



Біологія як основа біотехнології та медицини

53 Одомашнення рослин та тварин



Коли ви знайомилися з різними групами живих організмів, то розглядали їхнє значення для людини. Найбільш важливе значення серед них мали ті види, які були одомашнені людиною. Пригадайте види культурних рослин і домашніх тварин, з якими ви познайомилися, вивчаючи біологію.

Одомашнення рослин

Одомашнення — це процес змін популяцій рослин або тварин, завдяки якому вони стають пристосованими до утримання в неволі й використання їх людиною. Одомашнення відбувається з метою отримання від рослин і тварин продуктів харчування, промислової продукції (шкіра, волокно тощо) або в інших цілях (транспорт, охорона тощо).



Мал. 53.1. Микола Іванович Вавилов (1887–1943)

Одомашнення рослин людиною відбувалося незалежно в різних регіонах нашої планети. Самі регіони, у яких відбувалося одомашнення, мали певні особливості. Крім сприятливих кліматичних умов потрібна була ще наявність певних видів рослин з досить великими плодами й достатня кількість населення та певні соціальні умови для можливості утворення осілих поселень. Тому існувало лише кілька центрів походження рослин. Виявив ці центри видатний учений, генетик і селекціонер М. І. Вавилов (мал. 53.1).

Основні центри походження культурних рослин

Назва центру	Місце розташування	Рослини, які походять із цього центру
Східноазійський	Китай	Просо, соя, мандарин, ліщина, волоський горіх
Індо-малайський	Малайський архіпелаг, Філіппіни, Індокитай	Банан, кокосова пальма, помаранча, чорний перець, рис
Індійський	Індія, Бірма	Баклажан, лимон, манго, гречка, огірок
Середньоазіатський	Частина Пакистану, Афганістан, Таджикистан, Узбекистан	Диня, цибуля городня, часник, конопля
Передньоазіатський	Мала Азія, Закавказзя, Іран, частина Туркменістану	Пшениця, жито, ячмінь, горох, слива, груша, фінікова пальма
Середземноморський	Балкани, Греція, Італія	Оливкове дерево, виноград, гірчиця, капуста, морква, буряк, кріп
Ефіопський	Ефіопія, Судан, Еритрея	Сорго, кава, кавун, кола, кунжут
Центральноамериканський	Центральна Америка, Антильські острови	Кукурудза, какао, батат, соняшник, тютюн
Південноамериканський	Гірські райони Колумбії, Еквадору, Перу, Болівії	Картопля, помідор, арахіс, ананас, гевея

Одомашнення тварин

Процес одомашнення тварин міг відбуватися двома способами. Перший — класичне утворення мутуалістичних взаємовідносин між двома видами. Такі зв'язки часто виникають у природних екосистемах. Другий — цілеспрямоване приручення людиною тварин для одержання від них певних продуктів (м'яса, шерсті тощо).

Першим способом відбувалося одомашнення собак і котів. Сучасні домашні собаки пройшли процес одомашнювання приблизно 10 тисяч років тому на території Азії.

Коти стали домашніми трохи пізніше. Вони зайняли нішу «мисливців на гризунів», коли в Передньоазіатському центрі походження рослин почали створювати запаси зерна. Ці запаси стали об'єктом нападу гризунів і, відповідно, причиною одомашнення котів.

Інші домашні тварини приручалися людиною цілеспрямовано в період від 8 до 2 тисяч років тому. Більшість домашніх тварин було одомашнено на території Євразії в тих самих місцях, де розміщувалися центри походження культурних рослин. Тільки індики, морські свинки і лами були одомашнені в Америці (мал. 53.2, с. 204).

