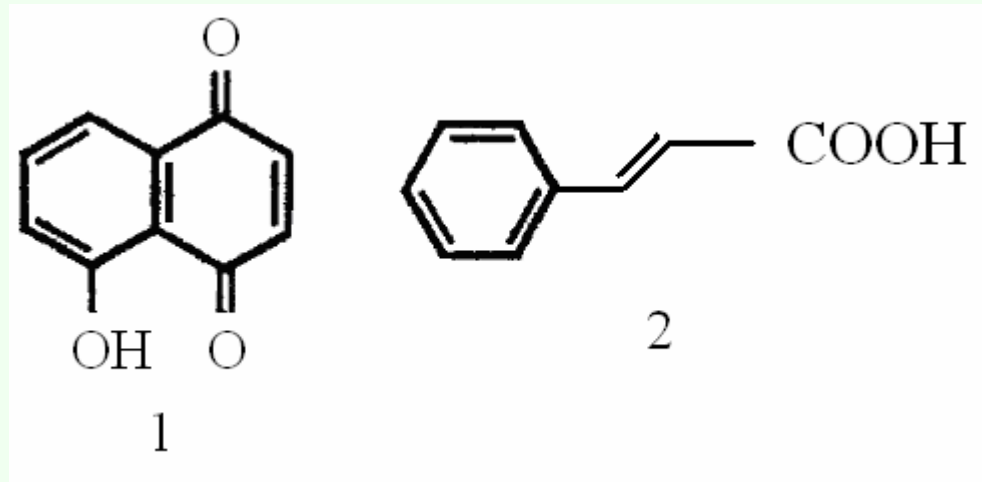


Чорний горіх пригнічує проростання насіння та розвиток трав'янистих рослин за допомогою токсину юглону (5-окси-альфа-нафтохінону)

Стимування конкурентів

Деякі тропічні дерева здатні до самоотруєння: їх насіння може проростати тільки на ґрунтах, де ростуть інші види рослин.

Наприклад, трансциннамова кислота (аутоксична речовина) інгібує зростання гваяюли в концентрації 0,0001%.



Алелопатичні агенти рослин:

1 – юглон;

2 – трансциннамова кислота

Атрактивна функція

Атрактивна функція → сигнал, що діє як призовний фактор для харчової, рухової, репродуктивної активності

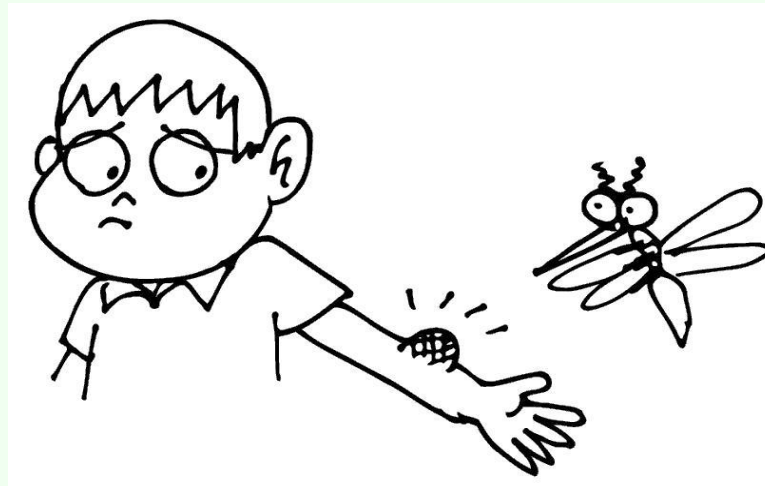
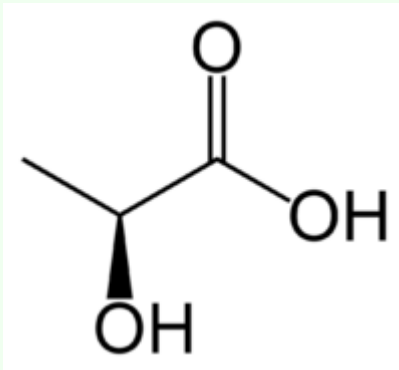
Бомбікол(гексадекадієнол)



1.5 мкг бомбіколу здатне порушити ~ 1 млрд. самців



Метелик тутового шовкопряда

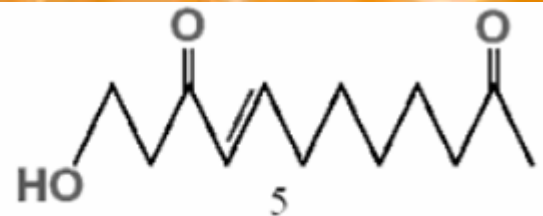


Молочна кислота теплокровних – хемосигналізатор для комарів.

