

Генетична інженерія рослин

Що таке трансгенні рослини?

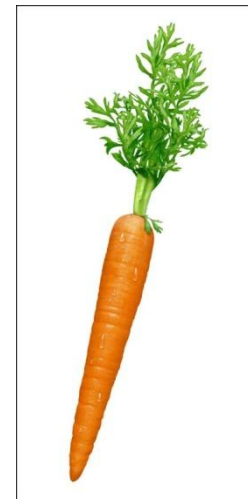
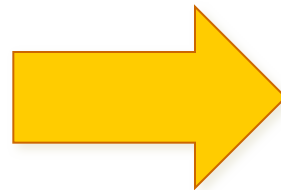
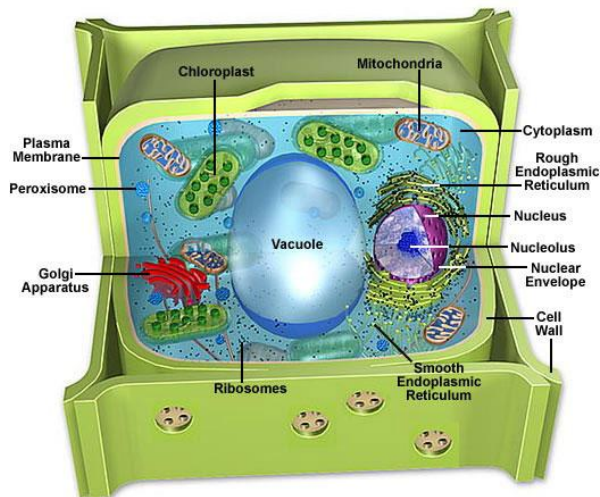
Їсти такі рослини чи не їсти?

Основні напрями біотехнології рослин

1. Отримання біологічно-активних речовин за допомогою культивування клітин та тканин рослин *in vitro*
2. Мікроклональне розмноження і оздоровлення рослин. Створення кріобанків рослинних клітин та тканин
3. Селекція рослин на клітинному рівні - мутагенне оброблення клітин та протопластів, злиття протопластів та отримання гібридних клітин та їх регенерація до стадії дорослих мутантних чи гібридних рослин
4. Отримання трансгенних рослин

Найважливіша методична особливість біотехнології рослин – культивування протопластів, клітин та тканин *in vitro*

- ❑ До клітин вищих рослин, які культивують *in vitro*, можна застосувати техніку роботи та апаратуру експериментів з мікроорганізмами
- ❑ Навіть під час тривалого вирощування *in vitro* клітини зберігають основні генетичні характеристики рослини, з якої їх виділили, деякі особливості диференційованих соматичних клітин, але у більшості випадків вони дедифенціюються
- ❑ Рослинні клітини, що вирощуються *in vitro*, зберігають **ТОТИПОТЕНТНІСТЬ** – здатність перейти до реалізації програми розвитку, у результаті якого з клітини виникає ціла рослина, здатна до нормального росту та розмноження



A) CALLUS CULTURE

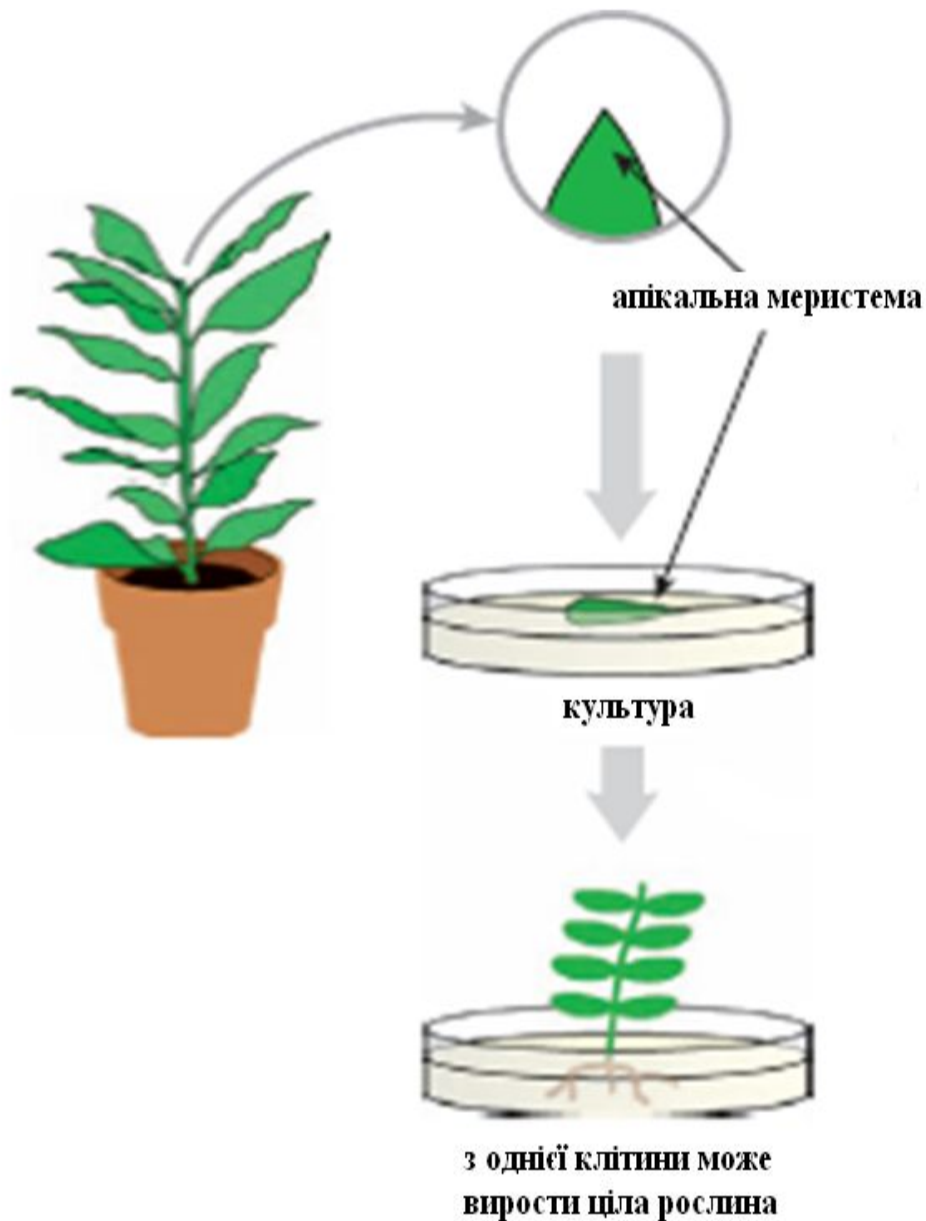


Калюсна культура

B) LIQUID CULTURE



Суспензійна культура
(протопласти,
мікроспори,
макроспори)



**Невеликі зразки
тканин або
окремі клітини
можна
культивувати *in
vitro*. За
відповідних умов
з них регенерує
ціла рослина.**

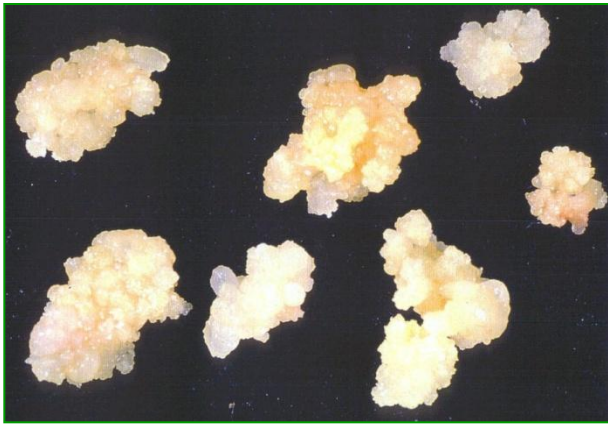
Отримання протопластів рослин



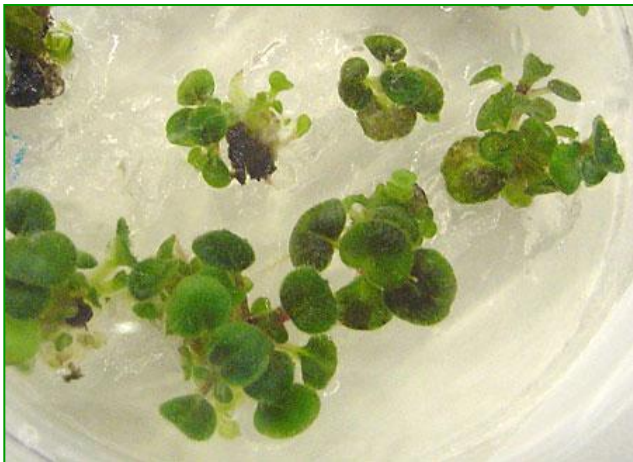
Рослинні протопласти

- ❑ Протопласти виділяють з мезофілу листка, з коренів, корневих бульбочок, плодів, пилкових зерен, які проростають, розщеплюючи клітинні стінки сумішшю целюлази, пектинази та геміцелюлази
- ❑ Суспензії протопластів сіють на регенераційні середовища з осмотичними стабілізаторами
- ❑ Через **2-3 дні** відновлюється нова клітинна стінка
- ❑ Через **3 тижні** утворюються колонії калюсної тканини і починається органогенез
- ❑ Через **4-6 місяців** формується доросла рослина

