

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

ФІТОГОРМОНИ ТА ЇХ РОЛЬ В ЖИТТІ РОСЛИНИ

План

- Фітогормони – регулятори росту і розвитку рослин
- Стимулятори росту та розвитку.
- Інгібітори росту та розвитку. Фізіологічна дія етилену
- *. Синтетичні регулятори росту.

Питання, позначене “зірочкою” * - винесене на самостійне опрацювання

1. Фітогормони – регулятори росту і розвитку рослин



Рослина - відкрита жива система. Умова її існування – підтримка обміну речовиною та енергією між її організмом та довкіллям

Регулятори напрямку та інтенсивності обміну

Внутрішні регуляторні фактори – численні хімічні та фізичні сигнали, що генеруються клітинами та передаються ними одна до одної

Зовнішні регуляторні фактори - світло, гравітація, температура, вологість (найбільш важливі)

Прикладом інтегральних хімічних сигналів стану внутрішнього середовища рослинного організму, що регулюють ріст і розвиток рослини, є сполуки, що називаються фітогормонами

Природні регулятори росту та розвитку рослин



Фітогормони

1. Ауксини
2. Гібереліни
3. Цитокініни
4. Абсцизини
5. Етилен



Ендогенні гормоноподібні сполуки

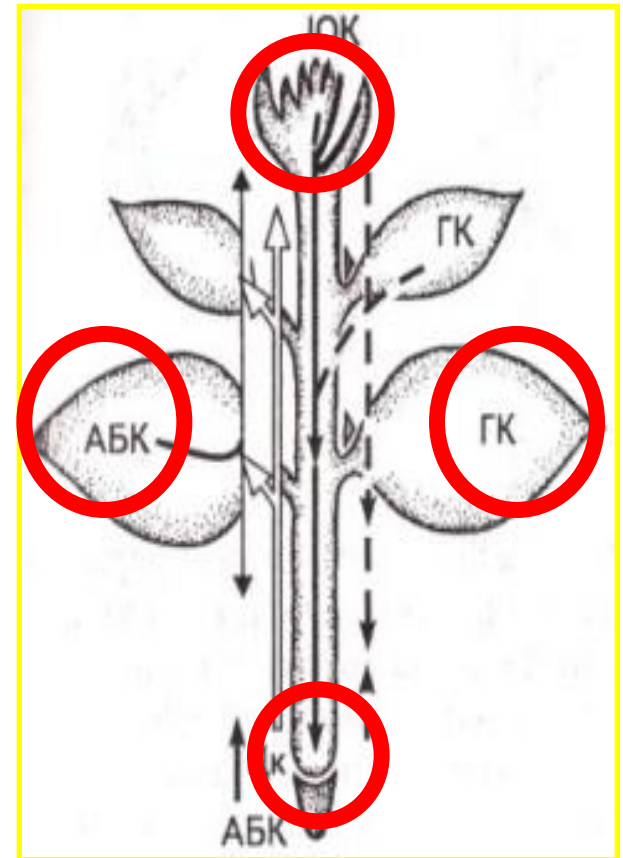
1. Ліпосахарини
2. Олігосахарини
3. Жасмінова (жасмонова) кислота
4. Саліцилова кислота
5. Пептиди
6. Поліаміни
7. Фенолові інгібітори росту

- **Фітогормони** – органічні речовини, що синтезуються спеціалізованими тканинами рослин і діють в надзвичайно малих дозах (10^{-3} – 10^{-5} моль\л) як регулятори і координатори онтогенезу

Фітогормони з'являються у багатоклітинних рослин як спеціалізовані регуляторні молекули для здійснення найважливіших фізіологічних програм, що вимагають координованої роботи різних клітин, тканин і органів, нерідко значно віддалених один від одного. Фітогормони здійснюють **біохімічну регуляцію**, найважливішу систему регуляції онтогенезу у багатоклітинних рослин.

