

М. В. РОЇК, А. А. КОРЧИНСЬКИЙ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОРГАНІЧНА ЕВОЛЮЦІЯ ОРГАНІЗМІВ: ІСТОРИЧНИЙ АСПЕКТ

НАУКОВИЙ НАРИС

The bottom of the cover features several decorative, wavy, light green lines that sweep across the width of the page, creating a sense of movement and organic form.

М. В. Роїк, А. А. Корчинський

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА
ОРГАНІЧНА ЕВОЛЮЦІЯ ОРГАНІЗМІВ:
*ІСТОРИЧНИЙ АСПЕКТ***

Науковий нарис

Київ • 2025

УДК 631.527:575.22:57.086.2
<https://doi.org/10.47414/978-617-8706-00-5>

*Рекомендовано до опублікування та поширення через мережу Інтернет
ученою радою Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
(протокол № 10 від 16.06.2025)*

Рецензент:

М. О. Корнєєва, канд. біол. наук, с. н. с.,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

Роїк М. В., Корчинський А. А.

Експериментальна органічна еволюція організмів: історичний аспект : науковий нарис / НААН України, Ін-т біоенергет. культ. і цукр. буряків. Електрон. вид. Київ : ІБКІЦБ НААН, 2025. 46 с.

ISBN 978-617-8706-00-5 (PDF)

Досліджено феномен доместикації як ключового етапу взаємодії людини з рослинами і тваринами, що передбачає перехід від природного до штучного добору, біологічну ізоляцію та контроль розмноження. Розглянуто генетичні, морфологічні, біохімічні та поведінкові зміни, що супроводжують одомашнення, а також вплив нейроендокринних систем. Описано історію і розвиток селекції — від первісного окультурення до сучасних методів генної інженерії, клітинної біотехнології та гетерозису, що підвищують продуктивність і стійкість сільськогосподарських культур і порід. Представлено роль мутаційної мінливості та методів індукції мутацій у створенні нових сортів і порід. Висвітлено внесок народної селекції та сучасних наукових досягнень, зокрема в Україні, у формування світового генетичного різноманіття

Видання стане корисним для біологів, генетиків, агрономів і всіх, хто цікавиться походженням та розвитком культурних рослин і свійських тварин у контексті експериментальної органічної еволюції.

УДК 631.527:575.22:57.086.2
<https://doi.org/10.47414/978-617-8706-00-5>



Цей твір опубліковано на умовах відкритого доступу за ліцензією
CC BY-NC-SA 4.0 ([Creative Commons «Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/))

ISBN 978-617-8706-00-5 (PDF)

© М. В. Роїк, А. А. Корчинський, 2025
© Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ДОМЕСТИКАЦІЯ	5
1.1. Окультурення рослин	6
1.2. Одомашнення тварин та їхні доместикаційні зміни	8
2. КЛАСИЧНА НАРОДНА СЕЛЕКЦІЯ	11
3. НОВІТНЯ НАУКОВА СЕЛЕКЦІЯ	16
3.1. Основні дослідження і гетерозисна селекція	16
3.2. Мутаційна мінливість та її використання в селекції рослин	23
3.3. Селекція тварин	25
4. БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЕТАП У РОЗВИТКУ СЕЛЕКЦІЇ	28
4.1. Клітинна інженерія	28
4.1.1. Методи клітинної селекції	29
4.2. Експериментальна гаплоїдія і поліплоїдія в селекційному процесі	31
4.3. Генна інженерія (ДНК-технологія)	34
4.3.1. Трансгенні рослини	35
4.3.2. Трансгенні тварини	39
ВИСНОВКИ	41
БІБЛІОГРАФІЯ	44

ВСТУП

Ще на зорі своєї практичної діяльності з одержання продуктів харчування людство почало використовувати деякі види рослин і тварин як засоби виробництва. Перехід від використання дарів адаптивної живої природи, кількість і якість яких цілком залежали від «біосферної технології», до контролюваного людиною виробництва зумовив необхідність пошуку та створення нових засобів виробництва — сортів і порід. Саме це поклало початок еволюції культурних рослин і свійських тварин.

Від перших, відносно нескладних етапів domestикації окремих видів до сучасних досягнень клітинної і генетичної інженерії пройдено історичну дистанцію у понад десять тисяч років — шлях пізнання й розкриття таємниць адаптивної живої природи через експериментальну еволюцію організмів. Це справжній творчий прорив, що дістав назву *експериментальна органічна еволюція організмів*.

Отже, на планеті Земля здійснюється два взаємопов'язані еволюційні процеси: сталий природний розвиток органічного світу та динамічний експериментальний розвиток окремих організмів, спрямований людиною.

Метою цієї роботи є подання історичного та системного аналізу експериментальної еволюції, а також докладнішого методичного розгляду її основних етапів розвитку. На цій основі сформульовано ключові еволюційні висновки.



1. ДОМЕСТИКАЦІЯ

Доместикація — це перший етап контрольованого процесу перетворення диких рослин і тварин шляхом добору, вирощування / утримання та розмноження / розведення у створених людиною штучних умовах. Це процес біологічної ізоляції, який призвів до монокультури рослин і осілого способу існування свійських тварин. Доместикацію також можна визначити як інтенсифікацію контролю людиною над процесами відтворення живих організмів. З генетичного погляду вона є формою штучно контрольованої адаптації організмів до нових умов існування.

У науковій термінології процес доместикації щодо рослин іноді уточнюють як «культурування» або «введення в культуру», а щодо тварин — як «одомашнення».

Протягом тисячоліть доместикація супроводжувалась поступовими змінами генетичної структури організмів, що виявлялись у виникненні й розвитку нових біохімічних, фізіологічних і морфологічних ознак. У тварин цей процес також включав зміну поведінкових характеристик, що фіксувались завдяки штучному добору. З огляду на це, доместикацію можна розглядати як заміну природного добору цілеспрямованим штучним.

На фенотиповому рівні у процесі доместикації часто спостерігається деяка однотипність змін, особливо у тварин. Це зумовлено залученням до процесу переважно певних фізіологічних систем організму, які визначають формування нових ознак. Однією з характерних відмітностей між природним та штучним добром є різка зміна як внутрішньої, так і міжвидової конкуренції.

У тварин передусім змінюються поведінкові реакції, що є основою доместикаційного процесу. На ранніх етапах у доборі відіграє ключову роль нейроендокринна система, яка зазнає змін: руйнуються попередні кореляційні зв'язки, а натомість формуються нові, що призводить до появи нових фенотипових ознак.

Зміна взаємозв'язків між ознаками може призвести до прояву раніше прихованої генетичної мінливості. У її основі лежить зміна активності деяких ланок стабільного метаболічного профілю організму.

Цей механізм також може пояснювати залучення біохімічних маркерів у добір за фенотипом у процесах формоутворення. Підтвердженням цієї гіпотези є дані про відмінності між дикими й одомашненими видами за рівнем мінливості деяких функціональних груп білків. Наприклад, якщо порівнювати внесок у загальну генетичну мінливість між природними й домашніми видами за поліморфізмом ферментів, пов'язаних із внутрішньоклітинним енергетичним метаболізмом і метаболізмом ізогенних субстратів, з'ясовується, що за однакових загальних рівнів білкового поліморфізму перша група ферментів є більш мінливою у диких форм, тоді як друга — у свійських.

Генетична мінливість за біохімічними маркерами в умовах природного і штучного добору не демонструє принципових відмінностей у загальному діапазоні чи інтенсивності впливу. Проте спостережувані розбіжності у фенотиповому різноманітті тварин за різних типів добору дають змогу припустити, що штучний і природний добір підтримують поліморфізм генетично-біохімічних систем за різними механізмами.

У контексті експериментальної еволюції всі зміни, що відбулися в рослин і тварин унаслідок генетико-селекційних технологій, мають велике значення. Тому питання доместикації цих двох організмів розглянемо докладніше.

1.1. Окультурення рослин

Окультурення рослин розпочалося ще в кам'яному віці та спочатку мало характер неусвідомленого штучного добору. Первісні люди відбирали корисні рослини з природного середовища та починали вирощувати їх поблизу своїх осель. Зазначимо, що початок процесу доместикації припадає на центри походження культурних рослин. Міграції народів, мореплавання й торгівля сприяли поширенню цих рослин у нові регіони, де вони поступово змінювались і давали початок новим формам.

У період бронзового віку вже сформувалось примітивне землеробство. Згодом для розширення різноманіття рослинних форм люди стали застосовувати штучну гібридизацію. Майже всі сучасні культурні рослини, як і свійські тварини, є результатом понад шести тисячоліть доместикації, яка розпочалася ще до нашої ери. Найдавніші з них — кукурудза, банан, гарбуз, кокосова пальма, полба, ячмінь, боби, цибуля, тютюн, картопля, рис, горох, цукрова тростина. Лише незначна кількість рослин (наприклад, цукровий буряк та хінне дерево) була окультурена в період нашої ери.

Зазвичай у межах родів, які налічують велику кількість видів, окультурюється лише незначна їх частина. Наприклад, із понад 200 видів льону окультурений тільки один, а із 70 видів соняшника — два: соняшник олійний і топінамбур. Культурні рослини є прямим результатом штучного добору. Процес введення в культуру нових видів триває й сьогодні, насамперед у таких напрямках, як кормові, лікарські, технічні та декоративні рослини.