**Клітинна селекція значно
пришвидшує процес отримання
корисних форм рослин**



Грудки калюсної тканини



**Диференціація калюсної
тканини з утворенням
органів рослин**



**Ріст рослин на
стерильному
поживному
середовищі**

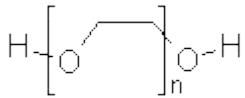


**Вирощування
у ґрунті**

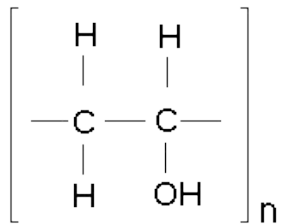
Злиття протопластів



Злиття протопластів



Поліетиленгліколь



Полівініловий спирт

❑ Протопласти рослин можуть зливатися **спонтанно**

❑ Їхнє злиття **індукують певні сполуки** – NaNO_3 , CaCl_2 , поліетиленгліколь, полівініловий спирт

❑ Злиття протопластів **індукують короткими імпульсами електричного струму**. Протопласти поміщають у камеру з перемінним електричним полем (максимальна напруга 200 в/см, частота 0,5 МГц, віддаль між електродами – 0,2 мм). За цих умов на електродах формуються агрегати з 2-3 протопластів і мости між електродами з 5-6 протопластів. Імпульси тривалістю 50 мксек (750 в/см^2) зумовлюють злиття протопластів

❑ Злиття протопластів дає змогу отримати **гібридні соматичні клітини**, з яких формуються **гібридні рослини**

❑ За допомогою цього методу долають обмеження, характерні для статевої гібридизації - отримують **віддалені гібриди** (рослин різних видів, родів) та **асиметричні гібриди** (несуть повний набір хромосом одного партнера і одну, або декілька хромосом іншого, ядро одного партнера і цитоплазму іншого тощо);

❑ створити систему, яка включає одночасне злиття трьох і більше батьківських клітин;

❑ Отримувати рослини, гетерозиготні за позаядерними генами;

❑ Найкраще ці методи опрацьовані для **пасльонових, хрестоцвітих та зонтичних**
Описано спроби злиття рослинних і тваринних клітин. Такі гібриди життєздатні впродовж декількох діб. У деяких випадках спостерігалось злиття ядер та регенерація клітинної стінки.

(лімфоцити людини + протопласти мезофілу листка тютюну;
клітини амфібії + протопласти моркви)

Віддалені соматичні гібриди

- *Arabidopsis thaliana* + *Brassica campestris*
- *Nicotiana chinensis* + *Atropa belladonna*
- *Solanum tuberosus* + *Lycopersicon esculentum*
- *Nicotiana tabacum* + *Daucus carota*
- *Nicotiana tabacum* + *Physalis minimum*
- *Daucus carota* + *Petroselinum hortense*
- *Moricandia arvensis* + *Brassica oleracea*
- *Nicotiana tabacum* + *Solanum tuberosum*
- *Eruca sativa* + *Brassica napus*

Генетичні маркери у біотехнології рослин

Найчастіше як маркерні використовують мутації:

Безхлофільності (*white*)

Ауксотрофності

Резистентності до підвищених концентрацій амінокислот

Резистентності до аналогів азотистих основ

Резистентності до антибіотиків (канаміцину, гентаміцину, G418, гігромаїцину, неоміцину тощо) та гербіцидів (гліфосату, фосфінотрицину)

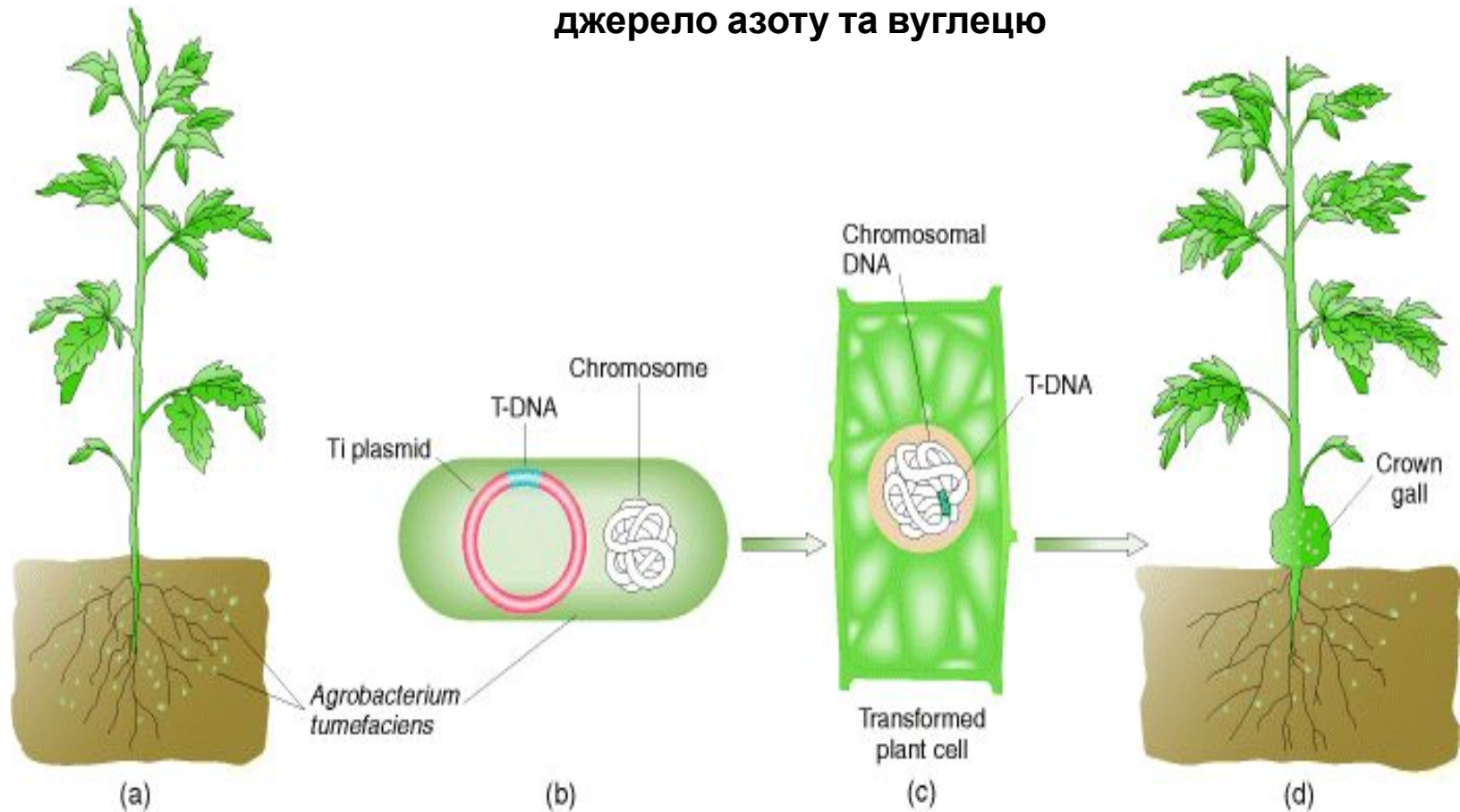
Дефектності за нітратредуктазою

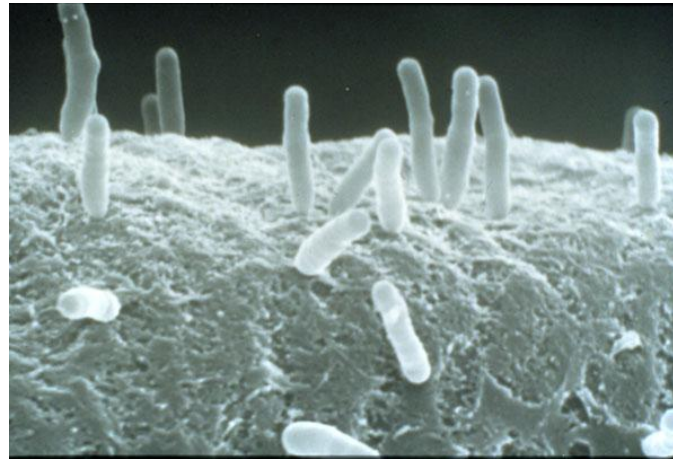
Люциферази



Хлорати (солі хлоратної кислоти HClO_3) можуть бути субстратами нітратредуктази і перетворюватися у токсичні хлорити (солі хлористої кислоти HClO_2). Рослинні клітини, стійкі до хлоратів, можуть бути дефектними за нітратредуктазою та потребують азоту у відновленій формі (амінокислоти, сукцинат амонію)

- ❑ У генетичній інженерії рослин найчастіше використовують вектори, сконструйовані на основі **Ti-плазмід** *Agrobacterium tumefaciens*
- ❑ *A. tumefaciens* – фітопатогенні бактерії, що зумовлюють появу пухлин (корончастих галлів) або “волосатих” коренів у дводольних рослин
 - ❑ Здатність індукувати пухлини зумовлена **Ti-плазмідами**
- ❑ Частина плазміди – **T-ДНК**, яка містить гени, що зумовлюють пухлинний ріст та синтез опінів, переноситься у рослинні клітини та стабільно інтегрується у хромосоми. Бактерія використовує опіни, які синтезує хвора рослина, як джерело азоту та вуглецю





Адгезія агробактерій на тілі рослини

Рослини інфікуються агробактеріями через поранення, які виникають в ділянці кореневої шийки