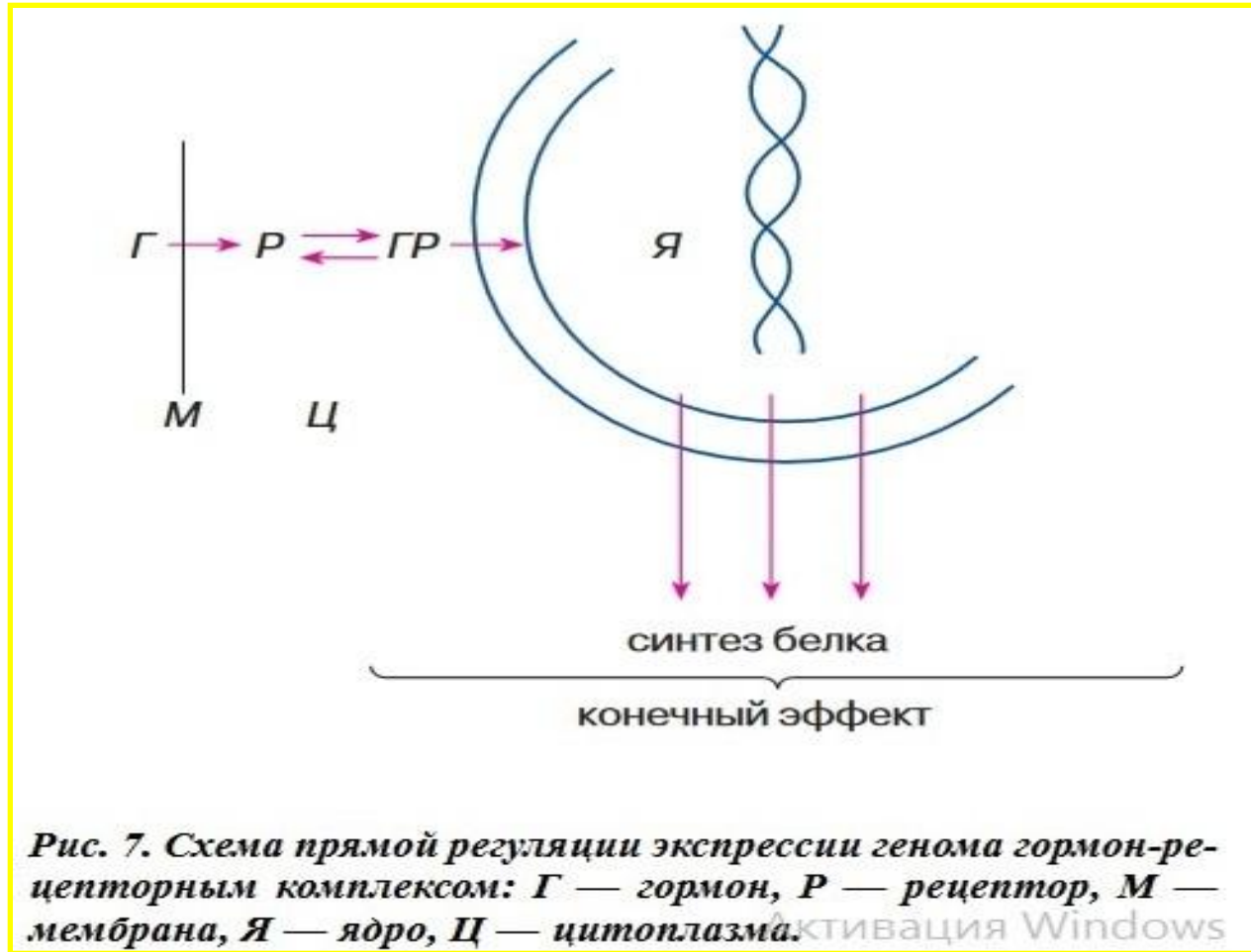
Відмінність фітогормонів від гормонів тварин та людини:

- 1) специфічність фітогормонів виражена слабше, а діючі концентрації, як правило, вищі;
- 2) у рослин немає спеціалізованих органів (залоз), що виробляють гормони; фітогормони утворюються головним чином в тканинах, що активно ростуть, на верхівках коренів і стебел



Місця синтезу фітогормонів в рослині

Загальні принципи фітогормональної регуляції



Гормональна регуляція процесів життєдіяльності рослин включає **синтез «сигнальних» молекул рослин та транспорт їх до клітин-«приймачів»,** рецепцію і посилення сигналу, взаємодію сигналів, формування реакції-відповіді

Загальні властивості фітогормонів:

- ❑ викликають специфічну фізіологічну відповідь;
запускають великі програми розвитку не тільки на рівні клітин, а й на рівні тканин, органів, цілої рослини;
- ❑ синтезують в рослині однією групою клітин, а відповідає на нього інша група (роз'єднання місце синтезу і місце дії, тобто *сигнальна речовина транспортується*);
- ❑ практично не відіграють ролі в основному метаболізмі клітини, а використовуються лише для сигнальної мети

До синтезу фітогормонів потенційно здатна будь-яка **метаболічно активна** клітина рослин. В першу чергу це меристеми та мезофіл листка.

2. Стимулятори росту та розвитку

Стимулюючу дію на фізіологічні процеси росту та розвитку рослин здійснюють **ауксини, гібереліни, цитокініни** (фітогормони) та частково **брасини** (гормоноподібні сполуки)

Ауксини – група фітогормонів, які регулюють процеси поділу та розтягування клітин, сприяють формуванню коренів, провідних пучків та оплодня, мають аттрагуючий ефект дії, відіграють важливу роль в тропізмах та настіях

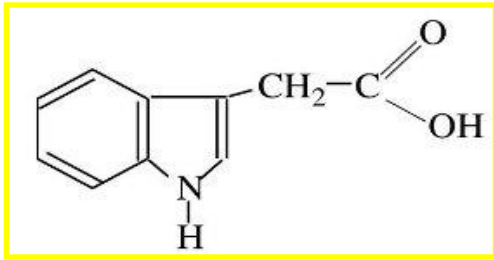


Більшість ауксинів – речовини індольної природи (містять в структурі індол – конденсовану нітрогенвмісну гетероциклічну сполуку)

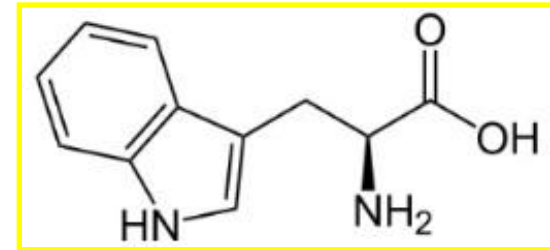
Ауксинами є індолілпропіонова, індоліліпировиноградна, індолілмасляна кислота тощо. Ауксиноподібна активність притаманна таким природним фенольним сполукам, як ферулова і кавова кислоти, коніферилловий спирт, ванілін (їх активність нижча, ніж у індольних ауксинів)



Ауксини – гормони верхівки пагона



- Головний фітогормон з ауксинів - **індоліл-3-оцтова (індоліл-3-ацетатна) кислота (ІОК)**.



- Попередником ІОК є амінокислота триптофан
- Перетворення триптофану до ІОК включає процеси трансамінування, декарбоксилювання та окислення. Розпад ІОК відбувається ензиматичним шляхом (ферментативна система **аукинооксидаза**, що включає, окрім інших складових, пероксидазу) та неензиматичним (фотоокислення)
- Ауксини виявлені у вищих та нижчих рослин. У вищих рослин **синтез** їх найінтенсивніше відбувається **в молодих листках та бруньках, в активному камбії, пилку та насінні, що формується**.
- Пересування ауксинів по рослині відзначається полярністю руху