Кінь



Кроль



Корова



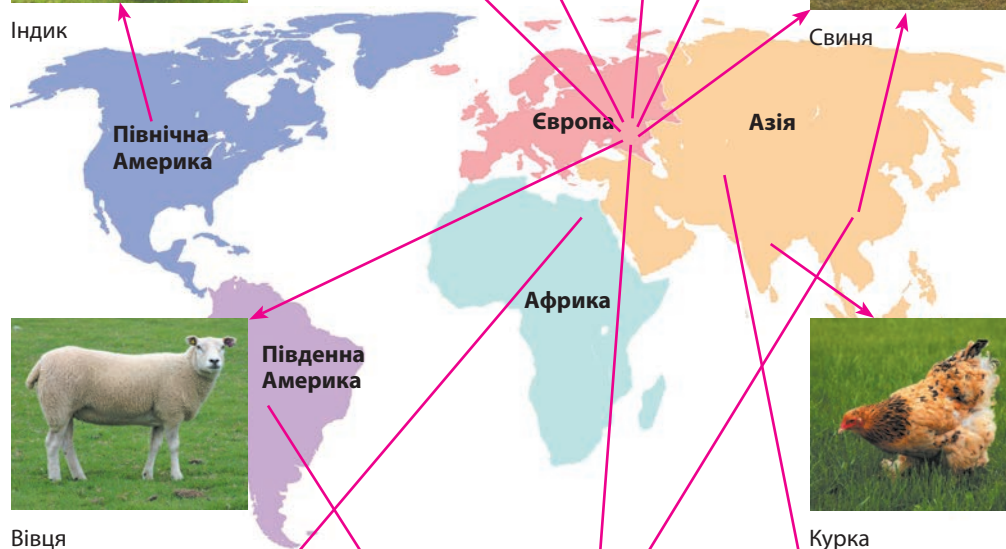
Коза



Індик



Свиня



Вівця



Курка



Кішка



Лама



Собака



Верблюд

Мал. 53.2. Місця одомашнення домашніх тварин

Закономірності одомашнювання

Якщо подивитися на те, де і які тварини одомашнювалися, то можна помітити дивні розбіжності. Так, 10 тисяч років тому в Євразії жило 72 види ссавців з масою тіла більше ніж 30 кг. З них людина одомашнила 13 видів. В Африці в ці часи був 51 такий вид і не було одомашнено жодного з них. В Америці з 24 підходящих видів одомашнили одну-єдину ламу. В Австралії єдиним претендентом був один з видів кенгуру (всі інші були надто маленькими), який так і не став домашнім.

Справа в тому, що для успішного одомашнювання виду він повинен відповідати певним вимогам. Тварини повинні достатньо швидко рости, бути невибагливими до їжі, утворювати в природних умовах групи з певною соціальною структурою (стада або зграї), не проявляти до людини надмірної агресивності тощо. І якщо хоч одна з вимог не виконується, одомашнювання виду виглядає вкрай сумнівним. Так, одомашнення зебр не відбулося саме через надмірну агресивність цих тварин. А одомашнення слонів було не вигідним через надто тривалий період їх вирощування. Хоча приручення диких слонів не складало надто важкої проблеми й успішно здійснювалося як у давнину, так і в сучасному світі.



Рослини і тварини одомашнювалися людиною в період від 10 до 2 тисяч років тому. Існує кілька центрів походження культурних рослин і домашніх тварин.

Найважливіші види культурних рослин були одомашнені на території Євразії, Центральної та Південної Америки. Більша частина домашніх тварин була одомашнена на території Євразії. Для успішності процесу одомашнювання види тварин повинні були відповідати певним вимогам.

54

Поняття про селекцію



Пригадайте закони спадковості, сформульовані Г. Менделем. З якими об'єктами працював Г. Мендель? У яких випадках ознаки живих організмів успадковуються з порушенням законів Г. Менделя?



Першерон (вагозов)



Шотландський поні (споживає менше корму, витривалий)



Ахалтекінська порода (гарні скакові якості)

Мал. 54.1. Породи коней

Селекція

Селекція — це наука про методи створення нових сортів і гібридів рослин, порід тварин і штамів (генетично однакових) мікроорганізмів. Завдяки селекції вдалося отримати велику різноманітність форм одомашнених живих організмів.