Пухлини є стерильними – не містять агробактерій

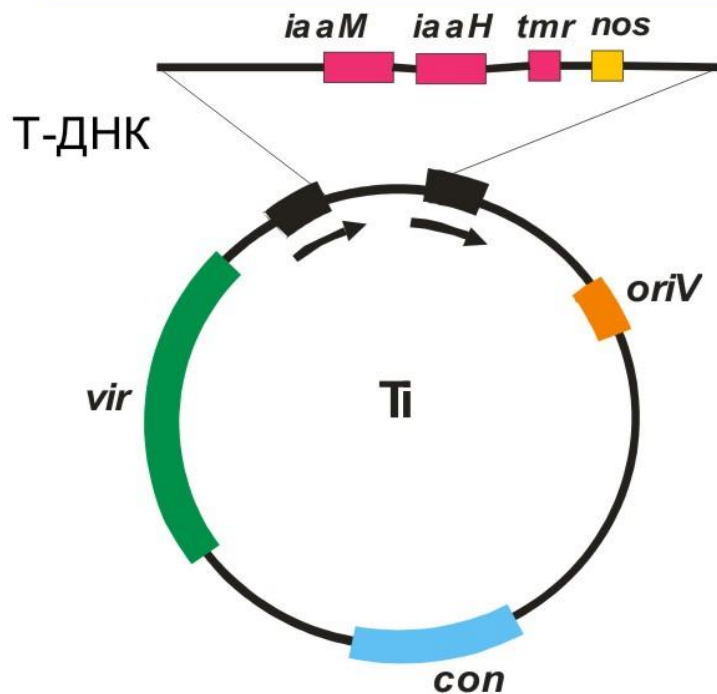
Можлива міграція пухлинних клітин та утворення вторинних пухлин на різних органах рослини



Корончасті гали



Ti – плазмід *Agrobacterium tumefaciens* зумовлюють перенесення T-ДНК у клітини рослин та виникнення пухлин

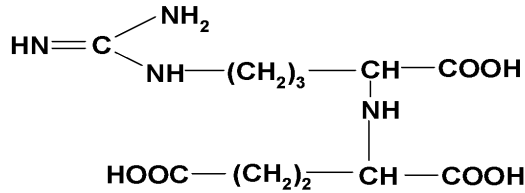
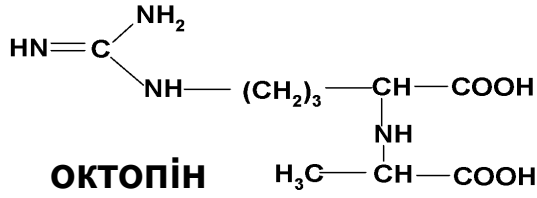


iaaM – ген триптофанмонооксигенази
iaaH - ген індол-3-ацетамідгідролази
tmr – ген ізопентенілтрансферази
nos - ген нопалінсинтази
oriV – оріджин реплікації плазмід

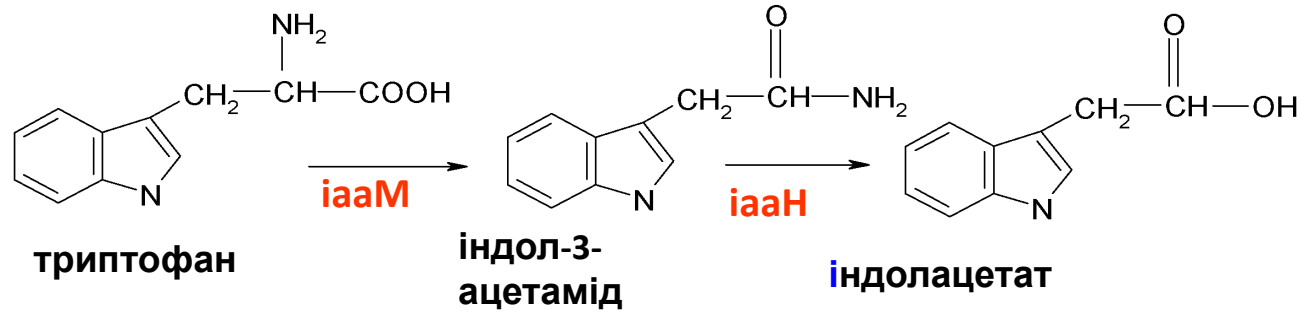
- ❑ Розміри різних типів Ti-плазмід варіюють від 150 до 500 т.п.н.
- ❑ T-ДНК переноситься в рослинну клітину та включається в її геном
- ❑ T-ДНК містить гени синтезу фітогормонів (ауксину та цитокініну) та опінів (нопалінів, октопінів, агропінів), а також екскреції опінів, які бактерії використовують як джерела живлення
- ❑ Перенесення T-ДНК у клітини рослин контролюють гени *vir*, які індуються фенольними сполуками, які виділяються з пошкоджених тканин рослини
- ❑ Кон'югаційне перенесення Ti-плазмід між штамми агробактерій контролюють гени *con* (*tra*)
- ❑ Ti-плазмід містять гени катаболізму опінів

Стрілками позначені прямі повторення послідовностей ДНК (25 п.н.), що оточують T-ДНК (23 т.п.н.)

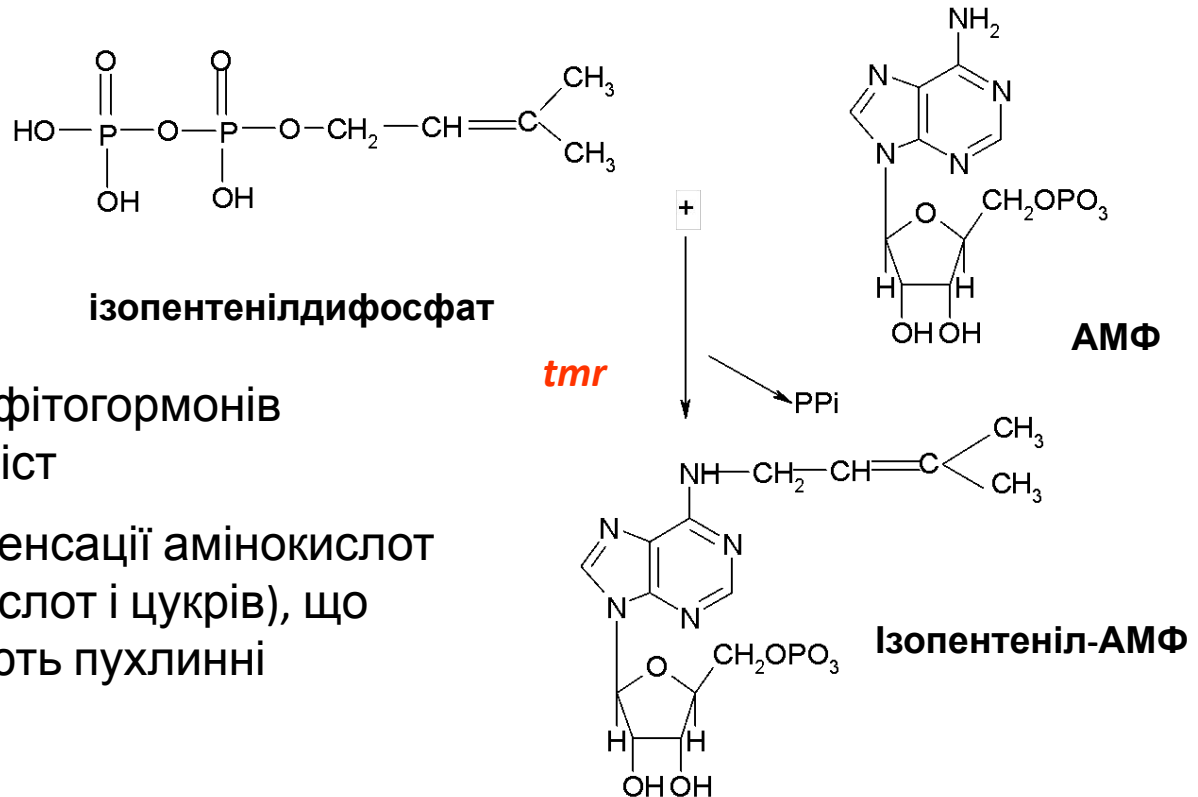
Опіни



Синтез ауксину (індолацетату)