Нинішній етап окультурення ґрунтується на фундаментальних відкриттях у галузі біології, зокрема генетики, селекції та ДНК-технологій. Культурні рослини мають низку особливостей, що відрізняють їх від диких видів. Вони не мають обмеженого природного ареалу, поширені по різних країнах і континентах, незалежно від місця свого походження. Наприклад, кукурудза, соняшник, картопля походять із Центральної та Південної Америки, тоді як хлібні злаки — з Передньої Азії.

Для культурних рослин, порівняно з їхніми предками, характерне збільшення розмірів і велика мінливість (поліморфізм) тих частин рослин, які мають господарське значення. Асортимент окультурених рослин постійно розширюється в міру глибшого вивчення їхньої біології та способу життєвого функціонування.

Наразі в сільськогосподарському виробництві використовують понад 2500 видів рослин. Приблизно 16 % усіх видів вищих рослин належать до лише 50 родин. При цьому основну частку харчових продуктів людства забезпечують 20 видів, зокрема рис, який є основним продуктом для майже двох третин населення Землі. Зі зростанням чисельності населення щороку потрібно виробляти понад 1,2 млрд т лише зернових. Хоча наразі людство справляється із цим викликом, пошук ефективних рішень для гарантування продовольчої безпеки стає дедалі нагальнішим.

1.2. Одомашнення тварин та їхні доместикаційні зміни

Процес доместикації тварин відбувався паралельно з окультуренням рослин. Під впливом спонтанної мінливості значно змінилися екстер'єрні ознаки: масть, шерстяний покрив, придатки тіла (вуха, хвіст, роги), а також його пропорції.

Зокрема, для домашніх тварин характерним стало подовження та звисання вух — явище поширене серед собак, овець, кіз, кролів, рідше — корів та ослів. У багатьох тварин іноді трапляються безхвості форми, які, за допомогою штучного добору, закріплюються у певних порід овець і собак.

Як показали дослідження, забарвлення тварин за розведення в неволі — за умов утримання й годівлі, що істотно відрізняються від природних — процес зміни забарвлення значно прискорюється. Зокрема, у тваринницьких господарствах при розведенні сріблясто-чорних лисиць з'явилися нові форми: платинові, біломордо-сріблясто-чорні і білі.

У процесі одомашнювання тварин (собак, овець, кіз, великої рогатої худоби) відбулись помітні зміни у забарвленні шерсті через приховану мінливість і відсутність природного добору. Лише в деяких видів домашніх тварин забарвлення залишилося наближеним до природного (віслиюки, олені, верблюди, буйволи). Здебільшого пігментація шерсті спрощується, і тварини стають одноколірними. Поширеним стало біле і чорне забарвлення (меланізм). У деяких порід, однак, збереглося природне забарвлення. Наприклад, бички сірої української породи народжуються темно-бурими, а з віком стають сірими.

У деяких видів тварин істотно змінився шерстяний покрив. У коней з'явилася довга грива, у свиней — зник підшерсток. Виведено породи з майже повною відсутністю шерсті (свині, собаки, вівці, кози, коні). У деяких випадках виникає кучерявість, як, наприклад, у свиней породи мангалиця. Особливо помітні зміни шерстяного покриву спостерігаються в тих тварин, де людина цілеспрямовано добирає цю ознаку. Довгошерстими стали деякі породи овець, кіз, кролів, собак та лам. Яскравим прикладом є

зміни вовни овець — від грубого руна предків до тонкорунних форм з різним співвідношенням ості та пуху. Це дало змогу поділити овець на грубововних та тонкорунних. Цілеспрямоване селекційне втручання сприяло створенню порід із характерною структурою вовни, як-от каракульська вівця. Значно змінилася і форма рогів, що характеризуються великим різноманіттям, з'явилися коломові породи.

Будова тіла домашніх тварин також зазнала істотних змін. Зокрема, сформувалися широкотілі м'ясні типи у свиней, великої рогатої худоби, овець, коней. Також поширення набули молочні типи (ВРХ, вівці, кози, коні, верблюди). У коней, собак і верблюдів створено швидкоалюрні форми.

Форма голови теж зазнала змін: як у напрямі вкорочення й розширення (м'ясні тварини), так і в напрямі звуження. З'явилися форми, не властиві диким предкам — так звана «бульдотенність» (укорочення або викривлення лицевої частини), що спостерігається переважно у собак і свиней.

Значно змінилися й розміри тіла тварин. У деяких видів виникли карликові форми з пропорційним зменшенням усіх частин тіла (собаки, кози, кури). Також з'явилися непропорційно низькорослі тварини з короткими кінцівками (собаки, кози, вівці, корови, коні, свині, кури).

Доместикація позначилася на всіх органах тварин: змінилася будова кісток — вони втратили грубість і шорсткість, збільшилася маса губчастої речовини, але за відсутності грубості часто спостерігається їхня масивність.

Спостерігається зміна відносної маси внутрішніх органів (серця, легень, сім'яників, мозку) в овець, свиней, собак. У свиней, овець та собак кишечник подовжився, а у кролів — скоротився, що пов'язано характером годівлі в умовах утримання.

Якість м'яса стала іншою: воно набуло мармуровості завдяки жировим відкладенням усередині клітин. Відбулися також зміни в його хімічному складі — змінився хімізм жиру, що позначається на смаку та температурі плавлення.

У процесі селекції значно підвищилася лактаційна здатність тварин. Якщо в дикій природі самиця виробляє молока лише стільки, скільки потрібно для вигодовування потомства, то в сучасному тваринництві продуктивність значно вища. Наприклад, у корів за екстенсивного утримання — до 600 кг молока на рік

(що все-таки більше, ніж потрібно теляті), тоді як у спеціалізованих молочних порід — у середньому 7500–9000 кг, а в окремих стадах — понад 10 000 кг. Підвищено молочність також у кіз, коней, у багатьох порід овець і навіть свиней. Ці селекційні досягнення стали можливими завдяки комплексній перебудові організму тварин.

У деяких тварин підвищилася й плодовитість. Зокрема, якщо у природних умовах вівця зазвичай народжує одне ягня (максимум — два), то, наприклад, у романівської породи часто народжується 3–5 ягнят. У свиней також значно зросла плодовитість.

Доместикація і селекції спричинили й кардинальні зміни у поведінці тварин — вони стали слухняними та залежними від людини. Зокрема, потомки вовків і шакалів стали вірними собаками.

Усі згадані морфологічні й фізіологічні зміни свідчать про глибоку перебудову організму, що відбулася внаслідок повної генетичної модифікації всіх систем органів. Це дає змогу чітко відрізнити домашню тварину від дикої і свідчить про величезний генетичний потенціал до мінливості й адаптації, що лежить в основі доместикації, селекції та сучасних методів генної інженерії.

2. КЛАСИЧНА НАРОДНА СЕЛЕКЦІЯ

Народна селекція — це процес створення сортів рослин і порід тварин методами простого внутрішньовидового схрещування й добору.

Цей процес був започаткований на початку третього тисячоліття до нашої ери в тодішніх центрах цивілізації: Давньому Єгипті, Іраку, Індії, Китаї. Він поширювався іншими країнами до кінця XX століття. Спочатку ефективність народної селекції оцінювали за продуктивністю рослин і тварин (8–10 %).

Таємниця спадковості цікавила людство з давніх часів. Уже в середині III тисячоліття до нашої ери вирощували та почали поліпшувати пшеницю, полбу, просо, рис, ячмінь, овочеві культури, розводити корів, кіз, голубів. Собака й кіт були приручені людиною ще в ранньому палеоліті. В Індії були одомашнені кури та слони. Як стверджують американські вчені Р. Бергер та О. Прюц, коней уперше приручили в степах України понад шість тисяч років тому. У Месопотамії були виведені породи ослів та овець. Шляхом схрещування осла з кобилою отримали мула — сильну й витривалу, але безплідну робочу худобу.

Для збільшення врожаю фініків було опрацьовано процеси штучного запилення пилом чоловічих суцвіть жіночих квіток фінікової пальми.

Близько трьох тисяч років тому в культуру було введено ще одну важливу злакову культуру — жито. Ймовірно, це сталося на території України в період розвитку Трипільської культури — однієї з найдавніших серед землеробських.

У Єгипті приручили одногорого верблюда (дромадера), кішку, кілька видів антилоп, гусей, качок, лебедів.

Процеси примітивної селекції та доместикації рослин і тварин супроводжувалися розвитком нових біологічних знань. Уже в давньоіндійських епосах «Махабхарата» та «Рамаяна» (VI–V ст. до н. е.) висловлювалися думки про наявність у живих істот спадкових ознак, які пояснюють схожість дітей з батьками. Учень

Аристотеля Теофраст (370–285 рр. до н. е.) написав «Історію рослин», у якій описав способи розмноження рослин та явище дводомності. «Необхідно, — писав він, — щоб квітковий пилок дерева-самця потрапив на суцвіття дерева-самиці».

Перші гібриди в рослин отримали Томас Ферчайлд (1708 р.) — у гвоздики, та Йозеф Г. Кельрейтер (1760–1766 рр.) — у тютюну. Ботанік Роберт Браун у 1830 році описав клітинне ядро.

Яйцеклітину у ссавців вперше виявив Карл фон Бер (1827 р.), досліджуючи яєчники собаки.