Історія селекції починається з процесу одомашнення перших тварин і рослин. Тоді вона була ще стихійною й не мала наукової бази. Сучасна селекція ґрунтується на досягненнях класичної генетики і молекулярної біології.

У процесі селекції живі організми розвивають ознаки, які потрібні людині (мал. 54.1), наприклад, більша врожайність, великий розмір зерна, швидкий ріст, збільшення відкладень жиру під шкірою тощо. Однак досягається це шляхом перерозподілу ресурсів організму, тому одомашнені форми часто мають меншу стійкість до захворювань і несприятливих погодних умов.

Методи селекції

Методи селекції рослин, тварин і мікроорганізмів досить різноманітні. Але використовуються вони з урахуванням особливостей біології кожної з груп. Тому технології селекційних досліджень для цих груп організмів дещо відрізняються. Методи селекції можна

поділити на класичні й методи з використанням молекулярно-біологічних технологій.

Класичні методи селекції організмів

Метод селекції	Сутність методу	Де застосовується
Масовий добір	Відбір багатьох особин з потрібними ознаками без урахування ознак батьків. Найдавніший і найпростіший метод селекції	Переважає в селекції рослин і мікроорганізмів, у селекції тварин дуже рідко через малу кількість нащадків
Індивідуальний добір	Відбір одиничних особин з потрібними ознаками з урахуванням ознак батьків і складанням родоводів (у селекції тварин)	В усіх галузях селекції
Створення чистих ліній	Виведення гомозиготних особин з однаковим генотипом по великій кількості генів	У селекції рослин, тварин і мікроорганізмів
Гібридизація:	Штучне схрещування особин з різними ознаками	
— віддалена гібридизація	Схрещування особин, які є представниками різних видів	Переважає в селекції рослин. У тварин більша частина таких гібридів є неплідною
— споріднене схрещування (інбридинг)	Схрещування особин однієї породи або навіть з однієї родини	У селекції тварин
— неспоріднене схрещування (аутбридинг)	Схрещування особин різних порід	У селекції тварин і рослин



Селекція — це наука про методи створення нових сортів і гібридів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів. Методами селекції є масовий та індивідуальний добір, гібридизація, віддалена гібридизація, споріднені й неспоріднені схрещування.

55 Традиційні та сучасні біотехнології



Пригадайте, як людина використовує домашніх тварин і культурні рослини. Які речі, отримані від цього використання, ви застосовуєте в повсякденному житті? Як людина використовує здатність живих організмів спричиняти процеси бродіння?

Біотехнологія

Біотехнологія — це сукупність промислових методів, які застосовують для виробництва різних речовин із використанням живих організмів, біологічних процесів чи явищ. Сам термін «біотехнологія» з'явився в 70-х роках ХХ століття. Він походить від грецьких слів «біос» — життя, «технос» — мистецтво, майстерність, «логос» — слово, вчення.

Але насправді біотехнологічні принципи людина розробила вже давно. Використання мікроорганізмів для випікання хліба, виготовлення сиру та інших молочних продуктів, виноробства, пивоваріння триває вже не одну тисячу років (мал. 55.1). Просто люди тоді ще не знали, що всі ці процеси здійснюють мікроорганізми.

Біотехнологію умовно поділяють на два розділи — традиційна і сучасна.

Традиційна біотехнологія

Традиційна біотехнологія заснована на явищі ферментації — використанні у виробничих процесах ферментів мікроорганізмів. Саме на цьому явищі ґрунтується виробництво хліба, пива, вина, кисломолочних продуктів, оцту. Продуктами діяльності мікроорганізмів



Мал. 55.1. Продукти, виготовлені методами біотехнології



Хижі комахи



Паразитичні гриби

Мал. 55.2. Біологічні методи захисту рослин

є такі вироби, як кефір, ряжанка, йогурти, кумис. Без процесу ферментації неможливо, наприклад, виготовити сир.