Регулювання взаємовідношень

Регуляція взаємодії (поведінки, репродуктивної функції) усередині популяцій, групи особин чи сім'ї. Речовини – «регулятори» відіграють ключову роль у підтримці складної структури та її функціонування в колоніях громадських комах.

Бджолина матка виробляє 9-окси-2-транс-деценову кислоту ("царська речовина") - привертає робочих бджіл до матки; пригнічує розвиток яєчників у робочих бджіл; привертає самців до матки у шлюбний період; пригнічує активність бджіл по будівництву "царських осередків" для майбутньої матки

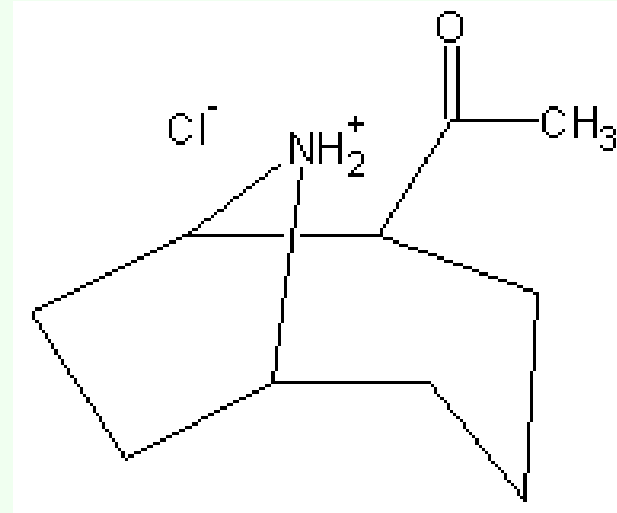


Регуляція трофічних відносин:

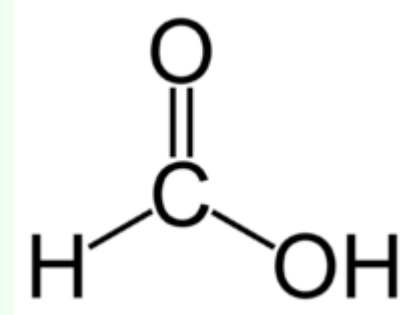
▪ Основна їжа антилоп куди – листя акації, яке містить танін (при високих концентраціях отруйний). При різкому зменшенні листя дерево активно продукує танін. В екстремальних умовах антилопи з'їдають багато листя та гинуть.

▪ Високе зростання первинної продуктивності фітомаси супроводжується продукуванням специфічних речовин рослинного походження, які стимулюють плодючість хребетних, як наслідок збільшується споживання фітомаси.

Формування середовища проживання



Синьо-зелені водорості виділяють токсини (анатоксин А) і роблять непридатним місце існування для більшості риб, молюсків і членистоногих.



У громадських комах виявлено "феромони тривоги". Мурашина кислота у мурах – сигнал тривоги та водночас засіб захисту.



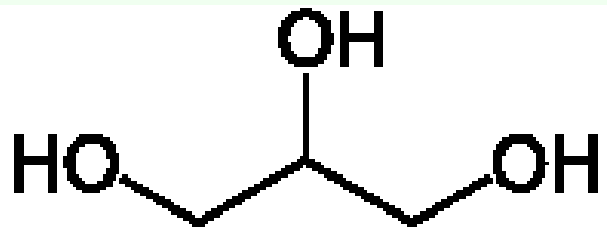
Потривожена актинія виділяє у воду (3-карбокси-2,3-діоксим-N,N,N-триметил)-1-пропанаммоній хлорид, який сигналізує про небезпеку сусідам і спричиняє змикання щупалець.

Адаптаційна до впливу абіотичних факторів

Адаптаційні хемомедіатори дозволяють існувати мешканцям гарячих джерел, засолених водойм.

У полярних морських риб виявлено глікопептити - білки-антифризи, які блокують кристалізацію внутрішньоклітинної води.