Спектр фізіологічних ефектів ауксинів

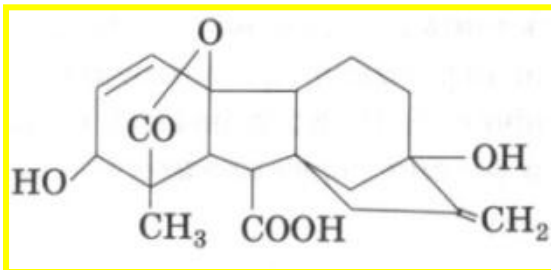
- Стимуляція росту тканин розтягуванням (активує мембранні H^+ -АТФази, що закислює міжклітинний простір і розрихлює клітинні стіки, посилює поглинання клітинами води)
- Забезпечення явища апікального домінування (пригнічення росту бічних пазушних бруньок при наявності верхівкової)
- Забезпечення формування провідної системи (контроль диференціації елементів ксилеми з прокамбію)
- Участь в регуляції роботи меристем та формуванні камбію (ініціація реплікації ДНК; індукція ділення клітин (в комплексі з цитокінінами; перехід клітин до мітозу та цитокінезу; активація функціональної активності камбію)
- Індукція коренеутворення (регуляція диференціації клітин)
- Контроль росту плодів (стимуляція розростання тканин зав'язі, регуляція диференціації елементів плоду)

Гібереліни – гормони росту стебла

Гібереліни – клас фітогормонів, які стимулюють ріст і розвиток рослин, активують цвітіння, сприяють проростанню насіння, бульб та цибулин

Відкриття даної групи гормонів пов'язане з вивченням хвороби рису "баканае", або скажені проростки. Для неї було характерне інтенсивне видовження стебла і листків. Японські вчені дослідивши хворобу, виділили із збудника даної хвороби - гриба Гіберели - активну речовину і назвали її гібереліном

За хімічною природою гібереліни — це дитерпенові тетрациклічні кислоти



- Головний фітогормон з гіберелінів - **гіберелінова кислота**



Відомо більше 100 гіберелінів, хоча лише деякі з них мають власну біологічну активність



- Гібереліни утворюються з мевалонової кислоти, після чого проходять ряд стадій перетворення у різних частинах клітини і у різних органах.
- Зустрічаються вони в грибах, водоростях та вищих рослинах. Головними місцями окремих стадій біосинтезу гіберелінів є **меристематичні тканини** (верхівка пагону, молоде листя, кінчик кореня, провідні тканини), **молове листя** (тут утворення гіберелінів регулюється довжиною дня), та **недозріле насіння**
- Світло активує утворення гіберелінів і підсилює чутливість до них тканин
- Гібереліни і їх попередники транспортуються на далекі відстані пасивно з ксилемним і флоемним током

Спектр фізіологічних ефектів гіберелінів

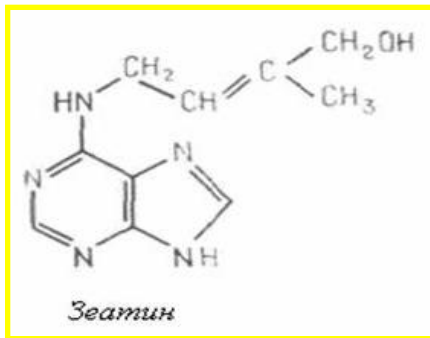
- Гібереліни - гормони росту стебла; видовження стебла під впливом гіберелінів обумовлюється в першу чергу розтягуванням клітин
- Стимулювання лінійного росту стебла через активацію поділу клітин меристематичних зон (апикальної та інтеркалярної меристеми)
- стимуляція стрілкування та цвітіння, формування чоловічих квіток (у дводомних рослин)
- Регуляція формування плодів і насіння
- Виведення насіння, цибулин та бульб зі стану спокою (в насінні гібереліни індукують експресію генів ферментів), синхронізація проростання насіння
- Затримка старіння листків
- Штучна обробка гіберелінами збільшує утворення зеленої фітомаси, сприяє утворенню партенокарпічних (безнасінних плодів)