У цій галузі використовують мікроскопічні гриби й бактерії. Це пекарські дріжджі (для виготовлення хліба), аспергіли (для виготовлення сирів), термофільні стрептококи та болгарська молочна паличка (для виготовлення йогуртів та інших кисломолочних продуктів), інші мікроорганізми.

Сучасне використання традиційних біотехнологій

Але традиційні галузі застосування мікроорганізмів наразі розширюються. За допомогою мікроорганізмів отримують низку лікарських препаратів (наприклад, препарати з групи стероїдів). Уся лимонна кислота, яка продається в наших магазинах, вироблена мікроорганізмами. Таким самим способом одержують і натрій глютамат, який є підсилювачем смаку й широко застосовується як харчова добавка.

Живі організми використовують і як засоби боротьби зі шкідниками та хворобами рослин (мал. 55.2). Використання природних збудників захворювань шкідників є набагато безпечнішим, ніж обробка отрутохімікатами. Хоча цей метод має свої недоліки — повільну дію, наприклад.

І ще одна новітня галузь — виробництво ферментів для побутової хімії. Щоразу, коли ви купуєте, скажімо, пральний порошок з ферментами, ви користуєтеся продуктами біотехнології.

Нові напрями біотехнології

Нові методи біотехнології включають такі напрямки, як клітинна та генетична інженерія. Вони почали активно розвиватися із 60-х років XX століття, коли було встановлено роль ДНК у спадковості й розкрито механізми реалізації спадкової інформації.

Клітинна інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології культивування клітин і тканин поза організмом у штучних умовах. Крім того, в рамках клітинної інженерії розробляють і використовують технології гібридизації клітин.

Генетична інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології виділення генів з організмів і окремих клітин, їх видозмінення й введення в інші клітини або організми.

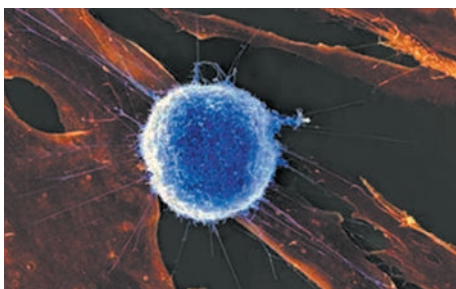
Клітинна інженерія

Існує кілька напрямків практичного використання розроблених у галузі клітинної інженерії технологій.

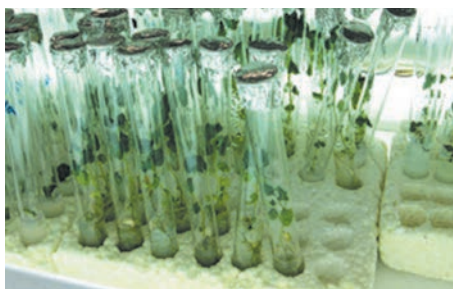
Перспективні напрями використання технологій клітинної інженерії

Напрямок	Сфера застосування
Отримання промисловим шляхом цінних біологічно активних речовин рослинного походження	Фармація, побутова хімія, харчова промисловість
Використання тканинних і клітинних культур для швидкого клонального мікророзмноження та оздоровлення рослини	Сільське та лісове господарство
Отримання гібридом (мал. 55.3) шляхом злиття різних клітин, наприклад, ракової клітини і лімфоцита в одну клітину	Фармація, медицина, біотехнологічна промисловість

Одним з напрямів клітинної інженерії є клонування тварин і рослин. Клонування рослин, наприклад, дозволяє дуже швидко розмножувати найбільш цінні особини рослин, які відрізняються гарною врожайністю, підвищеною стійкістю до хвороб або іншими якостями. Особливо важливо це для вирощування дерев, бо значно підвищує швидкість їх розмноження (мал. 55.4).