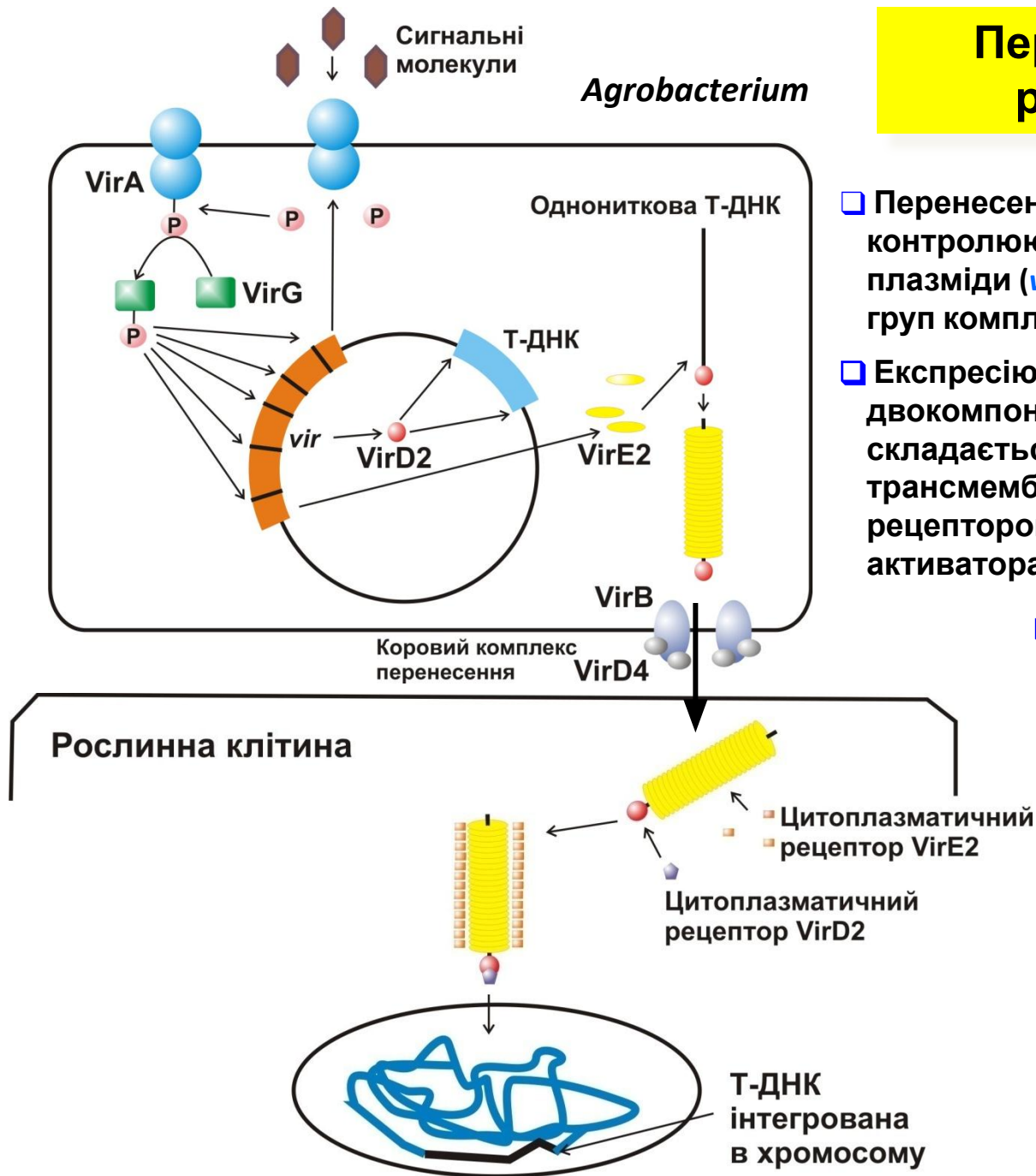


Синтез цитокініну (ізопентеніл-АМФ)



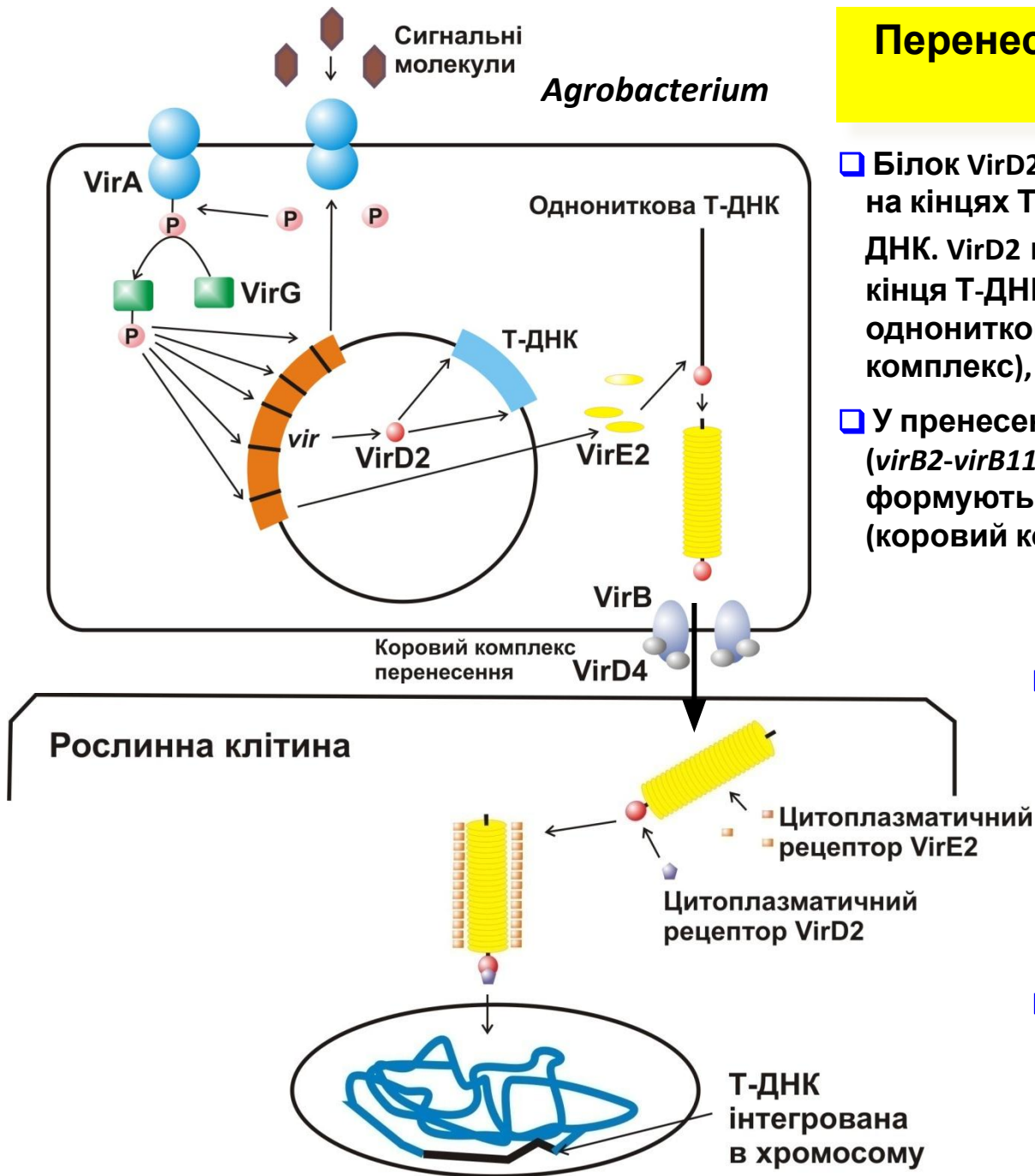
- ❑ Підвищена продукція фітогормонів зумовлює пухлинний ріст
- ❑ Опіни – продукти конденсації амінокислот та кетокислот (амінокислот і цукрів), що продукують і екскретують пухлинні клітини.

Перенесення Т-ДНК в рослинну клітину



- Перенесення Т-ДНК у клітини рослин контролюють гени вірулентності *Ti*-плазмиди (*vir*), які поділені на принаймні 8 груп комплементарії
- Експресію цих генів контролює двокомпонентна система, яка складається з димерного трансмембранного білка *VirA*, який є рецептором сигнальних молекул, та *VirG* - активатора транскрипції *vir*-генів
- Сигнальні молекули виділяють поранені клітини. Ними є фенольні сполуки (ацетосирингон). *VirA* активується внаслідок фосфорилування специфічного залишку гістидину. Потім фосфатний залишок переноситься на залишок аспарагінової кислоти. Фосфорильований *VirG* активує *vir*-гени, взаємодіючи з їхніми промоторами (*vir-box*)

Перенесення Т-ДНК в рослинну клітину



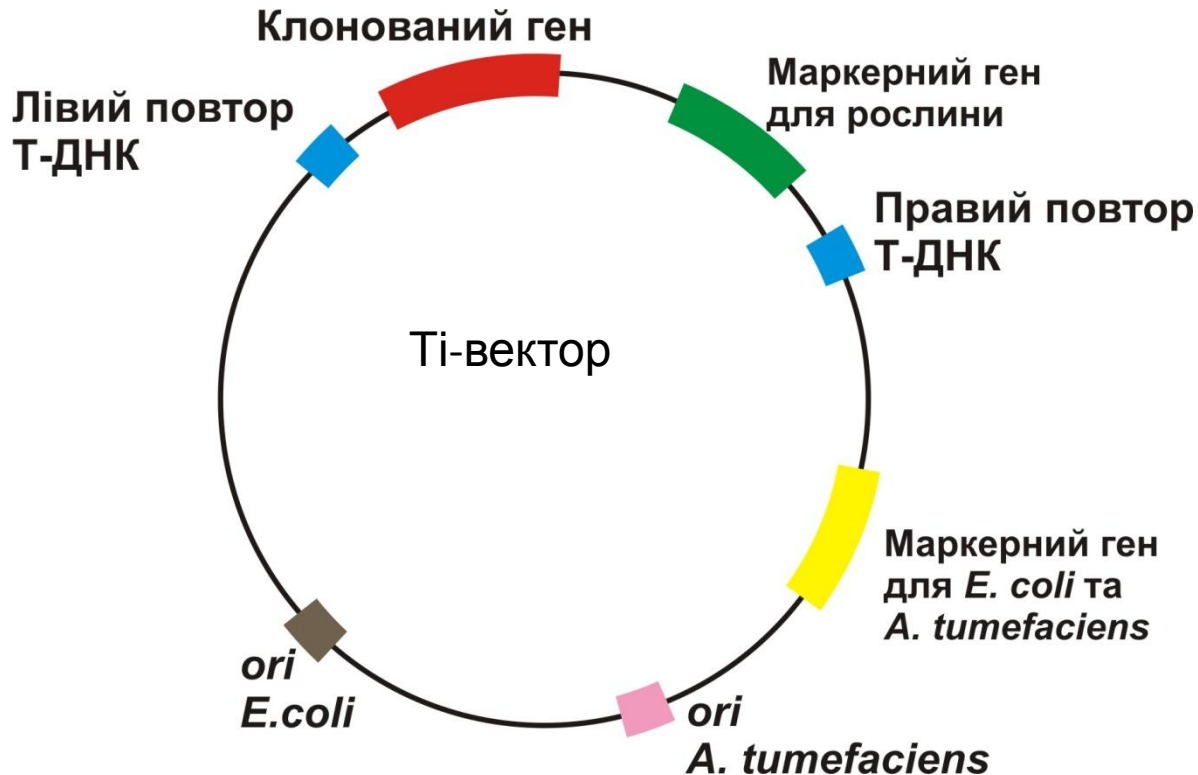
- ❑ Білок VirD2 впізнає повторення нуклеотидів на кінцях Т-ДНК і вирізає один з ланцюгів Т-ДНК. VirD2 ковалентно приєднується до 5'-кінця Т-ДНК. Білок VirE2 вкриває однониткову Т-ДНК (утворюється Т-комплекс), захищаючи її від нуклеаз
- ❑ У пренесенні Т-ДНК задіяні гени *virB*-(*virB2-virB11*) та *virD4*. Їхні продукти формують мультимерний комплекс (коровий комплекс перенесення)