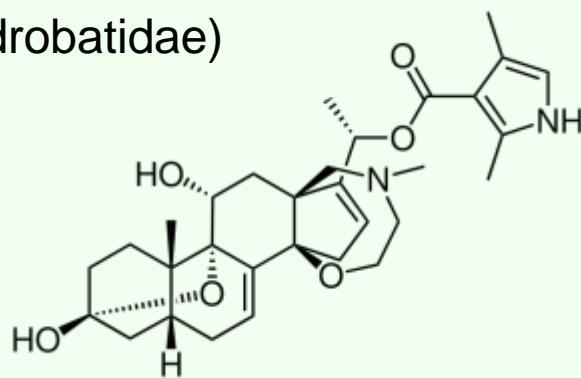
Антифризи комах, що зимують, - багатоатомні спирти. Кріопротектори (наприклад, дисахарид трегалозу та амінокислота пролін у комах) перешкоджають різким скороченням клітин при заморожуванні. У жаб роль кріопротектора виконує глюкоза, що утворюється з глікогену печінки перед зимівлею.





Жаба-дереволаз (Dendrobatidae)

Питоху (дроздовая мухоловка)



Батрахотоксин

Речовини, що беруть участь у міжвидових (алелохімічних) взаємодіях

Аламони – речовини, які приносять користь організму – продуценту.

Кайромони – речовини, які приносять користь організму – реципієнту.

Депресори - речовини відходи, які отруюють реципієнта, але не збільшує пристосованість організму, який їх виробляє, до навколишнього середовища.

Аломони – речовини, що сприяють міжвидовим взаємодіям

- ✓ Відлякуючі речовини
- ✓ Речовини, що прикривають втечу
- ✓ Супресори (антибіотики)
- ✓ Отрути
- ✓ Індуктори
- ✓ Протиотрути
- ✓ Приманки

Кайромони

- ✓ Речовини, що залучають до їжі
- ✓ Індуктори, що стимулюють адаптацію
- ✓ Сигнали, що попереджають реципієнта про небезпеку або токсичність
- ✓ Стимулятори (фактори зростання)

Речовини, що беруть участь у внутрішньовидових взаємодіях

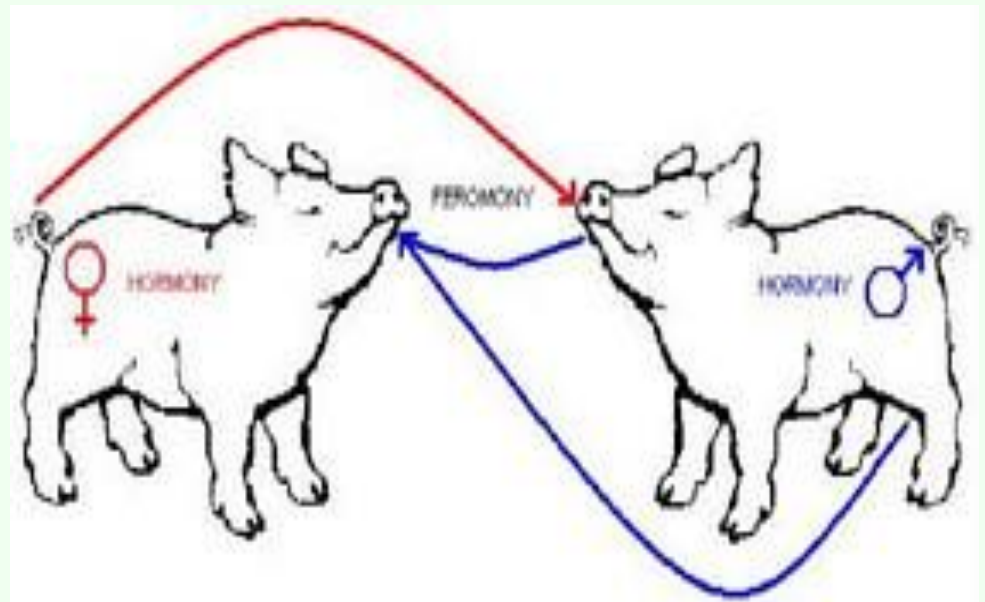
✓ Аутоксини: відходи, що токсичні для організму-продуцента та не приносять користі іншим видам.

✓ Аутоінгібітори адаптації: стримують чисельність популяції в таких межах, щоб вона була рівноважною з навколишнім середовищем.

✓ Феромони

- Статеві феромони
- Суспільні феромони
- Феромони тривоги та оборони
- Феромони-мітчики (відзначають територію проживання тощо).