Англієць Томас Е. Найт у 1799 році в праці з гібридизації різних форм гороху описав явище домінування сірого кольору насіння і пурпурового забарвлення квіток, але не усвідомив закономірностей розщеплення.

Французький ботанік Огюстен Сажре (1763–1851) проводив дослідження переважно на рослинах родини гарбузових. Він уперше в історії гібридизації почав вивчати успадкування окремих ознак, схрещуючи різні форми дині. Сажре виділив п'ять ознак і подав їх альтернативні пари — що пізніше здійснив Грегор Мендель. Також він першим сформулював принцип окремих ознак і їх сталого успадкування.

Попередником Менделя вважається і французький дослідник Шарль Ноден (1815–1899), який у 1854–1861 роках здійснив масштабну роботу з гібридизації (як міжвидової, так і внутрішньовидової) у низки баштанних, садових та декоративних культур, однак не зміг окреслити чіткі закономірності спадковості.

У 1735 році шведський ботанік і зоолог Карл Лінней започаткував систему бінарної (біномінальної) номенклатури, яка використовується й досі.

Маттіас Я. Шлейден і Теодор Шванн (1838–1839 рр.) сформулювали клітинну теорію, яка за значенням у біології порівнюється з теорією еволюції.

У 1859 році Чарльз Дарвін опублікував працю «Походження видів шляхом природного добору або збереження обраних рас у боротьбі за життя», де виклав основні положення теорії еволюції органічного світу.

Грегор Мендель, застосовуючи схрещування гороху з контрастними ознаками, сформував ідею про наявність спадкових факторів. У 1856 році він опублікував працю «Досліди над рослинними гібридами».

Вагоме місце в історії народної селекції належить овочівництву. Гіппократ (460–377 рр. до н. е.) зазначав: «Овочі — не тільки джерело харчування, але й натуральні ліки, які дає сама природа, в дозах, необхідних для організму».

Україна традиційно займає чільне місце серед країн світу, що славляться овочівництвом. Із понад 200 видів овочевих культур, які використовує людство, в Україні культивується приблизно 100.

Уже з прадавніх часів на території України вирощували овочеві культури. Під час розкопок Херсонеса Таврійського (IV–II ст. до н. е.) виявлено насіння дині. В історичних документах — «Избранник Святослава» (1073 р.), «Уставная грамота» (1150 р.) — згадуються овочі: капуста, огірки, кавуни, дині, редька, столові буряки, цибуля ріпчаста, часник, гарбузи. Овочі потрапляли в Україну торговельними шляхами з Римської Імперії, держав Близького Сходу, Малої та Середньої Азії, Далекого Сходу й вирощувались поблизу поселень на території сучасних Криму, Одеси, Києва, Львова.

У працях III–II століття до н. е. вже подано рекомендації щодо насінництва столового буряка, гарбуза, дині. Завдяки цьому народна селекція сформувала відомі місцеві українські сорти овочів: огірки — ‘Ніжинські’, ‘Кримські’; капуста білоголова — ‘Можарська’, ‘Моликанська’, ‘Привосвольнянка’; цибуля ріпчаста — ‘Ялтинська’, ‘Каба’, ‘Сквирівка’, ‘Херсонська’; перець — ‘Український гострий’, ‘Болгарський’; баклажан — ‘Сімферопольський’, ‘Донецький’; салат — ‘Одеський’; кріп — ‘Харківський’; катран — ‘Кримський’; редиска — ‘Одеська’; кавун — ‘Мелітопольський’; диня — ‘Колгоспниця’; гарбуз — ‘Мезоліський’; помідор — ‘Сливовидний’, ‘Заліський’; часник — ‘Кримський’.

У 1780–1785 роках у словниках і описах городніх рослин згадуються плоди під назвою «яблоко любовное» (теперішній помідор), які вирощували в Таврійській губернії.

Перші дослідження у галузі баштанництва розпочато 1889 року на базі Херсонської сільськогосподарської станції. Було відібрано місцеві форми, проведено їх розмноження та сортовипробування — загалом 47 зразків. У 1890 році М. В. Ритов описав 20 сортів білоголової капусти, які вирощувалися на території тодішньої України. Ю. А. Грачов навів характеристику приблизно 200 сортів овочів, значна частина яких також була поширена в Україні. У «Каталозі насінницьких форм» 1915 року було рекомендова-

но 586 сортів 85 овочевих культур, з яких 108 — місцеві, решта — іноземного походження.

У 1887 році в Києві вчений-помолог Л. П. Симиренко заклав перший у колишній російській імперії помологічний розсадник і маточний сад. Колекція плодових була найповнішою у Європі — приблизно 3000 сортів плодових, зокрема: 900 сортів яблунь, 889 груш, 350 вишень і черешень, 115 персика, 59 абрикоси. У саду свого батька він виявив сорт яблук народної селекції, який ввійшов у десятку найкращих у світі. На честь батька — Платона Симиренка — сорт був названий 'Ренет Симиренка'. (До речі, П. Симиренко профінансував перше видання «Кобзаря» Тараса Шевченка).

Україна — провідна пшенична держава. Вітчизняна народна селекція створила унікальні сорти-популяції, які можна розцінювати як велике національне надбання і спадщину, що лишилися наступним поколінням. Зокрема, сорти ярої пшениці 'Білотурка', 'Арнаутка', 'Гарновка', 'Улька', 'Чорновуска' та інші мають винятковий комплекс генотипів, що у складі популяції, або й кожен окремо, поєднують у собі дуже важливі господарсько-цінні ознаки. Наприклад, 'Артемівка', виведена індивідуальним добором із 'Білотурки', була стійкою проти прихованостеблових шкідників — шведської та гессенської мух.

Слід зазначити, що цей напрям селекції — стійкість проти прихованостеблових шкідників — навіть тепер вважається складним і не завжди призводить до позитивних результатів. Сорт озимої пшениці 'Кримка' — ще одне визначне досягнення народної селекції. Цей сорт мав винятково вдалий склад генотипів у популяції і відіграв значну роль у світовому землеробстві — особливо в Україні, країнах колишнього СРСР та Північній Америці.

Понад 140 років тому переселенці завезли 'Кримку' до США. Завдяки високим якостям зерна, посухостійкості й високій, як на ті часи, урожайності вона стала основою пшеничного поясу. Пізніше нові сорти озимої пшениці в США виводили шляхом індивідуального добору з 'Кримки' або схрещування за її участю. Один із таких потрапив до Японії, де брав участь у створенні всесвітньовідомого тригенного карлика — 'Норін 10'.

Більшість сучасних короткостеблових сортів ярої та озимої пшениці у світі виведені шляхом гібридизації із залученням безпосередньо 'Норін 10' або похідних від нього форм (генотипів).

Тобто в родоводах дуже багатьох сортів пшениці є українська ‘Кримка’.

Головним здобутком народної селекції наприкінці XIX — на початку XX століття стало створення сортового генофонду всіх селектованих культур, який оцінюється приблизно у 2500 різних сортів рослин. Генофонд тварин налічував до 1500 порід. Сукупність цих досягнень суттєво вплинула на ефективність селекційної роботи на початку XX століття. У цей період також сформувалися основні напрями селекції: схеми гібридизації (особливо міжвидові), розроблення нових методів зі збільшення врожайності сортів і гібридів рослин, а також продуктивності порід тварин.

3. НОВІТНЯ НАУКОВА СЕЛЕКЦІЯ

XX століття стало історичним етапом зародження наукової селекції рослин. Сучасна селекція базується на розробленні технологій генно-селекційних процесів із використанням уже відомих природних явищ — поліплоїдії, гетерозису, спонтанного мутагенезу — у практичній роботі.

Основна мета біотехнологій — це створення нових сортів рослин, порід тварин, штамів і різновидів мікроорганізмів, а також використання організмів і біологічних процесів у виробництві. Насамперед це стосується синтезу в промислових масштабах кормових білків, амінокислот, біологічно активних речовин, зокрема для потреб медицини — інтерферону, гормонів росту, інсуліну, лікарських засобів рослинного походження (алкалоїди, глікозиди тощо).

Універсальний характер сучасної біотехнології виявляється у широкому застосуванні методів клітинної і генної інженерії, що базуються на розвитку молекулярної генетики. Це відкриває широкі можливості для генетичної реконструкції живих організмів у бажаних для дослідників напрямках. Основною метою таких досліджень є одержання максимальної різноманітності організмів, які можна використовувати не лише для створення якісно нових продуктів, а й для перероблення різноманітних органічних і неорганічних речовин.

3.1. Основні дослідження і гетерозисна селекція

Гетерозис — властивість гібридів перевищувати за деякими ознаками середні значення цих ознак у батьківських форм. Термін «гетерозис» був запропонований американським генетиком Джорджем Г. Шеллом у 1914 році.

Уперше це явище описав Йозеф Г. Кельрейтер ще у 1760 році: у гібридів між махоркою і тютюном він зафіксував інтенсивний

ріст, раннє й рясне цвітіння. Теоретичне обґрунтування гетерозису подав Чарльз Дарвін, сформулювавши положення про користь схрещування між неспорідненими особинами для всіх живих істот.

Дослідження гетерозису стали потужним стимулом для американських селекціонерів у створенні гібридної кукурудзи наприкінці ХХ століття. Було запропоновано низку концепцій щодо генетичної природи гетерозису, серед яких найбільшу підтримку науковців та селекціонерів здобули гіпотези домінування, наддомінування та генетичного балансу.