Мал. 55.3. Гібридома



Мал. 55.4. Клонування рослин — одна з поширених сучасних біотехнологій

Генетична інженерія

Суть генетичної інженерії полягає в штучному створенні генів з потрібними властивостями і введення їх у відповідну клітину. Перенесення гена здійснює **вектор (рекомбінантна ДНК)** — спеціальна молекула ДНК, сконструйована на основі ДНК вірусів або плазмід, яка містить потрібний ген і здатна транспортувати його до клітини та забезпечити його вбудовування в її генетичний апарат.

Для маркування певних клітин організмів у молекулярно-генетичних дослідженнях використовують ген GFP, виділений з медузи. Він забезпечує синтез флуоресцентного білка, який світиться в темряві (мал. 55.5).

Генетична інженерія широко використовується як у наукових дослідженнях, так і в новітніх методах селекції.



Мал. 55.5. Використання маркування клітин організмів за допомогою гена GFP



Біотехнологія — це сукупність промислових методів, які застосовують для виробництва різних речовин з використанням живих організмів, біологічних процесів чи явищ. Традиційна біотехнологія ґрунтується на явищі ферментації — використанні у виробничих процесах ферментів мікроорганізмів.

Клітинна інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології культивування клітин і тканин поза організмом у штучних умовах. Генетична інженерія — це галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології виділення генів з організмів і окремих клітин, їх видозмінення та введення в інші клітини або організми.

56 Генетично модифіковані організми



Пригадайте, які способи обміну генетичною інформацією характерні для бактерій. У яких структурах клітин зберігається спадкова інформація? Чому бактерії так легко пристосовуються до появи нових антибіотиків? Що таке плазмід?

Що таке генетично модифіковані організми

Генетично модифіковані організми (ГМО) — це організми, генотип яких було змінено за допомогою методів генетичної інженерії з використанням технології рекомбінантних ДНК (мал. 56.1). Інша назва генетично модифікованих організмів — *трансгенні організми*.

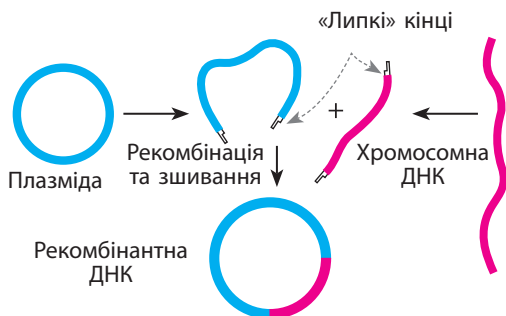
Трансгенні організми можуть мати велике значення для підвищення ефективності сільського господарства та під час досліджень у галузі молекулярної біології. Перші генетично модифіковані організми, одержані за допомогою методів молекулярної біології, з'явилися у світі лише у 80-х роках XX століття.

Генетична модифікація організмів у природі

Але людина не може вважатися першовідкривачем технології рекомбінантних ДНК. Такі процеси є дуже давніми і поширеними серед живих організмів. Віруси уражають усі групи живих організмів та інколи випадково переносять гени від одних видів до інших. Цей

процес має назву **горизонтального перенесення генів**. Він відіграє важливу роль в еволюції.

Першими перенесення генів почали використовувати бактерії. Цей процес у них відомий як **трансдукція** — перенесення бактеріальних генів іншим бактеріям за допомогою бактеріофагів. Трансдукція є одним з основних механізмів обміну генами в прокаріотів. Існує вона не менш ніж три мільярди років.



Мал. 56.1. Схема отримання рекомбінантної ДНК

Історія еукаріотів теж не обійшлася без цієї технології. Походження цитоскелета, без якого неможлива життєдіяльність усіх еукаріотів (у тому числі людини), теж пов'язують з горизонтальним перенесенням генів від бактерій за допомогою вірусів.

Але процес триває й нині. Нещодавні дослідження виявили обмін геном між рисом та просом, і людина не мала до цього жодного стосунку. Також було виявлено перенесення генів від паразитичної бактерії вольбахії до геному її хазяїв — комах і червів. А в однієї з груп коловерток горизонтальне перенесення генів узагалі замінило статевий процес.