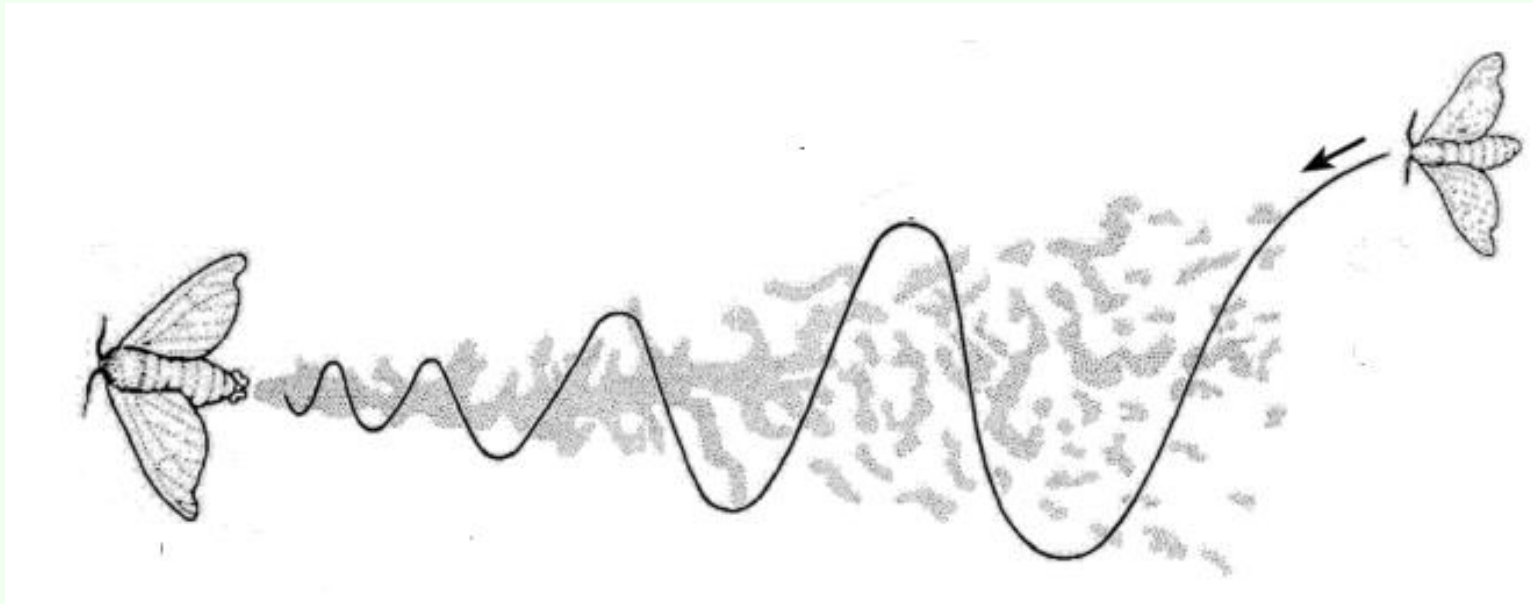
Феромони - біологічно активні речовини, що виділяються тваринами у навколишнє середовище та специфічно впливають на поведінку чи фізіологічний стан інших особин того ж виду.