Цитокініни – гормони кореневого апекса



Цитокініни – клас фітогормонів, які стимулюють поділ клітин та їх диференціацію

Відомо приблизно 15 природних цитокінінів, які є похідними 6-амінопурину (аденіну)



- Зеатин – цитокінін, який виділили в 1963 році із недозрілого насіння кукурудзи вважають найактивнішим із природних цитокінінів
- Цитокініни виявлені в різних мікроорганізмів, водоростей, папоротей, мохів, хвощів та вищих рослин. Особливо багаті на цитокініни апікальні меристеми коренів, ксилемний сік, проростаюче насіння і дозріваючі плоди

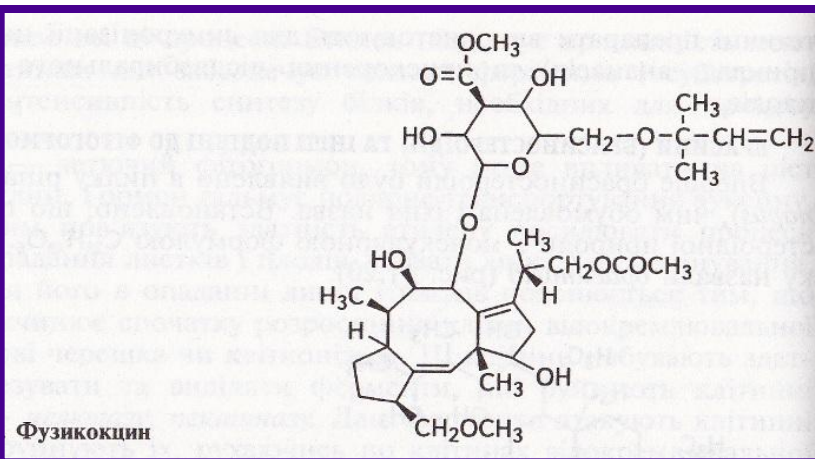
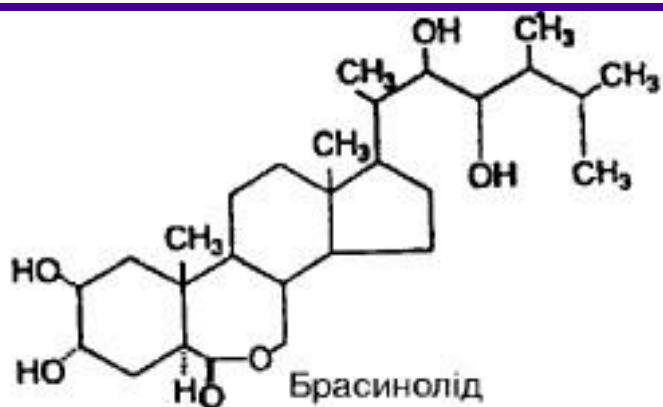
Спектр фізіологічних ефектів цитокінінів

- Стимуляція процесу поділу клітин (через регуляцію S–фази клітинного циклу та стимуляцію синтезу ДНК) в присутності ауксинів
- стимуляція диференціювання клітин та структур коренів і пагонів, в тому числі стимуляція закладки провідної системи (флоема) в зоні диференціації кореня
- утворення органів для накопичення асимілятів, аттракція органічних речовин до місця концентрації
- затримка процесів старіння (через підтримку певного рівня білків та нуклеїнових кислот)
- регуляція онтогенезу рослин за різних умов зростання
- Регуляція росту бічних коренів (за різних концентрацій – активація чи блокування), утворення додаткових бруньок
- Зняття явища апікального домінування
- Відкриття продихів (через активацію поглинання клітинами води та калію)
- Підтримка процесів дозрівання хлоропластів (в т.ч. через відвертання розпаду хлорофілу)



Брасиди (брасидостероїди) – фітогормони стероїдної природи, що проявляють як стимулюючу, так і інгібуючу дію (для різних фізіологічних процесів)

Вперше виявлені в пилку ріпаку (Brassicaceae), чим зумовлена їх назва. Зустрічаються в різних органах рослин, але найчастіше і в значних кількостях - у **генеративних органах** та **пилку**.