- ❑ У цитоплазмі рослинної клітини Т-комплекс взаємодіє з цитоплазматичними рецепторами. Далі він проникає у ядро, відбувається дисоціація цього комплексу та інтеграція Т-ДНК у випадкові сайти геному клітини
- ❑ Експресія генів Т-ДНК сильно варіює і залежить від її положення у геномі

Вектори на основі Ті-плазмід

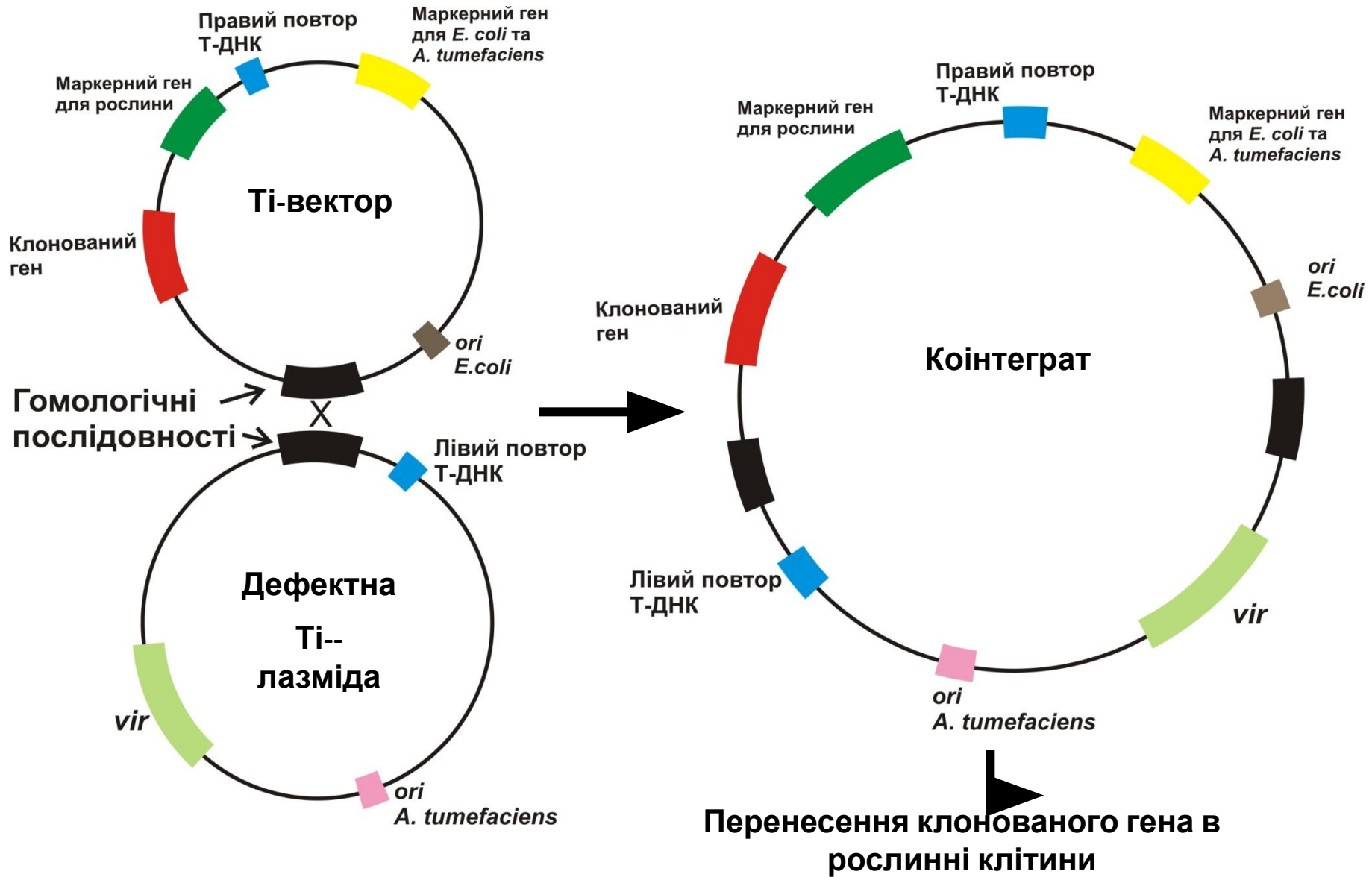
- ❑ Ті-вектори позбавлені генів, що визначають синтез фітогормонів та опінів та генів *vir*
- ❑ Вектори не можуть самостійно переміщатися у рослинні клітини і зумовлювати інтеграцію чужорідних генів у геном рослин
- ❑ Для того, щоб зменшити їхні розміри, з них видалені усі послідовності, несуттєві для виконання функцій вектора
 - ❑ У вектори включено:
 - Ділянки *ori*, що визначають їхню реплікацію в *E. coli*
 - Правий кінцевий повтор Т-ДНК, абсолютно необхідний для інтеграції Т-ДНК в геном рослини (деякі вектори містять обидва повтори)
 - Полілінкер для клонування генів в Т-ДНК
 - Маркерні гени для бактерійних та рослинних клітин. Від маркерів згодом позбавляються, використовуючи систему *Cre-loxP*.

Бінарна векторна система



- ❑ Усі етапи клонування виконують в *E. coli*
- ❑ Потім рекомбінантну ДНК переносять у штам *A. tumefaciens*, який містить дефектну Ті-плазмиду (плазмиду -помічника) з повним набором *vir*-генів, але позбавлену Т-ДНК
- ❑ Гени *vir* плазмиди-помічника зумовлюють *in trans* перенесення Т-ДНК вектора з клонованим геном у рослинні клітини
- ❑ Селекцію клітин, що містять перенесену Т-ДНК, проводять за функцією маркерного гена

Коінтегратна векторна система



Методи перенесення рекомбінантних ДНК у клітини рослин

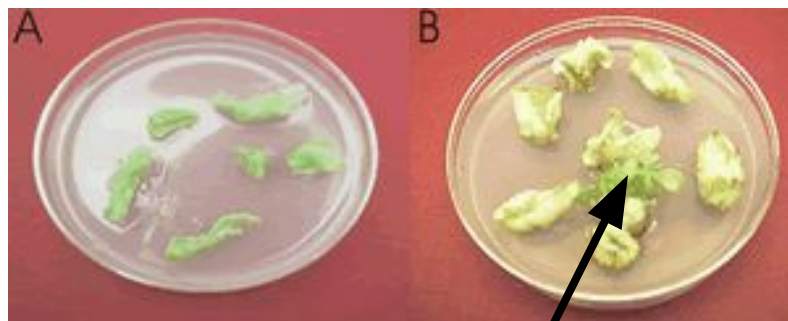
- ❑ Спільна культивуація (кокультивуація) рослинних протопластів, які вирощують вже 3-4 доби (йде регенерація клітинної стінки), з клітинами *A. tumefaciens*, що містять рекомбінантну ДНК. Спільна культивуація триває 30-48 год. Потім протопласти відмивають від бактерій і сіють на свіже середовище з антибіотиком для елімінації бактерій. Через 2-3 тижні мікроколонії переносять на поживне середовище для відбору трансформованих клітин
- ❑ Трансформація протопластів рослин препаратами рекомбінантної ДНК
- ❑ Злиття протопластів рослин зі сферопластами агробактерій, що несуть рекомбінантну ДНК
- ❑ Мікроін'єкції ДНК в протопласти
- ❑ Електропорація. Протопласти поміщають у розчин, що містить рекомбінантну ДНК. Внаслідок дії короткотривалого електричного імпульсу (200-600 В/см) протопласти поглинають екзогенну ДНК
- ❑ Злиття протопластів рослин з ліпосомами (пухирцями з фосфоліпідних мембран), наповненими рекомбінантними ДНК