В еволюції людини такі перенесення генів також траплялися неодноразово. Докладний аналіз показав, що 1 % геному людини — це гени вірусів. Але в більшості випадків вони є генетичним сміттям, оскільки були знешкоджені системами захисту нашого геному. А деякі з цих «сторонніх» генів стали для нас конче необхідними. Саме гени ретровірусів, убудовані в наш геном, забезпечують роботу плаценти й дозволяють нам (як і іншим ссавцям) виношувати дитину в організмі матері.



Перший трансгенний організм (мишу) було одержано Дж. Гордоном зі співробітниками 1980 року.

На початку 90-х років у Китаї було проведено перше комерційне випробування генетично модифікованих сортів тютюну й томатів, стійких до вірусів.



Генетично модифіковані організми — це організми, генотип яких було змінено за допомогою методів генної інженерії з використанням технології рекомбінантних ДНК.

Процеси, аналогічні технологіям створення генетично модифікованих організмів, часто трапляються в природі та існують уже кілька мільярдів років.

57 Роль генетичної інженерії в сучасних біотехнологіях і медицині



Ви вже знаєте, що таке біотехнології. Як давно люди використовують біотехнології? Які методи відносять до цієї галузі? Яке значення в житті людини відіграють виробництва, що застосовують методи біотехнології?

Порівняння технологій

Дуже цікаво провести порівняння технологій створення ГМО і технологій класичної селекції.

Порівняння класичних і сучасних біотехнологій

Класична селекція	Створення ГМО
Ґрунтується на природному процесі, який використовується людиною	Ґрунтується на природному процесі, який використовується людиною
Використовується не менше як 10 тисяч років (із застосуванням штучного мутагену не менше ніж 80 років)	Використовується понад 30 років
Працює одразу з кількома тисячами генів	Працює з одним геном
Створює організми, які генетично значно відрізняються від природних форм	Створює організми, які генетично значно відрізняються від природних форм
Потребує значного часу для виведення нових форм	Потребує меншого часу для виведення нових форм

Проблеми та перспективи використання технології генетичної інженерії

Питання про перспективу використання генної інженерії під час вирощування сільськогосподарської сировини продовжує спричиняти серйозні суперечки серед дослідників і споживачів. Серед позитивних аргументів — підвищена врожайність, екологічні переваги, захист від шкідників. З іншого боку — непевність частини споживачів у безпечності нових технологій.

Теоретично негативний вплив, наприклад, трансгенних рослин на інші організми можливий через наявність у організмі рослин біологічно активних речовин (інсектициди, фунгіциди та ін.). Вплив

цих речовин може бути прямої або опосередкованої дії через трофічні ланцюги. Однак до сьогодні достовірних експериментальних даних про негативний вплив трансгенних рослин, стійких до шкідників, на нецільові організми не отримано. Також за 30 років досліджень не було виявлено достовірних експериментальних даних щодо негативного впливу ГМО на тих, хто споживав їх у їжу.

У Європі модифіковані рослини сої та кукурудзи для виготовлення харчових продуктів дозволено з 1997 року, а харчові ферменти, добавки, одержані в результаті генної інженерії, використовують понад двадцять років. Слід відмітити, що ГМО-продукти є дешевшими, ніж продукти звичайної селекції, і можуть містити корисні для людей сполуки. Так, генетично модифікований сорт рису (золотий рис) містить значну кількість бета-каротину (мал. 57.1).



Мал. 57.1. Золотий рис (генетично модифікований сорт, який містить багато бета-каротину) порівняно зі звичайним рисом

Застосування в наукових дослідженнях

Генетична інженерія надзвичайно широко використовується в сучасній біології та медицині. Вона стала одним з головних інструментів як науки, так і виробництва. У наукових дослідженнях генетична інженерія дозволяє цілеспрямовано «вимикати» потрібні гени. Це допомагає досліджувати їхні функції. Також можна вводити в організм ген, якого він не мав раніше, і попередньо тестувати наслідки застосування нових технологій.