Гіпотеза домінування, також відома як гіпотеза сприятливих домінантних факторів, була запропонована Чарльзом Б. Девенпортом. Вона пояснює явище гетерозису тим, що гібриди мають велику кількість домінантних генів, пов'язаних із підвищенням росту рослин та їх продуктивності.

Близькою за змістом до уявлення про корисність різноякісних батьківських гамет при схрещуванні є гіпотеза наддомінування, або гетерозиготності. Її основою стали дослідження Джорджа Г. Шелла та Едварда М. Іста, які довели стимулювальну дію гетерозиготності на організм та зниження продуктивності у гомозиготних форм.

Починаючи з 1940-х років сформувалася думка, що жоден тип взаємодії генів — домінування, епістаз чи наддомінування — не може повною мірою пояснити ефект гетерозису.

Американський учений Ізадор М. Ленер у монографії «Генетичний гомеостаз» (1954 р.) запропонував нову модель менделівської популяції. Згідно з нею, інтегральні властивості популяційної структури зумовлюються дією еволюційними факторами, що впливають на окремі генотипи.

У серії праць Феодосія Григоровича Добжанського, присвячених вивченню генетичної структури популяцій і дії факторів відбору, було проаналізовано явище адаптивного гетерозису. Учений спостерігав адаптивну перевагу гетерозигот за інверсією у третій хромосомі, що виникала в разі схрещування особин з однієї або двох географічно близьких популяцій. В основу класифікації механізмів гетерозису Добжанський поклав еволюційно-генетичний підхід. Істинний гетерозис, або еугетерозис, є формою еволюційного пристосування у видів, які розмножуються статевим шляхом і характеризуються перехресним заплідненням.

Еугетерозис, за класифікацією Добжанського, може бути двох типів. Перша форма — мутаційний еугетерозис, полягає у пригніченні шкідливих мутацій, які порушують нормальний розвиток організму. Друга — балансовий еугетерозис, пов'язаний із наявністю особливого класу мутацій та генних комбінацій, які забезпечують гетерозиготам вищу адаптацію порівняно з гомозиготами.

Гігантизм, або розкішність, на відміну від еугетерозису, виявляється у збільшенні розмірів усього організму або його окремих частин. Він не має адаптивного значення, однак може бути корисним для селекції та практичного застосування.

Добжанський підкреслював, що з еволюційного погляду еугетерозис є адаптивним явищем, тоді як гігантизм — радше випадковістю.

У функціональному аспекті, тобто в прояві конкретних функцій і властивостей організму, нині виділяють декілька типів гетерозису: репродуктивний, адаптивний, селективний і надмірний. Значення кожного з цих типів у процесах еволюції та селекції є різним і залежить від конкретних умов. Зокрема, адаптивність та селективність мають більше значення для природних популяцій, аніж для культурних. Надмірний гетерозис, або гібридна сила, відіграє важливу роль у збільшенні вегетативної маси та розмірів репродуктивних органів.

Прояв гетерозису значною мірою залежить від умов розвитку гібридного організму. Його джерела закладені у структурі геному та генетичних систем цитоплазми, а реалізація в морфогенезі пов'язана з регуляторними функціями генетичних та біохімічних систем клітини.

Джеймс Маккей виокремив кілька рівнів регуляторних механізмів гетерозису: геномний, плазматичний та неспадковий (материнський).

Провідну роль у прояві гетерозису відіграє генетичний апарат клітини. У межах клітини гетерозисний ефект може виникати на хромосомному та міжхромосомному рівнях (наприклад, поліплоїдія). У першому випадку спостерігаються трансгресивний, рекомбінантний та епістативний ефекти, а в другому — домінантний і наддомінантний.

Дослідженню інбридингу присвячені наукові праці В. Л. Йогансена, Е. М. Іста, Д. Ф. Джонса, Ю. П. Мірюти, О. І. Харечко-

Савицької, М. І. Хаджинова та інших. Їхні дослідження сприяли широкому впровадженню інбридингу як методу отримання вихідного селекційного матеріалу й забезпечили йому провідне місце в програмах гетерозисної селекції більшості сільськогосподарських культур.

Перевага міжлінійних гібридів над міжсортowymi зумовлена особливостями інбредних ліній, що використовуються для схрещування. Найважливішою з цих особливостей є висока вирівняність самозапильних ліній за багатьма ознаками, зокрема за комбінаційною здатністю. Міжлінійні гібриди забезпечують вищу середню врожайність на одну рослину порівняно з міжсортowymi гібридами та сортами в однакових умовах вирощування.

Другою важливою особливістю гетерозису є те, що він повною мірою проявляється лише в гібридів першого покоління. У наступних поколіннях гібридна сила значно знижується — у разі насіннєвого розмноження гетерозис не закріплюється. Натомість у картоплі, цукрової тростини, цибулі, часнику, плодovих, ягідних та інших культур гетерозисні властивості кожної гібридної форми можуть бути збережені шляхом вегетативного розмноження.

Дослідження явища гетерозису та його практичного застосування супроводжувалися розробленням методів створення гетерозисних гібридів. Паралельно вивчалися питання оцінювання здатності батьківських форм до прояву гетерозисного ефекту, оптимізації схем схрещування, а також випробовування продуктивності гібридів у польових умовах.

Здатність ліній при схрещуванні з іншими лініями утворювати гетерозисне гібридне потомство з підвищеною продуктивністю називають комбінаційною здатністю, або цінністю. Це спадкова ознака, яка передається потомству як у разі самозапилення, так і за гібридизації. Комбінаційна цінність тієї самої лінії може характеризуватися двома показниками: середньою величиною гетерозису, визначеною в усіх комбінаціях схрещування, та відхиленням від цієї величини у деяких комбінаціях.

У першому випадку маємо справу із загальною комбінаційною здатністю певної лінії. Друга величина відображає специфічну комбінаційну здатність, що визначає продуктивність гібридів від схрещування з певною лінією.

Визначення комбінаційної здатності лінії пов'язано зі схре-

щенням з певним аналізатором — тестом. Для оцінювання загальної комбінаційної цінності здійснюють схрещування ліній з популяціями або сортами. Специфічну комбінаційну цінність ліній визначають за схрещування з іншою лінією. Для вивчення специфічної комбінаційної здатності ліній проводиться докладний аналіз. Кожна лінія, що досліджується, схрещується з іншими в усіх можливих комбінаціях.

Найповнішу характеристику ліній, що рекомендовані для практичного використання, дає метод діалельних схрещувань. Також застосовують метод неповних діалельних схрещувань. У ньому досліджується певна кількість батьківських форм, використовується конкретна схема схрещувань. До числа досліджених ліній входить лінія з відомою раніше комбінаційною цінністю. Вона використовується як стандарт під час оцінювання комбінаційності лінії, що випробовується.

Нову схему регулярних схрещувань для кількісного визначення комбінаційної здатності батьківських форм запропонував В. К. Савченко. У цій схемі лінії попередньо ранжують за продуктивністю. Далі лінії з непарними номерами рангу включають до першого набору, а з парними — до другого. Усі схрещування проводять за певною сіткою, що дає змогу ефективно виявити батьківські форми з високою комбінаційною здатністю.

Використання гетерозису в більшості сільськогосподарських культур призвело до зростання їхньої продуктивності. Гетерозисні гібриди перевищують за врожайністю найкращі сорти зернових, технічних та овочевих культур на 20–30 %. Вони також характеризуються підвищеною стійкістю проти хвороб, шкідників і несприятливих умов середовища.

Найширше гетерозис використовується в селекції кукурудзи. Ще 1864 року в США були проведені перші схрещування різних форм кукурудзи з метою підвищення її врожайності. Ці дослідження отримали подальший розвиток у роботах багатьох селекціонерів як Америки, так і інших країн.

У 1930-х роках в Україні Б. П. Соколов провів серії різноманітних схрещувань кукурудзи. Було встановлено, що міжсортіві гібриди мали перевагу над сортами за врожайністю зерна на 6–10 %, сортолінійні — на 12–18 %, а подвійні міжлінійні — на 20–30 %. Найкращий гібрид кукурудзи ‘Первенець’ було районовано у 1932 році, і він займав сотні тисяч гектарів посівних площ.

Подальший розвиток гібридизації ліній на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності став головним напрямом у підвищенні врожайності культури. Поряд із простими гібридами впроваджено трилінійні, подвійні міжлінійні та прості гібриди з різними модифікаціями.

Позитивним прикладом використання гетерозисної селекції є робота із сорго. Високопродуктивні міжлінійні гібриди сорго перевищують стандарт за врожайністю зерна на 0,64–2,86 т/га. Зокрема, міжлінійний гібрид ‘Дністер’ забезпечує збір зерна 9,84 т/га, характеризується холодостійкістю, стійкістю до вилягання та враження хворобами.

Гетерозисна селекція цукрових буряків розвивалася у напрямі підвищення її ефективності шляхом ускладнення методів отримання гібридного насіння. У 1940-х роках було виявлено форми з цитоплазматичною чоловічою стерильністю (ЦЧС). Їх використання в ролі материнських компонентів схрещування дало змогу отримувати майже 100 % гібридного насіння буряків. У цей же період розпочалися дослідження щодо поліплоїдії та створення гетерозисних гібридів на триплоїдному рівні.