Пристрій для бомбардування
рослинних клітин

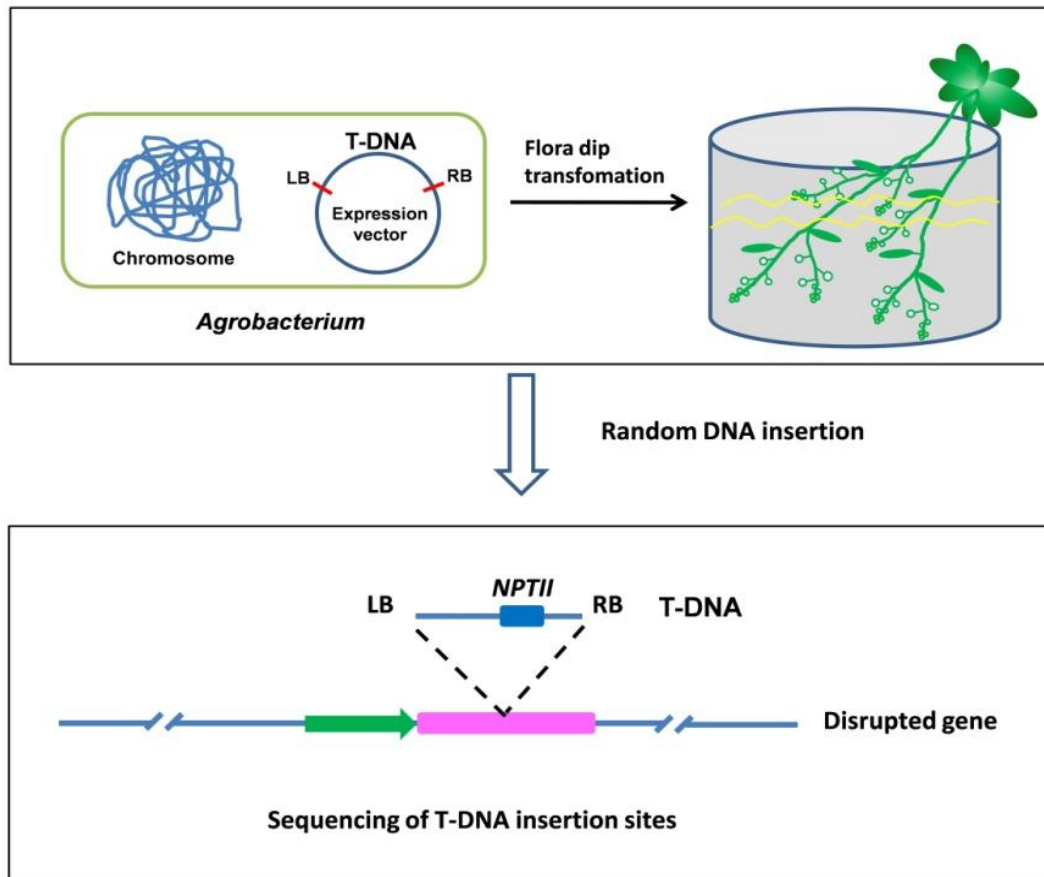


- ❑ Бомбардування
клаптиків рослинних
тканин мікроскопічними
кульками з вольфраму
або золота, на які
попередньо осадили ДНК
(*biolistic transformation*).
Частинки розганяються
під тиском гелію до
швидкості 300-600 м/сек.
- ❑ Клітини, що знаходяться
на “прямій лінії вогню”
гинуть, але кульки
проникають у сусідні
живі клітини
- ❑ Клаптики тканин
поміщають на
селективне середовище
для відбору
трансформантів



Трансгенна рослина

Метод *in planta* (floral dip)



Розроблений на *Arabidopsis*, але використовується і для ін. рослин (пшениця, рис).

- Вирощують рослину, поки не почнуть формуватися квіткові бруньки.
- Бруньки занурюють у розчин, який містить *Agrobacterium* з вектором.
- Перенесення Т-ДНК у бруньки.
- Оскільки бруньки починаються формуватися, то Т-ДНК потрапляє не у всі клітини зав'язі.
- Вирощують рослину і чекають, поки утвориться насіння.
- Насіння збирають, вирощують на селективному середовищі та аналізують на

Напрямки створення трансгенних рослин

- ❑ Отримують трансгенні аналоги вже існуючих сортів, які несуть один або декілька додаткових генів
- ❑ Маніпулюють з генами, задіяними у регулювання росту і розвитку рослин
- ❑ Трансгенні рослини є **моделями для вивчення** будови і функціонування геному рослин, метаболізму, росту, розвитку та екології рослин

❑ Практична мета

- Прискорення темпів селекції корисних рослин
- Підвищення їхньої продуктивності, технологічних та декоративних якостей
- Більш повне використання рослинних ресурсів
- Зниження несприятливого “екологічного тиску” на природу зумовленого масовим застосуванням хімічних сполук у народному господарстві

Створення трансгенних рослин, стійких:

- До ураження комахами
- До гербіцидів
- До вірусних, грибкових та бактерійних захворювань
- До абіотичних стресів (посухи, холоду, засолювання ґрунту тощо)

Створення трансгенних рослин зі:

- Збалансованим амінокислотним складом запасних білків
- Зміненим складом рослинної олії, вуглеводів, вторинних метаболітів
- Зміненими термінами дозрівання та покращеними товарними якістьми
- З покращеними смаковими якістьми
- Змінами забарвлення квіток у декоративних рослин

Створення трансгенних рослин для:

- Для продукування тваринних білків, антитіл, вакцин
- Для очищення ґрунтів від забруднень (фітореMediaції)

Трансгенні рослини, стійкі до ураження комахами



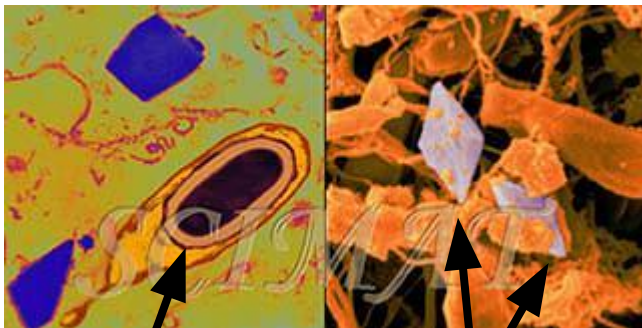
Дві основні стратегії створення рослин, стійких до ураження комахами:

- ❑ Клонування в рослинах гена інсектицидного протоксину Bt з бактерій *Bacillus thuringiensis*. Рослини, що його продукують, не треба обробляти хімічними інсектицидами
- ❑ Клонування в рослинах генів інгібіторів протеаз (амілаз), які обмежують здатність комах перетравлювати їжу

Біологічні інсектициди, на відміну від хімічних, зазвичай високоспецифічні щодо певних видів комах і не загрожують людині та іншим тваринам



Утворення спор *B. thuringiensis*



Спора

Кристали
протоксину

- ❑ Під час споруляції *B. thuringiensis* продукує дельта-ендотоксин, який утворює кристали. Білок токсичний для гусіні багатьох комах
- ❑ Є 4 класи дельта-ендотоксинів, специфічні до різних рядів комах: CRYI – токсичний для *Lepidoptera*; CRYII – *Lepidoptera* та *Diptera*; CRYIII – *Coleoptera* та *Diptera*; CRYIV – *Diptera*;
- ❑ Протоксин, потрапивши у кишківник комахи, розщеплюється до активного токсину, який включається у мембрану епідермальних клітин і формує канал, що призводить до втрати АТФ, різкого погіршення метаболізму і загибелі комах
- ❑ Інсектицидні препарати на основі спор *B. thuringiensis* понад 50 років використовують у рослинництві і доведено їхню нешкідливість для людини та інших тварин

Трансгенні рослини, стійкі до гербіцидів

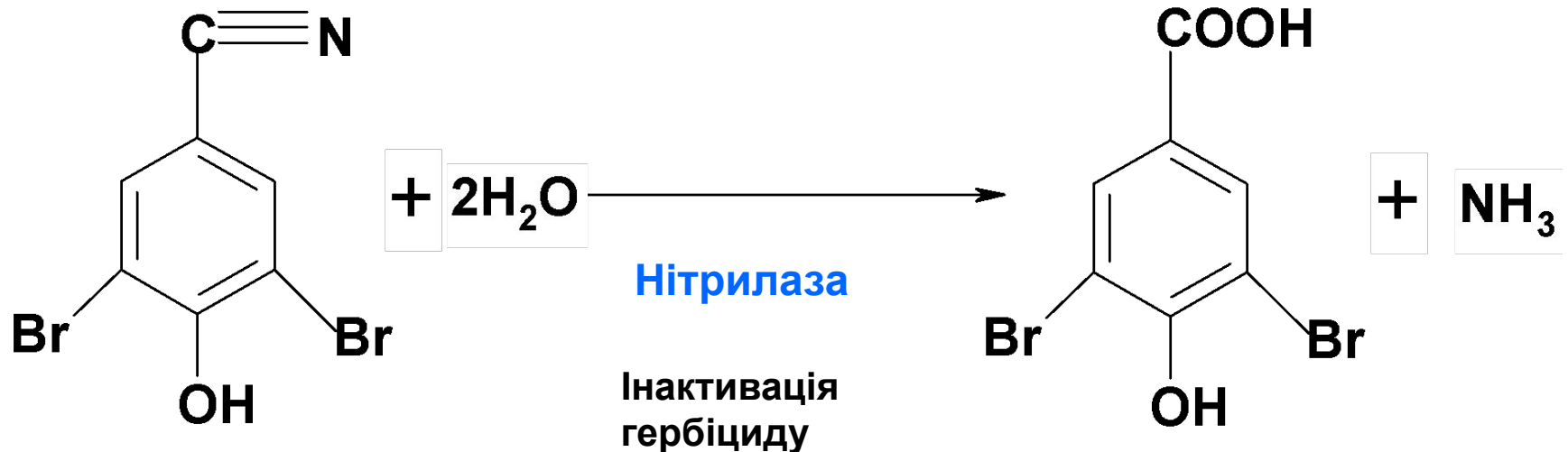
- ❑ Отримання культурних рослин, стійких до гербіцидів, значно полегшує обробіток посівів гербіцидами, дає змогу зменшити загальну дозу гербіцидів, які застосовуються, за рахунок зменшення обсягів передпосівної обробки та дозування гербіцидів у фазі активної вегетації рослин
- ❑ Отримають рослини, стійкі до гербіцидів, які швидко розкладаються у ґрунті

Стратегії створення рослин, стійких до гербіцидів:

- ❑ зменшити поглинання гербіциду рослинами;
- ❑ забезпечити синтез білка, чутливого до гербіциду, в такій кількості, щоби його вистачило на виконання властивих йому функцій за присутності гербіциду;
- ❑ зменшити здатність білка, чутливого до гербіциду, зв'язуватися з ним;
- ❑ забезпечити інактивацію гербіциду в рослині в ході метаболізму.