Важливі результати з допомогою цієї методики можна отримати в галузі аналізу шляхів реалізації генетичної інформації. Більшість генів еукаріотів можуть синтезувати кілька варіантів білків, і розібратися в роботі цього механізму можна тільки за допомогою генетичної інженерії.

Виробництво лікарських препаратів

Без генетично модифікованих організмів, які виробляють лікарські препарати, наразі важко уявити сучасну медицину. Деякі препарати просто неможливо отримати іншим способом. Використовують такі ліки вже досить давно. З 1982 року розпочалося масове застосування інсуліну, виробленого генетично модифікованою бактерією. Ген людського інсуліну згадуваний бактерії дістався штучно. До цього в лікуванні діабету використовували інсулін свиней, який часто спричиняв ускладнення й алергічні реакції.

Крім інсуліну, за допомогою генетично модифікованих організмів виробляють гормон росту, інтерферон, препарати для лікування інфаркту міокарда, препарати для лікування муковісцидозу, низки форм раку та інших захворювань.

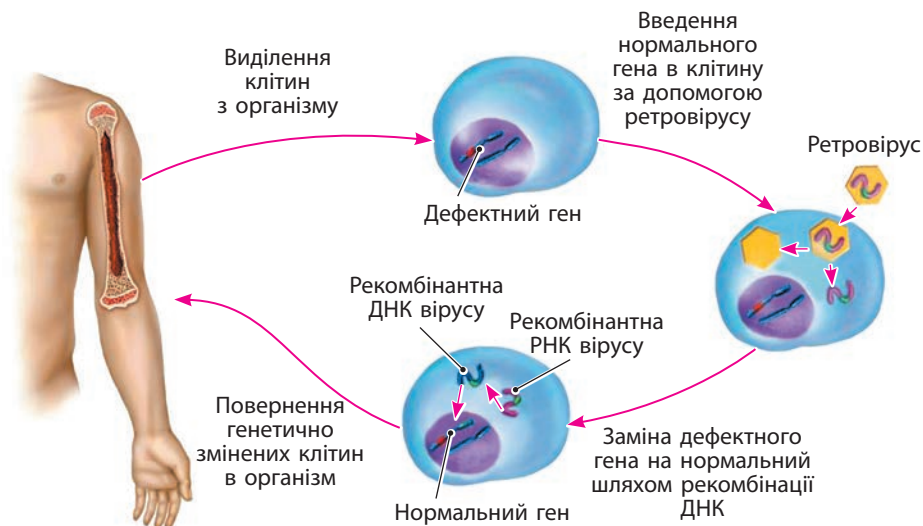
Діагностика захворювань

Активно використовують технології генетичної інженерії для діагностики захворювань. Діагностувати таким чином можна інфекційні, спадкові захворювання, а також різні форми раку.

Ця діагностика ґрунтується на розпізнаванні специфічних ділянок нуклеїнових кислот — ДНК або РНК. Такий метод має дуже велику чутливість і високу надійність.

Генна терапія

Генна терапія — це сукупність технологій, яка забезпечує внесення змін у генетичний апарат соматичних клітин людини. Головне її призначення — лікування спадкових захворювань. Основна ідея — замінити дефектний ген у клітинах на нормальний. Для цього з організму спочатку виділяють клітини, вводять у них здоровий ген і поміщають клітини назад (мал. 57.2). Таку терапію проводять, наприклад, для гена тимідинкінази у людей з тяжкою формою імунodefіциту.



Мал. 57.2. Схема генної терапії

Генна терапія вже має приклади успішного застосування, але поки що всі ці дослідження проводять як експериментальні. Адже технологія є складною й потребує докладного вивчення можливих ризиків і негативних наслідків.