Вагомий внесок у вивчення самофертильності буряків, створення інбредних ліній, дослідження їхніх біологічних ознак, продуктивності та оцінювання комбінаційної здатності самозапильних ліній зробили вчені Т. Ф. Гринько, О. І. Харченко-Савицька, І. А. Шевцов, М. В. Роїк.

Уже в 1981 році у виробництво були передані перші гібриди на ЧС-основі — ‘Ювілейний’ і ‘Межотнинський ЧС 18’. У цей період також було районовано гібриди ‘Уладівський ЧС 5’ та ‘Льговсько-Верхняцький ЧСМ’. Потенційна продуктивність цих гібридів була досить високою — до 50 т/га врожаю коренеплодів за цукристості 18–19 %.

Гібридизація посідає провідне місце в селекції соняшника. Створення інбредних ліній цієї культури розпочалося ще в 1915 році. Самозапильні лінії соняшника широко використовуються в гетерозисній селекції шляхом створення синтетичних сортів із застосуванням самонесумісності та ЧЧС. Синтетичні сорти мають досить високий рівень гібридності (до 80 %) і не потребують щорічного сортооновлення.

Для створення сортолінійних гібридів як материнський компонент використовують інбредні лінії, що характеризуються само-

стерильністю та обмеженим утворенням пилку. Інтенсивні дослідження у цьому напрямі проводились у Канаді та США. Гібриди соняшника на основі ЦЧС з генетичним відновленням фертильності почали впроваджувати у виробництво в США з 1972 року, а вже у 1976-му вони займали приблизно 70 % посівних площ.

Основну увагу американські селекціонери приділяли створенню самозапильних ЦЧС ліній, які відновлюють фертильність, та міжлінійних гібридів. У цьому ж напрямі ведуться селекційні роботи у Франції, Румунії, Болгарії, Сербії та інших країнах.

Метод гібридизації посідає провідне місце в селекції соняшника в Україні. У 1946 році Н. К. Шиманський розпочав роботу з міжвидової гібридизації у Всесоюзному селекційно-генетичному інституті. Створені гібриди відзначалися кращим розвитком, підвищеною стійкістю проти несприятливих факторів і зниженою лушпинністю насіння. Зокрема, гібрид 'Жданівський 8281' перевищував сорт-стандарт за врожайністю насіння на 0,52 т/га. В Українському інституті рослинництва (м. Харків) створено міжлінійні гібриди, які мали перевагу над стандартом за врожаєм насіння на 20–30 %, а за збором олії — на 15 %. Високопродуктивні міжлінійні гібриди з олійністю до 50 % створено в Селекційно-генетичному інституті (м. Одеса).

Ефект гетерозису широко використовується як закордонними, так і українськими вченими в селекції технічних, зернових, кормових та овочевих культур. З 1954 року у Всесоюзному НДІ луб'яних культур (м. Глухів) М. М. Гришко, К. В. Малуша та ін. проводили схрещування різностатевих форм конопель. У результаті було виявлено прояв гетерозису за такими показниками, як насіннева продуктивність, урожай стебла й волокна, олійність насіння та міцність волокна.

Гетерозисна селекція гречки розроблялася селекціонером І. Г. Строною в Українському інституті рослинництва (м. Харків), О. С. Алексєєвою в Інституті землеробства і тваринництва західних районів України (Львівська обл.), а також Б. Й. Хмельовим на Іванівській дослідній станції (Сумська обл.). За вдалого добору компонентів схрещування врожайність гібридів підвищувалася на 10–15 %. А. Ф. Бобер та Л. К. Тараненко в Інституті землеробства (Київська обл.) методом полікросу виявили селекційні номери з високою комбінаційною здатністю. Найліпші гібриди перевищували районовані сорти за врожаєм насіння на 0,2–0,5 т/га.

Гетерозис відігравав важливу роль у селекційній роботі з овочевими та плодовими культурами. У 1950-х роках гетерозисна селекція томатів, огірків, цибулі, кавунів активно застосовувалася в Інституті овочівництва і баштанництва (Харківська обл.) (Ф. А. Ткаченко). Гібриди томатів перевищували батьківські форми за врожайністю плодів на 38–72 %.

Підсумовуючи результати численних наукових досліджень із використання явища гетерозису, слід відзначити, що гетерозисні гібриди поступово витіснили звичайні сорти та зайняли провідне місце у виробничих посівах. Якщо на початкових етапах гетерозисної селекції використовували міжсортіві гібриди, то з часом основну роль у селекційному процесі почали відігравати самозапилені лінії, схрещування яких забезпечує стабільно високий рівень гетерозису.

Незважаючи на вагомі результати в дослідженні важливого природного явища гетерозису, його генетичні причини й досі остаточно не з'ясовані. Розкриття генетичних основ гетерозису та практичне оволодіння цим явищем залишається одним із пріоритетних завдань сучасних селекційно-генетичних досліджень.

3.2. Мутаційна мінливість та її використання в селекції рослин

Протягом усієї історії розвитку рослинництва та тваринництва природні мутації слугували першоджерелом поліпшення сортів і порід. Вирішальний імпульс до вивчення мутацій надав Гуго де Фріз (1901), який першим висловив обґрунтовану ідею про мінливість спадкових ознак через мутації. Саме він запропонував термін «мутація», під яким розумів явище стрибкоподібної, переривчатої зміни будь-якої спадкової ознаки.

У класичній праці «Мутантна теорія» (1901–1903 рр.) де Фріз сформулював основні положення теорії мутації:

- мутації виникають раптово;
- мутантні форми є стабільними (константними);
- мутації можуть проявлятися як якісні зміни, спрямовані як у позитивний, так і негативний бік;
- частота виявлення мутації залежить від обсягу вибірки особин, досліджених у процесі вивчення.

Володимиром Павловичем Зосимовичем було обґрунтовано ідею щодо необхідності пошуку природних однонасінних форм у посівах багатонасінних цукрових буряків. У 1934 році співробітниками Всесоюзного наукового інституту селекції (ВНІС) було ретельно обстежено приблизно 22 мільйони рослин, серед яких виявили лише 109 рослин з різним ступенем (від 10 до 90 %) однонасінності. Згодом ця робота стала основою для створення однонасінних форм культури.

Яскравим прикладом ефективного використання спонтанних мутацій у селекції є залучення до селекційного процесу генів карликовості. Проведені дослідження сприяли створенню принципово нового типу напівкарликових пшениць із рекордною на той час урожайністю — до 8,0 т/га зерна. Сьогодні напівкарликові пшениці з мутантними генами карликовості займають основні посівні площі у світі, а їх широке впровадження стало основою так званої «Зеленої революції». Автор цієї ідеї Норман Е. Борлоут був удостоєний Нобелівської премії.

На початку XX століття, з відкриттям мутагенної дії рентгенівських променів і хімічних мутагенів, було доведено можливість значного підвищення рівня мутаційної мінливості у рослин. У 1930-х роках встановлено, що мутації можуть бути індуковані за допомогою різних хімічних речовин, зокрема водню, оцтової кислоти, аміаку та йоду.

Одним із перших способів практичного застосування індукованих мутацій стало отримання нових сортів шляхом розмноження мутантних форм. Цей підхід дістав назву *мутаційна селекція*.

Виявлене нове явище названо «імітацією гібридизації». Воно полягає в тому, що використання в гібридизації кукурудзи та пшениці пилку, опроміненого напівлетальними дозами гамма-променів, змінює прояв ознак батьківських форм у гібридів першого покоління (F_1) унаслідок мутаційних утрат батьківських алелів. Спостережуване явище «імітації гібридизації» відіграє важливу роль у процесах видоутворення та еволюції, а також може бути використане для прискорення селекції і створення нових форм.

Методом прямого добору із застосуванням хімічного мутагену в Україні, вперше на теренах колишнього СРСР, було створено сорт озимої пшениці 'Киянка', а також цінні мутантні лінії кукурудзи. Цим саме методом отримано мутаційні сорти озимої пшениці 'Київська 7', 'Ятрань 60', а також тритикале 'Київське раннє'.

Активні дослідження в галузі експериментального мутагенезу в рослин у світі дали змогу створити велику кількість генетичних матеріалів. Понад 31 тисяча мутантів, що належать до 130 видів рослин, підтримуються в колекціях 188 наукових установ різних країн світу. Серед них 1190 зразків *Triticum* spp., 2400 — *Oryza sativa*, 4500 — *Hordeum vulgare*, 3250 — *Glycine max*.

Загальна кількість сортів, отриманих методом експериментального мутагенезу у світі, становить приблизно дві тисячі. Нові мутантні сорти характеризуються поліпшеними ознаками, зокрема високою продуктивністю, ранньостиглістю, підвищеним умістом білка й олії, стійкістю проти хвороб і шкідників, засолення та інших факторів середовища, а також високою екологічною адаптивністю.

3.3. Селекція тварин

Наукова селекція тварин зародилася в Англії. Заводчик Роберт Бейквелл (1726–1785) ще до Чарльза Дарвіна досяг значних практичних результатів у селекційній роботі, що сприяло її подальшому розвитку в багатьох країнах світу.

Загалом період 1750–1850 років увійшов в історію як «золоте сторіччя» європейського тваринництва. Завдяки заводському мистецтву Р. Бейквелла та його послідовників було значно вдосконалено породи сільськогосподарських тварин в усьому світі.