Основні групи феромонів

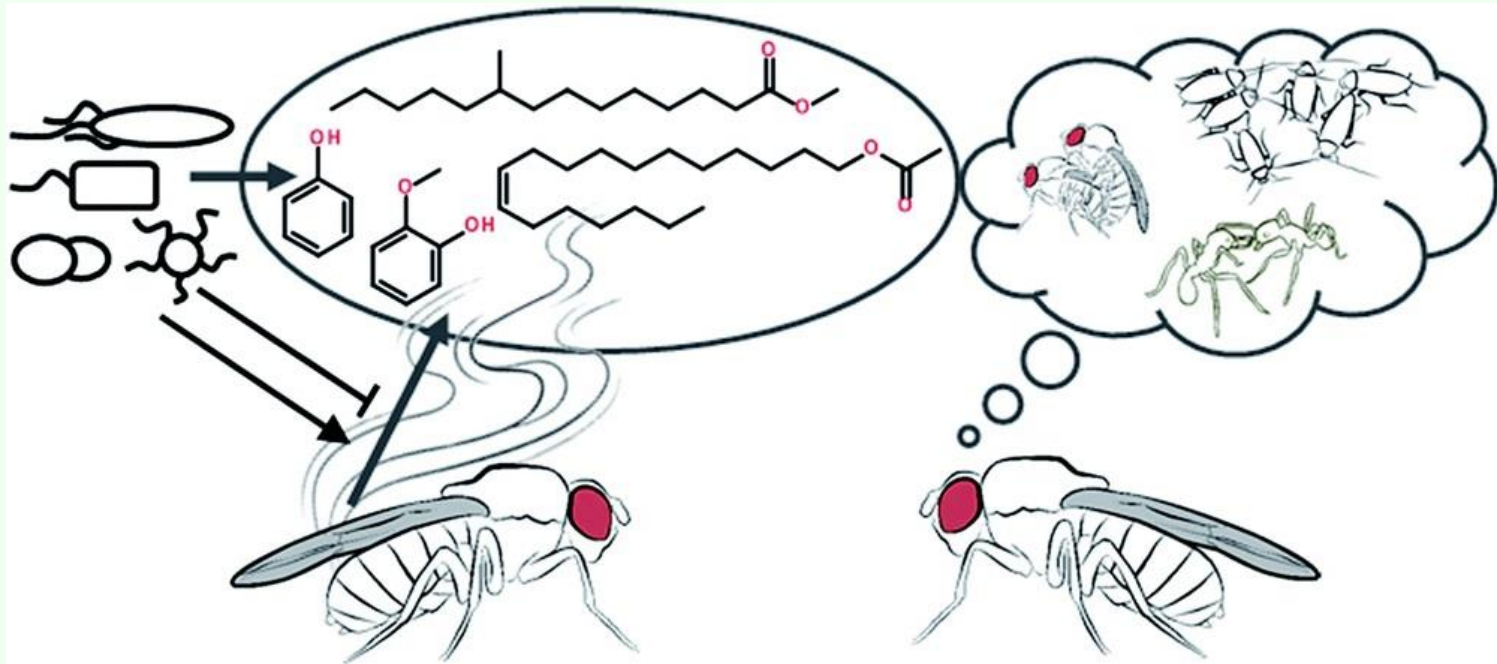
✓ *Феромони-релізори*

високолеткі речовини, що поширюються повітрям; викликають після їх сприйняття тваринам поведінкову відповідь, яка швидко розвивається, але відносно недовго триває (статеві феромони, феромони тривоги, сліду та феромони мічення);