Трансгенні рослини, стійкі до гербіцидів

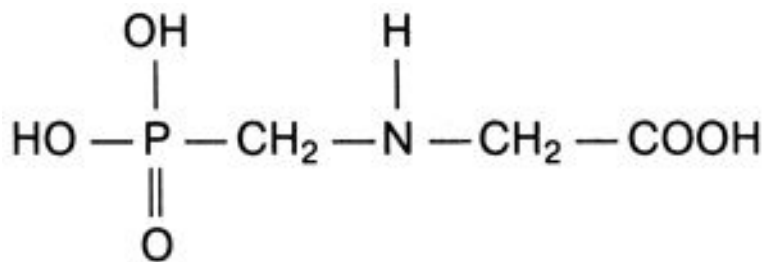
Рослини, стійкі до інгібітора фотосинтезу бромоксинілу отримують, клонуючи бактерійний ген нітрилази. Цей ген клонують під промотор рослинного гена малої субодиниці рибулозодифосфаткарбоксилази, активність якого регулюється світлом



Бромоксиніл (3,5-дибром-4-гідроксибензонітрил)

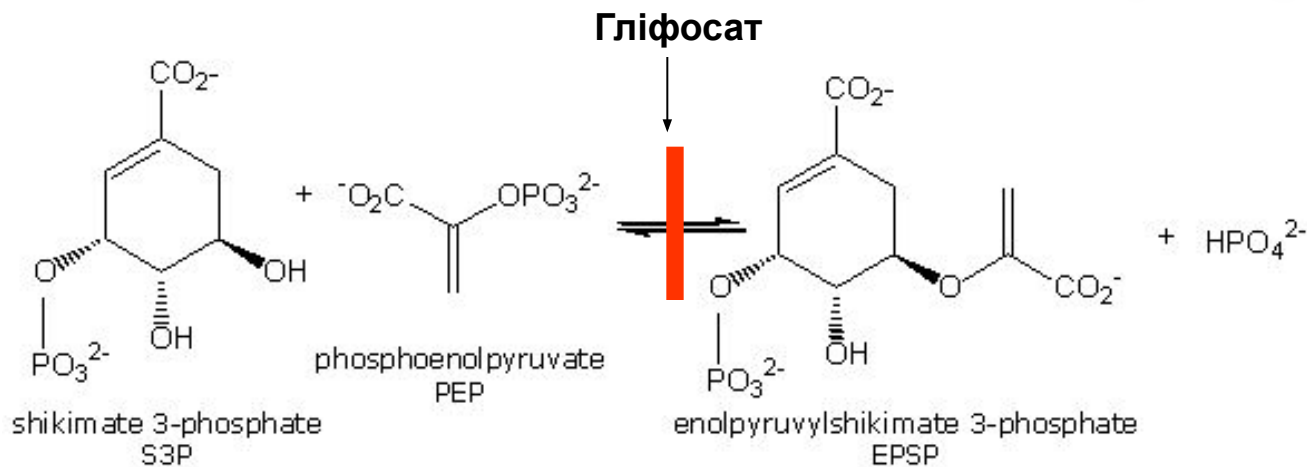
3,5-дибром-4-гідроксибензойна кислота

□ Гліфосат (діюча речовина у широко вживаному гербіцидному препараті Раундап) є інгібітором **5-енолпірувілшикімат-3-фосфатсинтази (EPSPS)**, ключового ферменту синтезу ароматичних амінокислот у рослин та бактерій (тютюн, томат, петунія, картопля, бавовна)

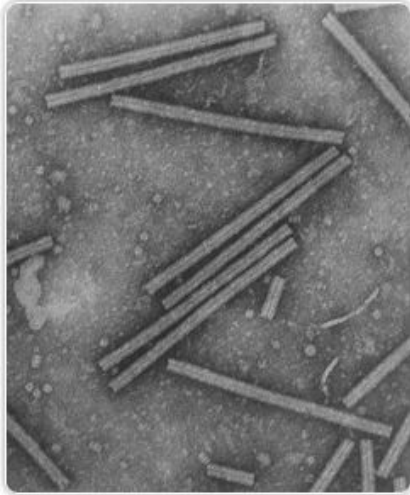


Гліфосат (N-фосонометил-гліцин)

Трансгенні рослини, стійкі до гліфосату, отримують, клонуючи ген EPSPS з резистентного до цього гербіциду мутанта *E. coli*



Створення трансгенних рослин, стійких до інфекцій, викликаних вірусами, бактеріями та грибами



Вірус мозаїки тютюну

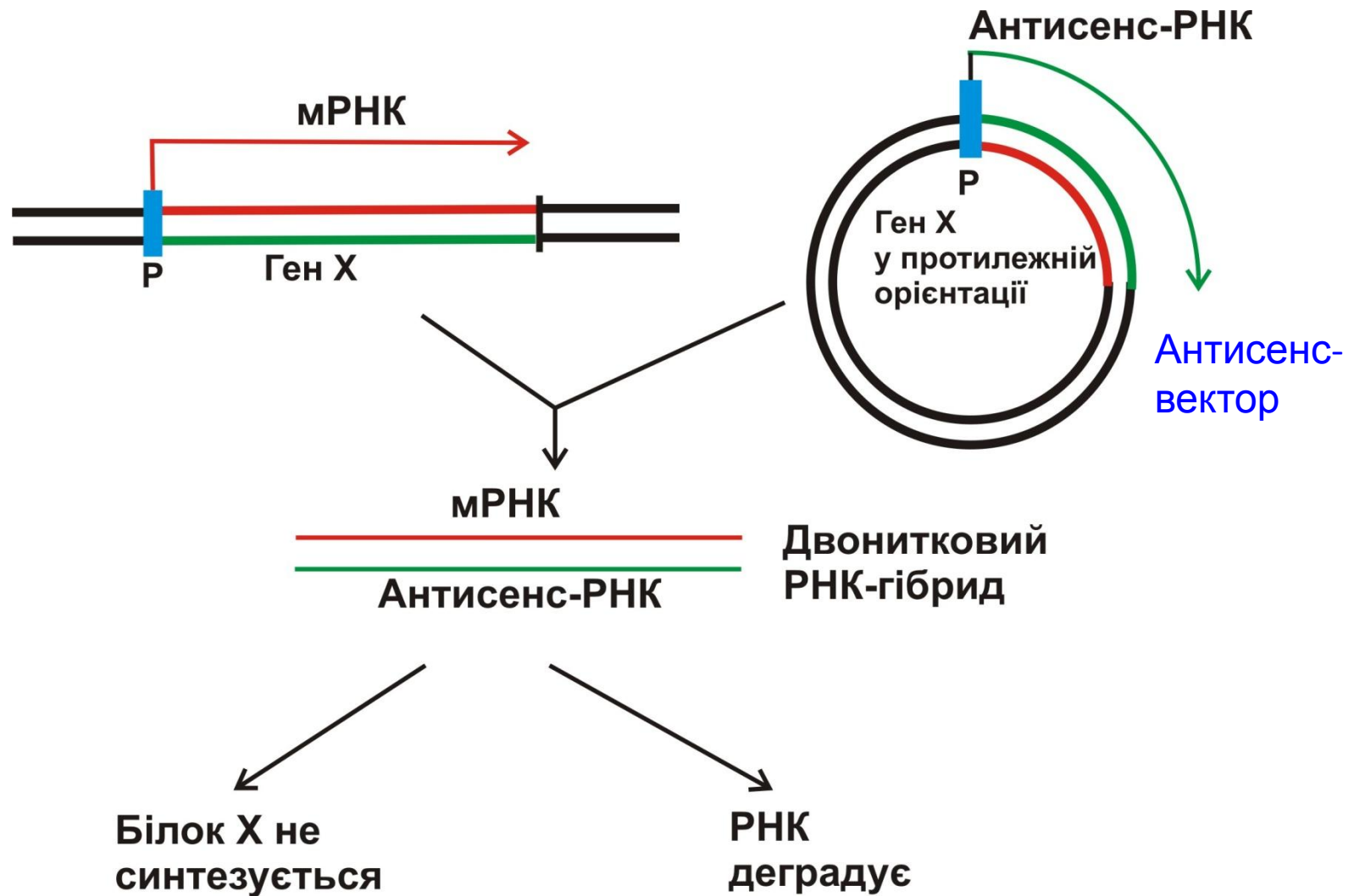
Для створення цих рослин використовують такі підходи