Серед його учнів був і перший професор у колишній російській імперії, зокрема й в Україні, — Михайло Григорович Ліванов (1751–1800), який уже наприкінці XVIII століття у своїх працях поділяв породи худоби на первісні, похідні, молочні та м'ясного напрямку.

У розвиток селекційної науки в тваринництві значний внесок зробили корифеї зоотехнічної науки Петро Миколайович Кулешов (1854–1936) і Михайло Федорович Іванов (1871–1935).

На основі дарвінівського закону співвідносної мінливості та співвідносного розвитку П. М. Кулешов ще у XIX столітті розробив сучасне вчення про конституцію сільськогосподарських тварин, яке у своїй основі залишалося незмінним протягом XX століття. Інші вчені лише його доповнювали та уточнювали.

М. Ф. Іванов увійшов в історію зоотехнічної науки як автор наукової методики виведення нових порід овець і свиней, видатний селекціонер, творець нових високопродуктивних порід тварин (української степової білої породи свиней і асканійської тонкорунної породи овець), а також засновник нової галузі — смушкознавства.

Визнаний учений-селекціонер Федір Федорович Ейснер (1916–1986) розробив теоретичні та практичні основи оцінювання бугаїв-плідників за якістю нащадків, планування й організації племінної роботи в господарствах, а також сформулював теорію методів удосконалення та створення нових порід тварин.

Академік Михайло Васильович Зубець (1938–2014) зробив вагомий внесок у розвиток теоретичних та практичних засад пороодоутворювального процесу в молочному та м'ясному скотарстві. Працюючи із симентальською породою, він створив заводські лінії Мергеля та Сигнала. М. В. Зубець також є співавтором української та волинської м'ясних порід великої рогатої худоби.

Академіком Валерієм Петровичем Буркатом (1939–2009) розроблено і запроваджено у виробництво 33 селекційні програми для України, її регіонів, племзаводів і племпідприємств, а також приблизно 40 рекомендацій, технологічних проєктів тощо. Він був співавтором створення українських червоно- і чорно-рябої молочних, волинської та польської м'ясних порід, багатьох типів і ліній ВРХ.

Валерій Іванович Глазко (1949–2024) розвинув новий розділ у молекулярній генетиці — ДНК-технології. Він виявив генетичні маркери, які можуть використовуватися для визначення породних, видових і родових характеристик. Цей напрям досліджень відкриває можливості для ведення селекційної роботи на сучасному молекулярно-генетичному рівні.

Віталієм Петровичем Коваленком (1940–2011) проведено значний обсяг досліджень щодо використання стабілізуючого добору для оптимізації селекційних програм і визначення адаптивної норми окремих генетичних груп поліпшених сільськогосподарських тварин. Він є співавтором двох кросів яєчних курей — «Борки-1» і «Борки-2».

Праці Дмитра Андрійовича Волкова (1919–2017) присвячені створенню української породи коней, які відзначаються високою продуктивністю на сільськогосподарських та транспортних роботах.

У галузі селекції риби вагомий внесок зробив Олександр Іванович Кузьома (1902–1971), який вивів дві породи коропа — українську рамчату та українську лускату. З метою розширення можливостей рибництва та підвищення продуктивності водойм він приділяв значну увагу гібридизації ставкових риб на міжвидовому та міжродовому рівнях.

Василь Гаврилович Томіленко (1928–2007) вів дослідницьку роботу зі створення карасевих та короново-карасевих гібридів. Ним розроблено любенський та нивківський внутрішньопородні типи українських порід коропа.

Відомий діяч у галузі бджільництва Василь Антонович Несерводський (1882–1977) переконливо довів доцільність і переваги чистопородного розведення українських степових бджіл.

Іван Кузьмович Давиденко (1936–1995) зосереджував свої дослідження на поліпшенні племінних якостей бджіл карпатської і української степової порід.

У світовому масштабі нині налічується п'ять основних сільськогосподарських видів тварин: кози, вівці, ВРХ, коні та свині. За каталогом ФАО, складеним на основі даних зі 180 країн, нараховується 4920 фенотипово диференційованих порід. Найбільше видової різноманітності постерігається серед молочних видів. Зокрема: вівці — 1484 породи, велика рогата худоба — 1452, коні — 62, свині — 627, кози — 560 порід.

Подальший розвиток селекції сільськогосподарських тварин як науки можливий на основі використання фундаментальних досягнень генетики та біотехнології. Фундаментальність цих наук полягає в тому, що вони дають змогу проникати в суть складних біологічних процесів та застосовувати найсучасніші технологічні методи вдосконалення тварин.

4. БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЕТАП У РОЗВИТКУ СЕЛЕКЦІЇ

4.1. Клітинна інженерія

В основу створення нових сортів покладено чотири принципи: гібридизація, рекомбінація, мутація та добір. Усі вони успішно реалізуються *in vitro*. Метод культури тканин дає змогу розширити генетичне різноманіття, полегшити й прискорити селекційний процес, а також створювати принципово нові форми рослин значно швидше, ніж за допомогою традиційної селекції.

Генетичне різноманіття розширюється завдяки широкому залученню до селекційного процесу природних родичів культурних рослин. Запліднення в умовах *in vitro* дає змогу подолати прогамну і постгамну несумісність у разі віддаленої гібридизації та одержувати життєздатні міжвидові й міжродові гібриди. Ембріокультура стає незмінним методом подолання бар'єрів несхрещуваності.

Методом створення комбінацій геномів, які неможливо отримати статевим шляхом через несумісність, є соматична гібридизація, що базується на культурі протопластів.

Протопласти — клітини, позбавлені целюлозно-пектинової оболонки, — за певних умов зливаються, утворюючи гібридну клітину, з якої регенерують гібридну рослину.

Цей повністю штучний метод одержання нових форм рослин, що передбачає об'єднання в одному організмі геномів філогенетично віддалених видів рослин, отримання асиметричних гібридів і гетерозигот за позаядерними генами, називається *клітинною інженерією*.

4.1.1. Методи клітинної селекції

Клітинна селекція охоплює широкий спектр методів добору клітин із цінними спадковими ознаками. Залежно від мети дослідження та типу селекційного тиску застосовують різні підходи.

Пряма селекція. Цей метод є найпоширенішим у клітинній селекції та застосовується переважно для виділення мутантів, стійких проти гербіцидів, антибіотиків, токсинів, патогенів, анти-метаболітів і важких металів.

Схема прямої селекції мутантів з використанням протопластів передбачає такі етапи:

- виділення протопластів та їх оброблення мутагеном;
- добір клітинних варіантів;
- культивування колоній на регенераційних середовищах;
- регенерація рослин та їх розмноження *in vitro* (супроводжується проведенням тестів на стійкість);
- висаджування в ґрунт (супроводжується тестуванням на стійкість насіння, вивченням генетичної природи стійкості).

На основі прямої клітинної селекції картоплі отримано рослини, стійкі проти мокрої бактеріальної гнилі, або чорної ніжки картоплі (збудник — *Pectobacterium atrosepticum*).

Негативна селекція. Цей метод ґрунтується на застосуванні агентів, які вибірково пригнічують ріст немутантних (природних) клітин або спричиняють їхню загибель. Такі агенти називають негативними селективними факторами. Метод особливо ефективний для добору умовно летальних мутантів серед мікроорганізмів, тваринних клітин і рослин. В останніх найзручнішим об'єктами для реалізації цього методу є ізольовані протопласти і суспензійні клітинні культури.

Тотальна селекція. Цей метод селекції передбачає індивідуальне тестування всіх клітинних клонів на різних живильних середовищах за допомогою реплік. При цьому суспензійну культуру висівають на поверхню агаризованого живильного середовища в чашку Петрі й накривають нейлоновою сіткою. Після

певного періоду росту сітку з прикріпленими до неї клітинами переносять в іншу чашку Петрі, створюючи «відбиток». У результаті копіюється до 80 % колоній.

Візуальна селекція. Клітини та клітинні скупчення (агрегати) під час культивування *in vitro* відрізняються між собою за зовнішніми ознаками (візуально). Добір таких скупчень клітин лежить в основі методу візуальної селекції, яка використовується для добору клітинних ліній, що продукують пігменти (хлорофіл, каротиноїди, антоціани, нафтохінонові барвники тощо). Зокрема, шляхом культивування окремих клітин і протопластів з подальшим візуальним добром. Таким чином отримано клітинні штами горобинника червонокореневого (в Японії) та макротомії барвної (в Україні), які здатні накопичувати в десятки разів більше барвника шиконіну, цінного для медицини, харчової та косметологічної промисловості, ніж рідкісні природні рослини.

Непряма селекція. Добір клітинних варіантів методом прямої селекції здійснюється за допомогою різних біохімічних та молекулярно-біологічних підходів. Зокрема, аналіз індивідуальних колоній дає змогу виділити варіанти з різними білковими та/або ізоферментними спектрами, а також наявність певних послідовностей ДНК. Тонкошарова та рідинна хроматографія, специфічний радіоімунний аналіз, мікро-спектрофотометрія застосовуються для добору ліній, що продукують специфічні речовини (наприклад, алкалоїди та інші вторинні метаболіти). Метод прямої селекції можна поєднувати з іншими, зокрема з візуальною селекцією.