Фізіологічні ефекти дії брасиностероїди

Стимулюючі

- Діють на паростки, посилюючи розтягнення (більш уповільнена, але триваліша реакція)
- Стимулюють ріст різних органів рослин (як поділ клітин, так і їх ріст у фазу розтягування)
- Підсилюють дію ауксинів та гіберелінів
- Контролюють процес формування андроцея
- Беруть участь в явищі фоторецепції рослин
- Регулюють процеси клітинного диференціювання (провідних елементів ксилеми, стовпчастого мезофілу листка)

Інгібуючі

- Блокування процесу формування коренів

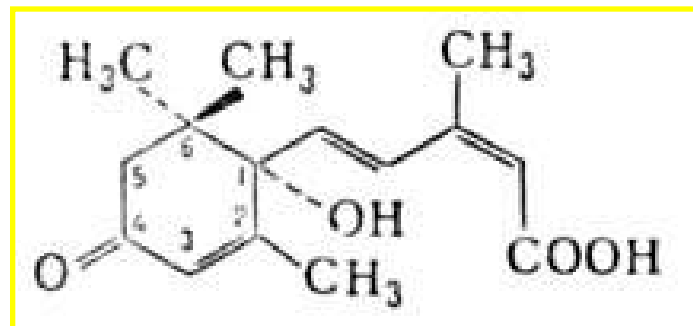
3. Інгібітори росту та розвитку. Фізіологічна дія етилену

Роль інгібіторів, тобто уповільнювачів фізіологічних процесів, відіграють **абсцизова кислота, етилен, жасминова (жасмонова) кислота, деякі брасини**



Абсцизова кислота (АБК) – фітогормон, що регулює явища стресу, спокою, старіння, дозрівання

Абсцизова кислота відноситься до ряду сексвітерпенів (C_{15})



Відкриття абсцизової кислоти було пов'язане із вивченням явищ опадання листків і плодів та стану спокою бруньок

- Абсцизова кислота знайдена у всіх досліджених покритонасінних і голонасінних рослин. Присутня у всіх органах. Багате на АБК старе листя, зрілі плоди, насіння і бруньки що знаходяться в стані спокою
- Синтезується АБК, по-перше, подібно іншим сесквітерпеноїдам, з трьох молекул мевалонової кислоти; по-друге, як продукт розпаду каротиноїдів



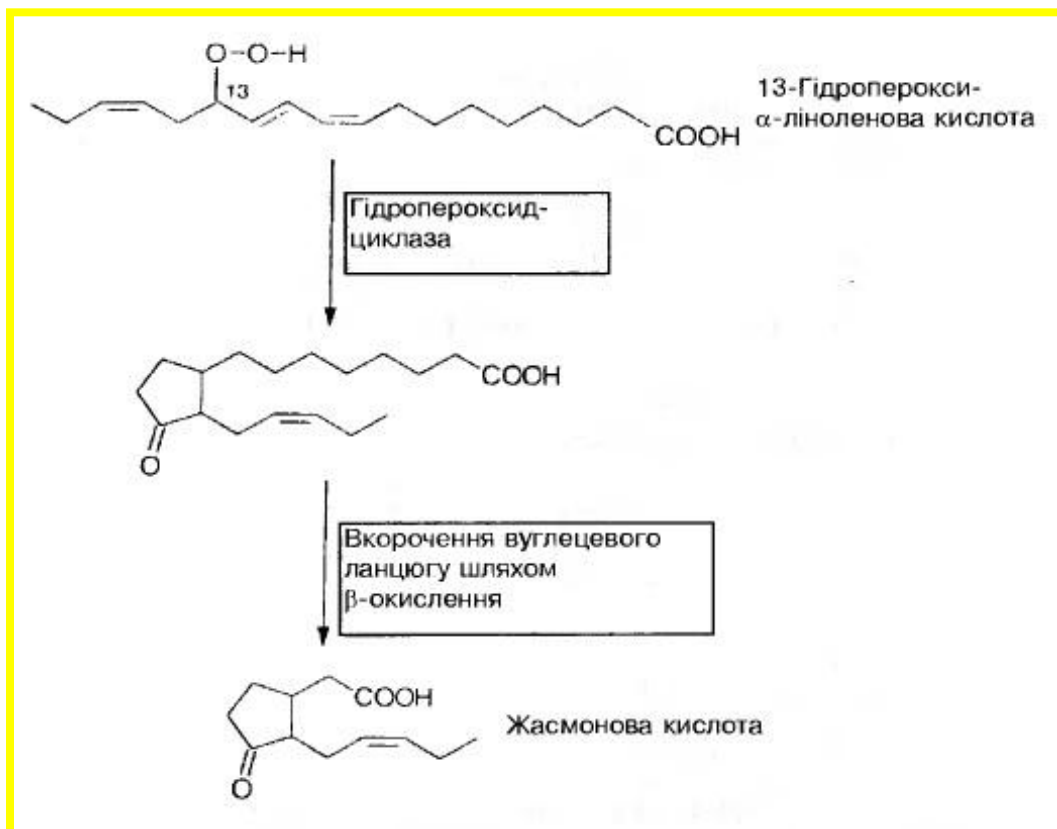
Абсцизова кислота – гормон водного стресу