- ❑ Використання антисенс-РНК. кДНК вірусної РНК клонується під промотор так, що у результаті транскрипції утворювалася послідовність РНК (антисенс-РНК), комплементарна вірусній РНК. Після зараження вірусом клітин, які несуть вказану кДНК, утворюються дуплекси між вірусною РНК і антисенс-РНК і реплікація вірусу не відбувається
- ❑ Клонування в геномі клітини генів білків оболонки вірусів (*coat*-білків). Такі білки зв'язують вірусну РНК. Активний синтез таких білків перешкоджає реплікації вірусної ДНК
- ❑ Клонування у геномі генів PR-білків (від англ. *pathogenesis-related proteins*)- хітинази, глюканази, інгібіторів протеїназ, тауматиноподібних білків - збільшують стійкість рослин до грибкових інфекцій



Плоди, вражені вірусом мозаїки томатів

Блокування експресії гена за допомогою антисенс-РНК



Трансгенна картопля



- ❑ До 50% врожаю картоплі втрачається через колорадського жука
- ❑ Отримано трансгенну картоплю, стійку до цього шкідника, за рахунок клонування в клітинах картоплі гена інсектицидного токсину з *B. thuringiensis*
- ❑ Експресія цього гена обмежена у часі, оскільки його клоновано під промотор гена тютюну PR-1a, який індукується лише тоді, коли починається пошкодження рослини шкідниками або патогенами. Ген Vt експресується тільки у наземній частині рослини
- ❑ Проводять конструювання рослин картоплі з покращеною харчовою цінністю - підвищеним вмістом білка

Трансгенний рис



- ❑ Отримують трансгенні сорти рису, що нагромаджують підвищену кількість каротину (**золотий рис**) та заліза (клонують ген білка ферритину, який зв'язує залізо). Це сприяє подоланню дефіциту вітаміну А та заліза в раціоні людей, основою харчування яких є рис



- ❑ Частина людей, наприклад, біля 10% японців, страждають від алергії на запасний білок зернівок рису. Отримують рис, в якому "виключено" ген цього білка. Це дає змогу повернути традиційний продукт у раціон алергетиків

Трансгенна соя

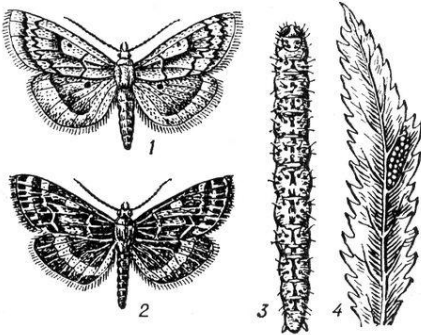


- ❑ Соя – однорічна рослина, що походить зі Східної Азії. Сухе насіння сої містить біля 40% білків та 20% жирів, вітаміни (зокрема, вітамін Е) та мінеральні речовини (залізо, калій).
- ❑ Білок сої унікальний – він містить усі незамінні амінокислоти і засвоюється краще, ніж тваринний білок
- ❑ Продукти з сої все ширше використовують у харчуванні, зокрема, у дитячому та лікувально-профілактичному
- ❑ Мета генно-інженерних маніпуляцій – підвищення врожайності сої. Створено сорти сої, стійкі до гербіцидів та шкідників
- ❑ 80% посівних площ сої у США займають трансгенні сорти

Трансгенна кукурудза



- ❑ Кукурудза – одна з найбільш розповсюджених та продуктивних культурних рослин. Її широко використовують у харчових раціонах людини та кормах для тварин. Має високий вміст тіаміну (150 мг/100г), біотину, аскорбінової кислоти та вітаміну К, марганцю, магнію, заліза
- ❑ Створено трансгенні сорти кукурудзи, стійкі до гербіцидів та пестицидів, а також до шкідників – кукурудзяного метелика та жука-діабротіка
- ❑ Отримують трансгенні сорти кукурудзи з метою зміни складу кукурудзяної олії, крохмалю, підвищення вмісту лізину та триптофану у білках



Кукурудзяний метелик [*Ostrinia nubilalis*] щороку приносить збитків посівам кукурудзи у США на 1 млрд долларів

Трансгенні томати



- ❑ Отримують трансгенні сорти томатів з підвищеним вмістом лікопінів та флавоноїдів - речовин, які знижують ризик виникнення онкологічних та серцево-судинних захворювань

- ❑ Одна із проблем – природний процес старіння плодів, що ускладнює їхнє зберігання та транспортування. Тому помідори зазвичай зривають зеленими і потім обробляють етиленом, який пришвидшує дозрівання, для того, щоб вони набули червоного кольору
- ❑ У клітинах трансгенних сортів пригнічується активність генів, що індукуються під час старіння і кодують **целюлази та галактуронідази (пектинази)**. Саме ці ферменти зумовлюють те, що при зберіганні плоди стають м'якими.
- ❑ Процес старіння плодів трансгенних сортів затримується, вони можуть довше залишатися на стеблі, набувати аромату і не пошкоджуватися під час зберігання і транспортування

Трансгенний ріпак



- ❑ З ріпака отримують цінну олію для харчової та косметичної промисловості, а також для технічних цілей.
- ❑ Ріпакову олію використовують як біодизельне паливо
- ❑ Отримують трансгенний ріпак, стійкий до гербіцидів та ураження комахами, зі зміненим хімічним складом олії (наприклад, такий, що містить ланолінову кислоту)

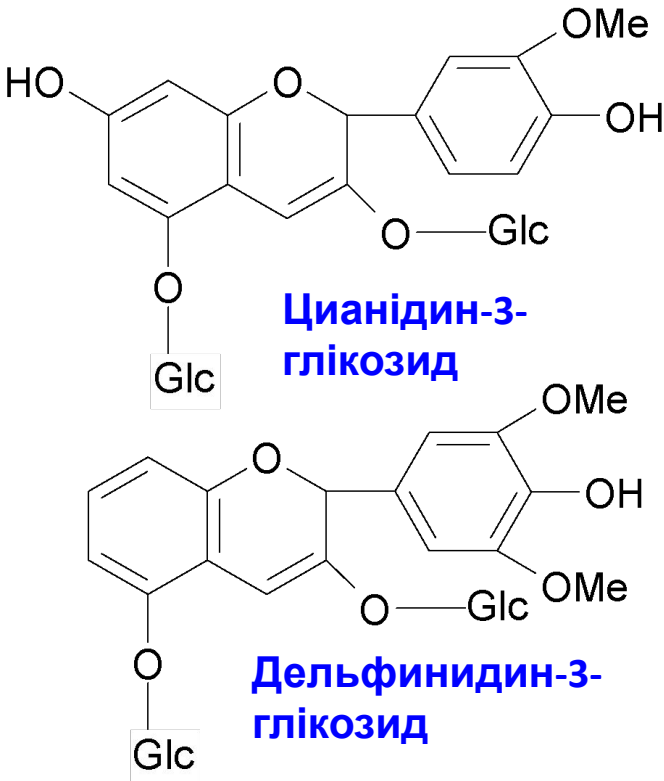
Трансгенна бавовна

Отримано:



- ❑ Трансгенна бавовна стійка до бавовникової совки – головного шкідника цієї культури та стійка до гербіцидів
- ❑ Сорт бавовни з генами кератину, що міститься у кролячому хутрі. Волокно нової бавовни більш м'яке, міцніше і довше на 60%
- ❑ Насіння бавовни містить 22% протеїнів (для порівняння: м'ясо – 19-20%, горіхи – 14-26%, злаки – 13-16%), але не використовується у кормах, оскільки містить токсичний госипол. Отримано трансгенні сорти, в яких ця речовина не нагромаджується

Трансгенні рослини зі зміненою пігментацією квітів



- ❑ Колір квітів визначається похідними цианідину (сполуки переважно червоного кольору) та дельфінідину (переважно синього)
- ❑ Шляхом трансформації рослин петунії генами, які формують антисенс-РНК до мРНК одного або більше генів шляху біосинтезу пігментів, отримано квіти з унікальним забарвленням
- ❑ За допомогою клонування генів синтезу дельфінідину з петуній у клітинах троянд отримано рослини з голубими квітами
- ❑ Клонування гена супероксиддисмутази зумовлює підвищену стійкість рослин до фізіологічного стресу. Збільшення ендogenous вмісту супероксиддисмутази дає змогу довше зберігати зрізані квіти





Аплодисменти

Оцінка можливої небезпеки трансгенних рослин

- ❑ Сорти трансгенних рослин підлягають сортовипробуванню, а продукти, виготовлені з них, відповідному тестуванню на токсичність, алергенність тощо

Під час вивчення трансгенних рослин особливу увагу звертають на такі питання:

- ❑ Чи стане трансгенна рослина бур'яном, або виявиться інвазивною у природних екосистемах
 - ❑ Чи будуть трансгени переноситися від трансгенної рослини до природних родичів і чи матимуть їхні гібридні нащадки властивості бур'янів та (або) інвазивність
 - ❑ Чи шкідливі вони для інших рослин
- ❑ Чи будуть негативно впливати на людину і тварин самі трансгенні рослини або продукти, які виготовлені з них
 - ❑ Чи будуть трансгенні рослини негативно впливати на біорізноманіття екосистем

ЗАКОН УКРАЇНИ

**Про державну систему біобезпеки при створенні,
випробуванні, транспортуванні та використанні
генетично модифікованих організмів**

(Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2007, N 35, ст.484)

- До прийняття цього закону в Україні з 1998 року діяв затверджений урядом “Тимчасовий порядок ввезення, випробування, реєстрації й використання трансгенних сортів рослин в Україні”**

Вы будете есть помидор?

— Да.

— А трансгенный помидор?

— Нет!

— А почему?

**— Потому что в обычном помидоре генов нет,
а в трансгенном есть!**



КАКОЙ АРБУЗ?!
ЭТО КРЫЖОВНИК,
ПРОСТО У НЕГО
ГЕНЫ ХОРОШИЕ!...



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