Попередній добір. Для отримання умовно летальних мутантів застосовується попередній добір, основним завданням якого є збагачення вихідної популяції клітин мутантами. Наприклад, для одержання мутантних ауксотрофних і температурочутливих клонів блекоти гаплоїдні протопласти мезофілу листків обробляють мутагеном нітрозогуанідом одразу після їх виділення або після 24–48 годин культивування.

Особливості індукованого мутагенезу *in vitro*. Основною вимогою для успішного використання методу клітинного мутагенезу та добору мутантних клітин на селективних середовищах є наявність добре розроблених систем регенерації рослин. Мутації у таких важливих для сільського господарства культур, як пшениця, кукурудза, рис, ячмінь, соя, люцерна, конюшина, що здатні

до ембріогенезу в культурі тканин, значно розширюють можливості практичного використання експериментального мутагенезу та селекції *in vitro*.

В Україні дослідження в галузі біотехнології розпочалися у 1980 році з вивчення молекулярної біології і генетики в Інституті фізіології рослин і генетики.

Сьогодні до провідних установ, що здійснюють дослідження у цій сфері, належать: Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН, Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Інститут садівництва НААН, Селекційно-генетичний інститут, Інститут картоплярства НААН та інші. Багато наукових розробок уже вийшли за межі лабораторій і впроваджені у промислове виробництво.

Технологія клонального мікророзмноження рослин постійно розвивається та вдосконалюється. Наразі вже введено в культуру понад 1000 видів декоративних, овочевих, технічних і деревних рослин.

4.2. Експериментальна гаплоїдія та поліплоїдія в селекційному процесі

У рослинному світі екологічне адаптивне пристосування в багатьох випадках зумовлюється гібридизацією та утворенням поліплоїдних форм. Зокрема, міжвидова та міжпопуляційна гібридизація постійно спостерігається в природі, у тому числі між культурними видами рослин і бур'янами, що значно прискорює еволюцію інвазійних видів. Понад 75 % вивчених видів рослин є поліплоїдними, причому переважають алополіплоїди. Крім того, для деяких видів характерні внутрішньовидові й навіть внутрішньосортіві поліплоїдні серії, особливо серед злаків і декоративних рослин. Наприклад, багато видів пасовищних трав формують поліплоїдні комплекси, у складі яких значна частка анеуплоїдних форм і рослин із непарними рівнями плоїдності. Така структура популяції підтримується поєднанням статевого й апоміктичного розмноження.

Явище гаплоїдії було відкрито у 1922 році. Першу гаплоїдну рослину експериментально отримано в дурману (*Datura stramo-*

nium L.). Це відкриття привернуло значну увагу і вже незабаром з'явилася велика кількість наукових досліджень у цьому напрямі. Уже в середині 1930-х років у багатьох країнах, зокрема і в Україні (Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Я. С. Модилевський), було отримано та вивчено десятки гаплоїдних форм у різних видів рослин. Саме тоді було висунуто ідею про важливе значення гаплоїдії для генетичних досліджень, зокрема — про можливість отримання із гаплоїдів гомозиготних ліній та використання їх у селекції. Теоретичні припущення підтвердилися після того, як Г. Моррісоном у 1922 році було отримано першу гомозиготну лінію томатів з гаплоїдів.

На початку 1970-х років явище гаплоїдії було виявлено практично в усіх основних культурних рослин. Гаплоїди почали активно використовувати в селекційно-насінницькій роботі з такими культурами, як кукурудза, тютюн, картопля, томати, бавовник. Насамперед це зумовлено можливістю використання гаплоїдів для отримання гомозиготних ліній як у самозапильних, так і перекреснозапильних рослин. Для перших це дає перевагу перед необхідністю проведення численних повторних циклів інбредних схрещувань, а для других — дає змогу скоротити тривалість періоду досягнення стабільної гомозиготності. Крім того, гаплоїдія дає можливість виявляти лінії рослин з різноманітними комбінаціями ознак уже в першому статевому поколінні (F_1). Застосування гаплоїдів збільшує ефективність добору за рецесивними ознаками, а відсутність домінантності (оскільки кожна ознака у гаплоїдів представлена одним алелем) сприяє прискоренню добору потрібних генотипів за фенотиповими проявами.

Алополіплоїди гаплоїда (полігаплоїди) здатні швидко досягти хромосомної гомології. Вони також дають змогу значно швидше, ніж за традиційних методів схрещування, переносити ядерні гени у будь-яку чужорідну цитоплазму та вже за одне-два покоління отримувати нові комбінації цитоплазматичних та ядерних спадкових факторів.

Слід зазначити, що в останні роки накопичується дедалі більше даних про те, що саме цитоплазма містить спадкові детермінанти, які визначають господарсько-важливі ознаки, цитоплазматичну чоловічу стерильність, гетерозис, стійкість проти багатьох стресових факторів, шкідників, збудників хвороб, тривалість вегетаційного періоду, рівень спонтанної мутабельності тощо.

Важливо також, що в разі використання гаплоїдів перенесення ядерного геному в іншу цитоплазму відбувається в «чистому» (незміненому) вигляді, тоді як за зворотних схрещувань (бекросів) структура ядерного геному може істотно змінюватися внаслідок кросинговеру.

Використовують гаплоїди і для інших цілей. Проте методи виявлення спонтанних гаплоїдів та їх експериментального отримання (зокрема віддалена гібридизація, температурні шоки, оброблення фітогормонами) були трудомісткими й малоефективними — частка виходу гаплоїдних рослин рідко перевищувала 1 %. Це значною мірою стримувало широке впровадження гаплоїдії в практичну селекційну роботу.

Наприкінці 1960-х — на початку 1970-х років були закладені основи технологій отримання гаплоїдів в культурі *in vitro*.

Ця гаплоїдна технологія ґрунтується на вирощуванні в стерильних умовах на спеціальних живильних середовищах ізольованих пиляків, пилку, незапліднених насінневих зачатків зав'язей, зародків від віддалених схрещувань, у яких відбувається елімінація хромосом одного з батьків. У разі створення оптимальних умов вихід гаплоїдних рослин-регенерантів за цією технологією стає достатнім для їх масштабного залучення в селекційний процес.

Багато таких гаплоїдів отримано для рослин, які широко використовуються в сільському господарстві: арахіс, батат, виноград, жито, кавове дерево, кукурудза, огірки, перець, пшениця, рис, ріпак, спаржа, суниця, томати, тритикале, тютюн, цукрова тростина, ячмінь.

Гаплоїди є джерелом гомозиготних форм (чистих ліній) у гетерозисній селекції. Для того, щоб отримати фертильні гомозиготні диплоїди, кількість хромосом у клітинах гаплоїдних рослин подвоюють. Цього досягають різними методами, зокрема обробленням колхіцином та іншими поліплоїдогенами. Такий підхід є традиційним методом одержання поліплоїдних форм. Необхідні концентрації колхіцину або інших речовин і тривалість експозицій залежать від виду рослин.

Можливість прискорення селекційного процесу через одержання гомозиготних ліній є особливою перевагою використання подвоєних гаплоїдів порівняно з традиційними методами селекції. Вважають, що ефективність застосування гаплоїдів у селекції залежить від таких факторів, як:

- тривалість селекційного циклу. У цьому разі використання гаплоїдів як джерела гомозиготних диплоїдів є перспективнішим порівняно з диплоїдами, які розщеплюються за кількома ознаками;
- кількість фертильних подвоєних гаплоїдів (гомозиготних диплоїдів), які можна отримати та оцінити в одному селекційному циклі;
- характер прояву дії гена, що визначає селективну ознаку (рецесивну, домінантну, адитивну), та вплив умов середовища на цей процес.

Методом диплоїдизації гаплоїдів швидко досягають гомозиготності, і в разі вдалої комбінації генів отримані константи можуть стати основою для створення нових форм. Культивуєючи пиляки рослин, гомозиготні лінії одержують за два-три роки, тоді як традиційна селекція потребує 10–25 років. Методами створення гаплоїдів *in vitro* підвищують ефективність класичної селекції.

Переведення методом колхіцинування диплоїдних форм сортів на тетраплоїдний рівень є одним з напрямів практичної селекції. Сотні сортів різних видів рослин уже переведено на тетраплоїдний рівень. Вершиною експериментальної поліплоїдії стало створення нового виду злаків — тритикале. Це подвоєні гібриди між гексаплоїдною м'якою пшеницею ($n = 42$) і диплоїдним житом ($n = 14$). У результаті одержано нову генетичну конструкцію виду рослин ($n = 56$).

4.3. Генна інженерія (ДНК-технологія)

Офіційним початком становлення генної інженерії та створення генетично-модифікованих організмів можна вважати 1927–1928 роки, коли були опубліковані праці Г. Д. Карпеченка і Ф. Гріффіта.

Зокрема, Георгієм Дмитровичем Карпеченком (1899–1942) було синтезовано нову, невідому в природі видову форму *Raphanobrassica* — гібрид редьки і капусти. Створення рафано-брасики стало першим випадком конструювання нового генотипу. Наприкінці 1970-х років цей напрям дістав назву *генетична (генна) інженерія*.

Фредерік Гріффіт (1879–1941) уперше провів досліді з генетичної трансформації мікроорганізмів (бактерій). Через три роки шведський генетик Арне Мюнтцинг (1903–1984) уперше здійснив ресинтез природного алополіплоїдного виду — богульника.