Використання в сільському господарстві

У сільському господарстві генетично модифіковані рослини в комерційних масштабах використовують з 1994 року. Основний напрям використання — отримання рослин з підвищеною стійкістю до захворювань, шкідників або природних умов. Важливим напрямом є також отримання плодів з покращеною здатністю до зберігання. А найбільш перспективним напрямом використання у тваринництві є отримання молока від генно модифікованих тварин. Це молоко може містити дорогі або рідкісні білки, які застосовують у медицині, але які неможливо виробити за допомогою бактерій.



Першу успішну генну терапію для людини було проведено 14 вересня 1990 року. Із цього ж року почав виходити журнал «Генна терапія людини».



Найбільш перспективними напрямками використання генетичної інженерії в сучасній біотехнології й медицині є виробництво лікарських препаратів, генна терапія, діагностика захворювань і виробництво сільськогосподарської продукції. Трансгенні організми можуть мати велике значення для підвищення ефективності сільського господарства та під час досліджень у галузі молекулярної біології. За 30 років досліджень не було отримано достовірних даних щодо негативного впливу ГМО на людину та інші види живих організмів.

Узагальнюючі завдання до теми «Біологія як основа біотехнології та медицини»

У завданнях 1–12 оберіть одну правильну відповідь.

- 1 Центри походження культурних рослин виявив:
а) М. Вавілов б) Ч. Дарвін в) Г. Мендель г) Т. Морган
- 2 Центром походження рису є:
а) Середземноморський в) Центральноамериканський
б) Ефіопський г) Індо-малайський
- 3 Центром походження картоплі є:
а) Індійський в) Центральноамериканський
б) Південноамериканський г) Середньоазіатський
- 4 В Америці було одомашнено:
а) вівцю б) коня в) індика г) курку
- 5 Раніше за інших тварин було одомашнено:
а) кішку б) собаку в) коня г) верблюда
- 6 За допомогою мікроорганізмів виробляють:
а) молоко в) каву
б) сало г) хліб
- 7 Методи створення нових сортів рослин розробляє наука:
а) біотехнологія в) генетика
б) селекція г) цитологія
- 8 Сукупність промислових методів, які застосовують для виробництва різних речовин з використанням живих організмів, біологічних процесів чи явищ, — це:
а) штучний добір в) селекція
б) молекулярна біологія г) біотехнологія
- 9 Галузь біотехнології, яка розробляє й використовує технології культивування клітин і тканин поза організмом у штучних умовах, — це:
а) генетична інженерія в) клітинна інженерія
б) селекція г) генна терапія

10 Генетично модифіковані організми — це організми, генотип яких було змінено за допомогою методів:

- а) радіаційного мутагенезу в) клітинної інженерії
б) генетичної інженерії г) класичної селекції

11 Процес змін популяцій рослин або тварин, завдяки якому вони стають пристосованими до утримання в неволі й використання їх людиною, — це:

- а) конвергенція в) генна терапія
б) природний добір г) одомашнення

12 Спеціальна молекула ДНК, сконструйована на основі ДНК вірусів або плазмід, яка містить потрібний ген, здатна транспортувати його в клітину й забезпечити його вбудовування в її генетичний апарат, — це:

- а) оперон б) ген в) вектор г) екзон

13 Напишіть назви центрів походження рослин, у яких було одомашнено перелічені види.

Сорго, кава, кавун, кола, кунжут	Кукурудза, какао, батат, соняшник, тютюн	Пшениця, жито, ячмінь, горох, слива, груша, фінікова пальма	Баклажан, лимон, манго, гречка, огірок
а)	б)	в)	г)

14 Установіть відповідність між процесами та технологіями, до яких вони належать.

Процеси

- 1 генна терапія
- 2 виробництво сиру
- 3 виробництво кефіру
- 4 одержання ГМО
- 5 одержання гібридом
- 6 виробництво хліба

Технології

- а) технології одержання рекомбінантних ДНК
- б) технології клітинної інженерії
- в) технології з використанням процесів бродіння

15 Порівняйте класичну селекцію і технології з використанням рекомбінантної ДНК.

16 Поясніть, які перспективи має використання ГМО в медицині.