Спектр фізіологічних ефектів абсцизової кислоти

- Гальмування росту у рослин (зупинка синтезу макромолекул, антагоністична дія по відношенню до гормонів-стимуляторів)
- При водному дефіциті (підсушування, засолення, охолодження) або стресі – запускає механізм швидкого закриття продихів
- Стимулює розвиток стану фізіологічного спокою дерев влітку, стан глибокого спокою насіння, забезпечує стан вимушеного спокою бруньок взимку
- Стимулює синтез в клітинах речовин, що захищають від зневоднення (осмолітики – від втрати вологи, протектори – від денатурації)
- Активує утворення антоціанів
- Забезпечення формуванні та прояв реакції корення на гравітацію
- Регуляція дозрівання і (зокрема, у розових) утворення плодів

Жасмонати (жасмонова кислота та її етери)

– група високомолекулярних цикlopентанових фітогормонів, продуктів метаболізму ліноленової кислоти



Вперше жасмонова кислота (жасмонат) виділена з ефірного масла жасмину великоквіткового, зараз виявлена більш як у 200 родів рослин

- Концентрація жасмонатів кислоти найбільш висока в зонах клітинного ділення, молодих бруньках, квітках, тканинах околоплідника, а також у гіпокотильному гачку бобових рослин

Фізіологічні ефекти дії жасмонатів

Стимулюючі

- Активують взаємодію корневих волосків з частинками ґрунту
- Стимулюють утворення клубенів і цибулин
- Впливають на орієнтацію цитоскелету
- Прискорюють вегетативний ріст і сприяють переходу до стану спокою,
- Посилюють імунну відповідь