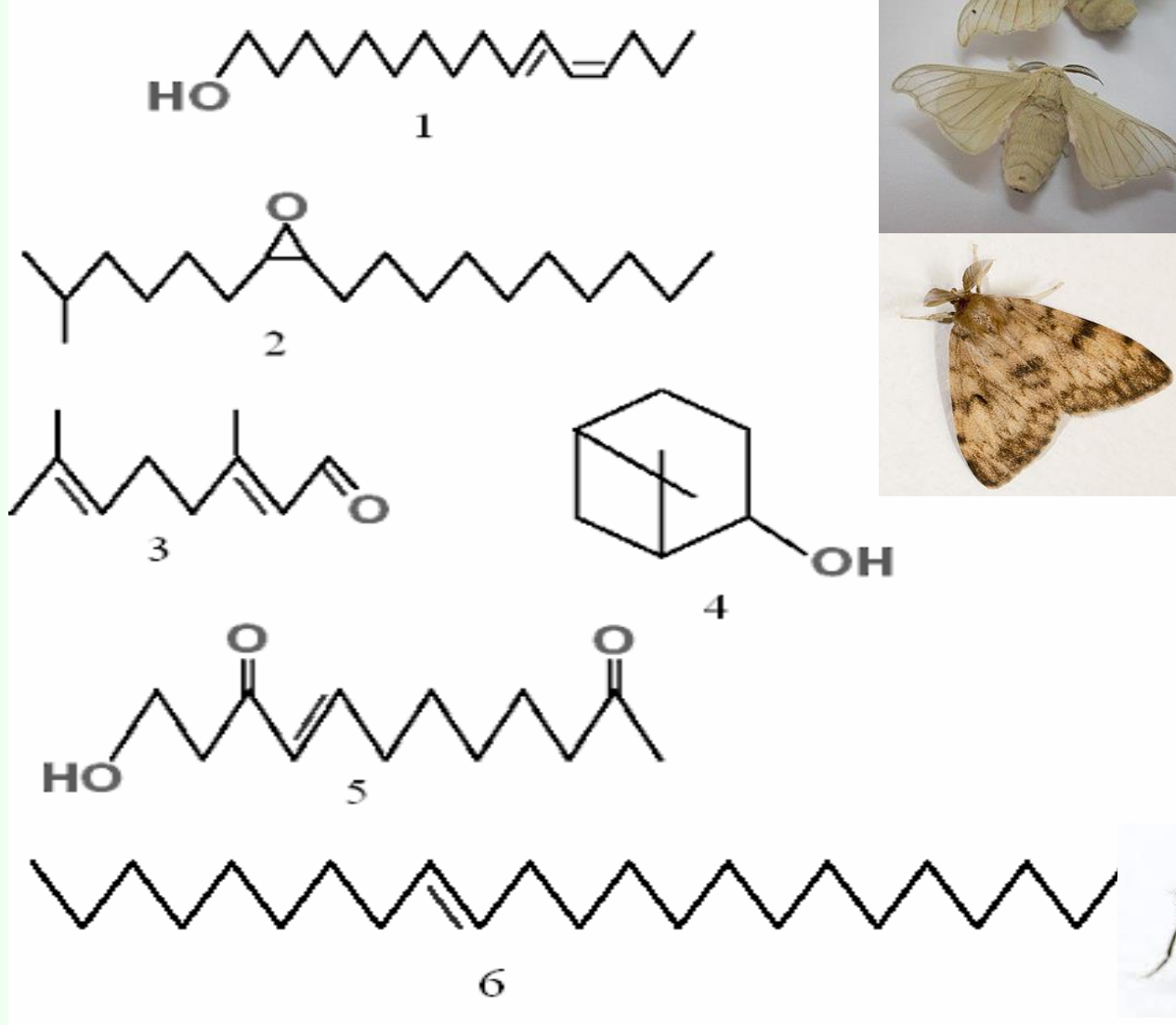
✓ Феромони-праймери

передаються контактним шляхом, запускають складні ендокринні процеси, внаслідок яких виробляються фізіологічно активні речовини. Викликають тривалі зміни метаболічних і регуляторних процесів, зміни в обміні речовин та інтенсивності дихання, зміни у пігментації тіла, розвиток стресу, підпорядкування всієї поведінки певній меті.



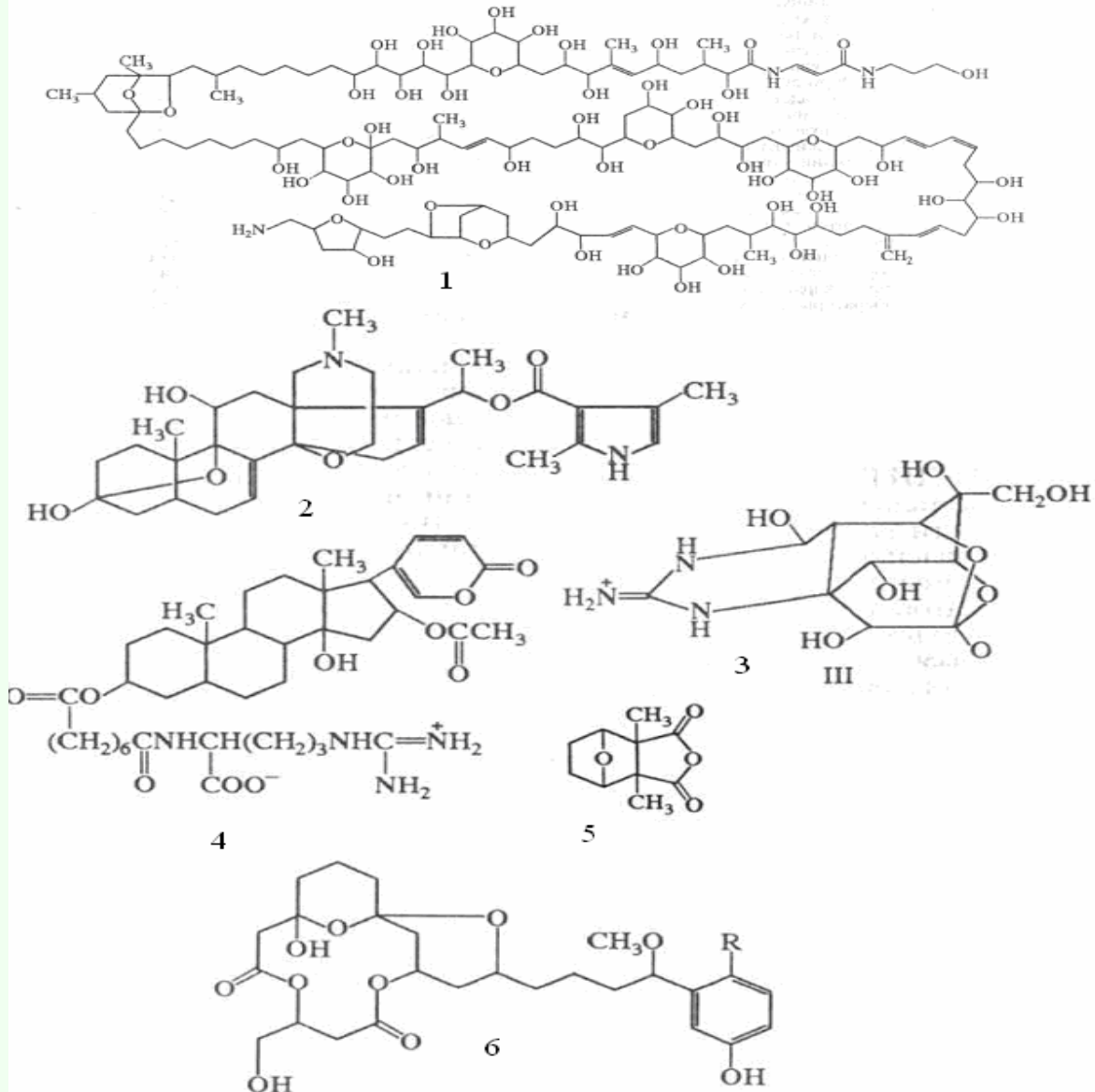
Характеристики феромонів:

- хімічна природа: моно та поліненасичені вуглеводні C_6-C_{30} та відповідні їм спирти, альдегіди, кислоти, а також епоксисполуки;
- склад: багатокomпонентні суміші, активність феромональної суміші залежить від співвідношення та ізомерного складу компонентів;
- феромони наземних тварин леткі сполуки (молекулярну масу речовин не більше 300);
- активність феромонів проявляється за низьких концентрацій: 10^{-12} мкг/мл;
- феромони видоспецифічні, але здатні надавати деякий вплив на представників інших родинних видів;
- деякі феромони утворюються в організмі тварин із попередників рослинного походження.



Структура деяких феромонів комах:

- 1 – бомбікол; 2 – диспалюр; 3 – гераніаль; 4 – вербенол;
 5 – кетотрансдецена кислота; 6 – мускалюр



Структура зоотоксинів небілкової природи:

1 – палитоксин; 2 – батрахотоксин; 3 – тетродотоксин;
 4 – буфотоксин; 5 – кантаридин; 6 – аплизиатоксин (R=Br)

Рослини здатні сприймати феромони комах



Вчені відкрили здатність рослин відчувати запахи комах, що сидять на цих рослинах. Приклад: золотарник (рослина із сімейства складноцвітих) сприймає феромон самця мухи-рябкокрилки, щоб підготуватися і «дати відсіч» самкам строкатих крил, які збираються відкласти в рослину яйця. Тому самки, які прилітають на феромон, обирають інші рослини, щоб відкласти яйця.

Для боротьби з комахами-шкідниками застосовуються пастки: капсули, просочені синтезованим статевим феромоном з клейким дном.

Капсула (містять 1-3 мг речовини) приваблює самців метеликів відповідного виду. Самці летять на феромон, потрапивши у пастку, прилипають до клею. Феромони руйнуються під дією сонячного світла, вологи та температури, не накопичуються на обробленій території та не забруднюють її.

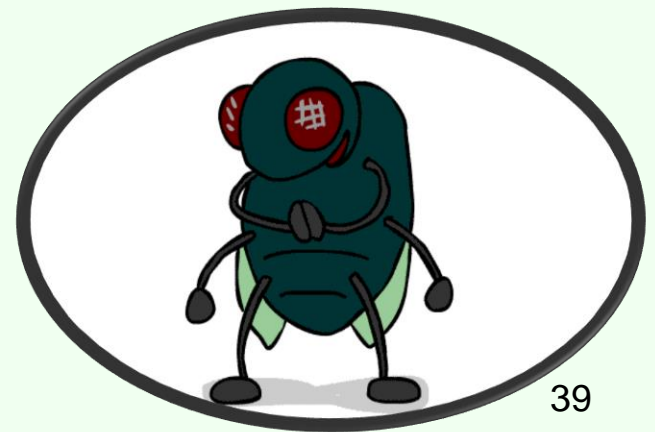
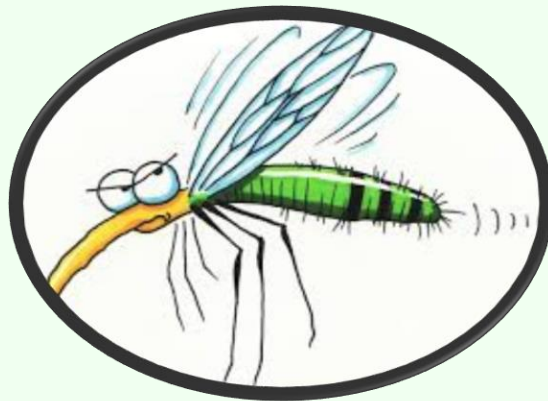
Феромон комахи-шкідника не приваблює в пастку комах корисних видів.



Використання феромонних пасток дозволяє: визначити початок сезону розмноження шкідливих комах; істотно знизити популяцію шкідників за допомогою їх масового вилову

Сфери застосування хемомедіаторів

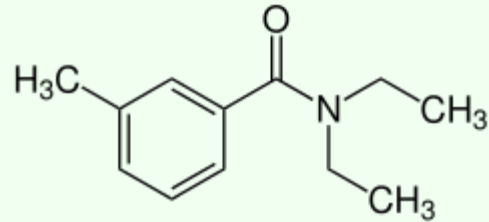
- ✓ Репелент – природна (синтетична) хімічна речовина, що застосовується у побутові для відлякування членистоногих.
- ✓ Атрактант – природна (синтетична) речовина, що викликає у особин, які їх сприймають, рух до джерела запаху. (9 нг речовини може реєструватися особинами з відстані сотні метрів.)
- ✓ Феромонні пастки.
- ✓ Розробка та синтез антибіотиків, нейрорегуляторів.



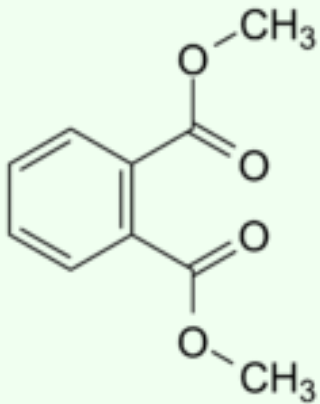
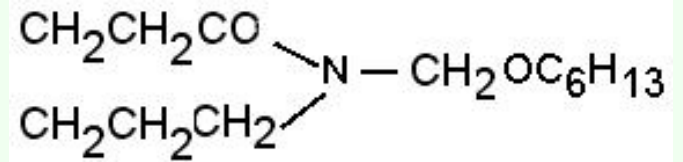


Репеленти проти комарів

- Синтетичні репелентні речовини: діетілтолуамід (ДЕТА);



- акреп (N(гексилосиметил)капролактам)



- Диметилфталат (ДМФ, диметиловий ефір о-фталевої кислоти).



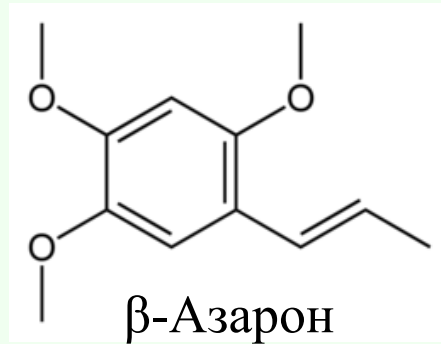
Розроблено антибіотик на основі отрути американських ос *Polybia paulista*. Речовина вбиває бактерії, не шкодячи клітинам людини.

(Масачусетський технологічний інститут)





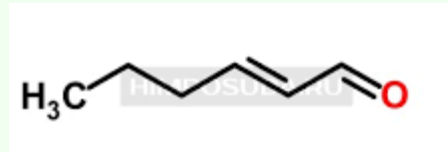
Acorus calamus (air болотний)



Хімічний стериліант
(викликає стерильність
комах)



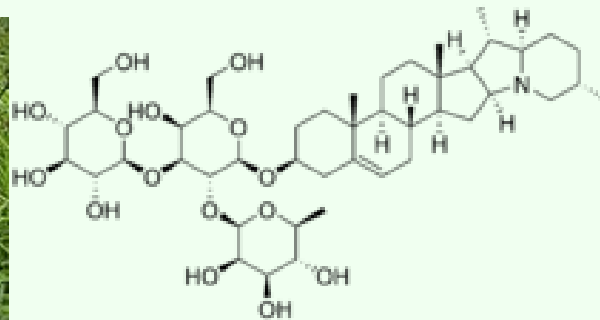
Ginkgo biloba



Інсектицид (препарати для
знищення бур'янів, комах)



Saponaria officinalis



Сапоніни впливають на
проникність рослинних
клітин. Здатні
прискорювати проростання
насіння, зростання та
розвиток рослин, а при
підвищених концентраціях
гальмувати зростання.