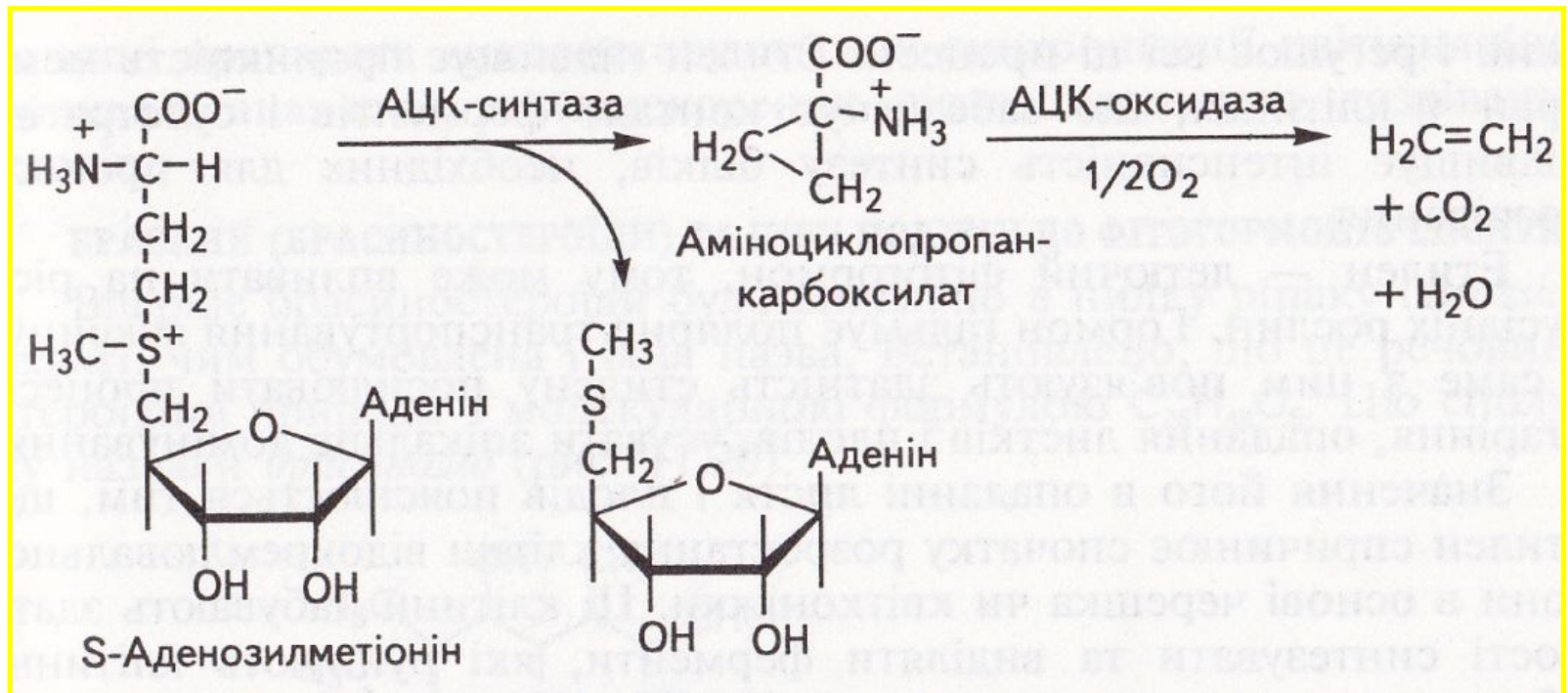
Інгібуючі

- Гальмування ростових процесів (високі концентрації)
- Стимулювання процесів старіння листків та плодів
- інгібування росту паростків
- призупинення проростання пилкових трубок
- блокують утворення калуса
- сприяють закриттю продихів



Етилен (етен) – ненасичений газоподібний вуглеводень C_2H_4 , продукований тканинами рослин, який прискорює процеси дозрівання, старіння та вмирання

Здатність продукувати етилен відзначена у папоротей, мохів, ціанофітів, деяких бактерій та вищих рослин; у останніх до синтезу етилену спроможні всі тканини. Попередником є **метіонін**



Етилен – сигнал механічного стресу

Особливо активно тканини вищих рослин продукують етилен у відповідь на поранення або в умовах стресу



Фізіологічні ефекти дії етилену

- Пусковий механізм адаптивних реакцій на дію низки стресових факторів (гальмування росту стебла, забезпечення заростання травм і пошкоджень, пригнічення апікальних меристем)
- Забезпечення явищ сезонного та локального листопаду, посилення процесів старіння (через гальмування полярного транспорту ауксинів)
- Регуляція процесів формування, дозрівання та опадання плодів
- Прискорює проростання пилку, насіння, бульб
- Спричиняє утворення додаткових коренів на стеблі
- Бере участь у розвитку біотичного стресу

Місця синтезу фітогормонів та напрямки транспортування по рослині