Суть геномної ДНК-технології полягає в цілеспрямованій перебудові геному прокаріота або еукаріота аж до створення нових видів. У процесі геномної ДНК-технології досягають внесення значної кількості додаткової генетичної інформації. У результаті одержують гібридний організм, що істотно відрізняється від первинного за багатьма ознаками. Такі гібриди є життєздатними лише за умови збереження всіх безумовно необхідних генів, а також за наявності структурної відповідності між продуктами матричного синтезу — білками.

4.3.1. Трансгенні рослини

Трансгенні рослини — це рослини, у генотипі яких містяться рекомбінантні гени, штучно введені методами генної інженерії. Їх створюють у трьох основних напрямках:

- як продуценти фармакологічно активних пептидів (наприклад, вакцин, гормонів, антитіл);
- для підвищення стійкості проти абіотичних стресів (солоність, посуха, холод тощо);
- для підвищення стійкості проти хвороб і шкідників.

Серед трансгенних рослин широко представлені види з інтегрованими генами, що кодують синтез поліпептидів із важливими фармакологічними властивостями.

Першим дослідженням у цій галузі вважається патент фірми Calgene, що стосується експресії інтерферону миші в клітинах рослин. Створені рослини тютюну містили ген, який кодує антиген оболонки вірусу гепатиту В під контролем рослинного промотора.

У трансгенних рослинах уже отримано такі білки, як сироватковий альбумін людини, моноклональні антитіла, фітазу та бактеріальну амілазу. Це лише один з можливих напрямів використання білків людини й тварин у трансгенних рослинах, пов'язаний із реалізацією антибактеріальних властивостей деяких із

них. Наприклад, у результаті трансформації клітин тютюну геном, що містить незмінену ДНК лактоферину людини — залізо-зв'язувального глікопротеїну з вираженою антибактеріальною дією — вдалося досягти експресії відповідного протеїну в рослинних клітинах.

Особливу увагу привертають гени, що змінюють реакцію рослин на стресові умови. Зокрема, введення бактеріального гена *beta*A в тютюн призвело до підвищення солестійкості трансгенних рослин порівняно із вихідною формою на 80 % за концентрації 300 мМ NaCl.

В іншому дослідженні стійкість тютюну до підвищеного вмісту солей у поживному середовищі була досягнута завдяки здатності трансгенних рослин синтезувати й накопичувати манітол у цитозолі клітин. Аналогічно, трансгенні рослини люцерни, модифіковані за допомогою гена супероксидисмутази (*SOD*) з *Nicotiana plumbaginifolia*, виявили вищу толерантність проти водного дефіциту порівняно з немодифікованими аналогами.

Пошук шляхів підвищення холодостійкості рослин призвів до розроблення методів, які ґрунтуються на зміні співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот у клітинних мембранах. Японськими дослідниками був клонований ген, що кодує фермент, активність якого сприяє підвищенню частки ненасичених жирних кислот у складі мембран. У результаті трансформації тютюну цим геном отримано рослини з підвищеною стійкістю проти понижених температур.

За умови від'ємних температур у рослинних тканинах утворюються кристали льоду, які порушують цілісність клітин і спричиняють загибель рослин. Центрами кристалізації можуть виступати деякі білки. Зокрема, у *Nicotiana tabacum* і *Solanum commersonii* було інтегровано ген *inaZ*, який кодує білок, що слугує центром кристалізації льоду бактерії *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. У трансгенних рослинах обох видів спостерігалось суттєве збільшення активності кристалізації льоду порівняно з контрольними зразками. За найвищого рівня експресії гена кількість ядер льоду сягала понад 100 на 1 мл тканини, що в декілька разів перевищувало аналогічний показник у контрольних рослин *S. commersonii*. Формування численних дрібних кристалів може запобігати пошкодженню клітин великими льодовими структурами.

У разі надходження важких металів у рослини вони зв'язуються фітохелатинами. Однак на сьогодні процес синтезу фітохелатинів у рослин недостатньо вивчений для розроблення генетично-інженерних підходів, спрямованих на зниження вмісту важких металів у рослинних тканинах.

Окрім фітохелатинів, рослини синтезують також металопротеїни — багаті на цистеїн білки, здатні ефективно зв'язувати важкі метали. Основним напрямом створення трансгенних рослин, стійких до важких металів, наразі є перенесення генів, які кодують синтез металопротеїнів.

Трансгенні рослини, модифіковані геном *MTL* ссавців, мали на 60–70 % нижчу концентрацію кадмію у стеблах порівняно з контролем, хоча загальне поглинання кадмію з ґрунту знизилося лише на 20 %.

Генетична інженерія рослин передбачає використання підходів, які дають змогу створювати рослини з підвищеною стійкістю проти важких металів. Один із таких методів полягає у клонуванні та інтеграції в геном рослини гена тваринного походження, що кодує металопротеїн — білок, здатний зв'язувати іонні форми різних важких металів.

Передбачається, що трансгенні рослини, які синтезують металопротеїни, матимуть підвищену толерантність проти техногенного забруднення навколишнього середовища.

Одним із перших досягнень у захисті рослин методами генетичної інженерії стало створення трансгенних рослин, стійких проти вірусів, шляхом введення генів, що кодують білки вірусної оболонки. Такий підхід забезпечує специфічну вірусостійкість, яка, зазвичай, обмежується лише тим вірусом, ген оболонки якого інтегровано в геном рослини. У деяких випадках стійкість виявляється настільки вузькоспецифічною, що проявляється лише щодо мутантного штаму вірусу, але не поширюється на його природну форму, якщо було використано ген білка оболонки саме мутантного варіанту.

Починаючи з 1986 року, коли вперше була виявлена стійкість тютюну проти вірусу тютюнової мозаїки після введення гена його капсидного білка, аналогічний ефект стійкості отримано для багатьох вірусів з різних таксономічних груп.

Альтернативним підходом до створення вірусостійких трансгенних рослин є введення генів, що кодують РНК-залежну РНК-

полімеразу (репліказу). У низці випадків така форма стійкості була настільки ефективною, що повністю пригнічувала накопичення вірусів в інокульованих рослинах.

Найраціональнішим підходом у генетичній інженерії до створення стійких проти вірусів трансгенних рослин є спрямований вплив на процес вірусної реплікації. Стійкість, пов'язана з реплікацією, може бути ефективною оскільки безпосередньо перешкоджає відтворенню вірусних частинок. Застосування модифікованого гена реплікази дає змогу забезпечити широкий спектр вірусостійкості.

Стійкість проти вірусів також можна індукувати введенням генів, що кодують рибозими, — ферменти, здатні розщеплювати РНК вірусів у звичайній або антисмисловій орієнтації. Є дані про те, що мутантні білки можуть впливати на активність білків, відповідальних за транспортування вірусу тютюнової мозаїки (ВТМ). Крім того, продемонстровано ефективність створення трансгенних рослин, які експресують гени одноланцюгових антитіл (scFv) проти вірусу мозаїки артишоку, що забезпечує вірусостійкість.

Першою трансгенною рослиною, що експресує гени *Bt*, стала картопля, яка синтезує інсектицид проти колорадського жука; її було одержано фірмою «Монсанто». У США компанії «Піонер», «Монсанто» і «Декалб» створили й поширили трансгенну кукурудзу. Протеїн *Bt* активний не лише проти стеблового кукурудзяного метелика (*Ostrinia nubilalis* Hb.), але й проти вогнівки кукурудзяної південно-західної (*Diatraea grandiosella* Dyar) і кукурудзяної листової совки (*Spodoptera frugiperda* J.E.Smith). Трансгенні сорти деяких культур поширюються дуже швидко. Уже в 1986 році 40 % всіх площ бавовнику в США були засіяні трансгенними сортами. Тоді ж трансгенна кукурудза та соя, стійка проти гербіциду Раундап, займали площі по 80 000 га, картопля — 7200 га. У Канаді того ж року трансгенний ріпак, стійкий проти гербіциду Ліберті, вирощувався на 20 000 га.

Станом на сьогодні у світі вирощується 81 % трансгенних рослин, стійких проти гербіцидів, 28 % — стійких проти шкідників і 9 % — проти гербіцидів і шкідників (зокрема, це соя, кукурудза, бавовник і ріпак). Ведеться активний пошук підходів до різкого підвищення продуктивності рослин. Завдяки використанню трансгенних рослин частково вирішено проблеми гербіцидо-

стійкості, стійкість проти шкідників, вірусів, грибних і бактеріальних захворювань, а також регулювання строків дозрівання й збільшення загальної продуктивності.

4.3.2. Трансгенні тварини

Тварини, у геном яких інтегровано різні чужорідні генетичні конструкції, називаються *трансгенними*. До сьогодні більшість експериментів у цьому напрямі проведено на лабораторних тваринах — мишах, крисах, морських свинках, жабах, дрозофілах тощо. Досліджено частоту інтеграції чужорідних генів, характер їхньої експресії, вплив локалізації генетичних вставок на експресію та розвиток організму, а також вплив інтегрованих генів на інтенсивність експресії.

Програми, спрямовані на отримання трансгенних сільськогосподарських тварин з поліпшеними продуктивними характеристиками, умовно поділяють на три напрями:

- прямий вплив на розміри та швидкість росту тварин;
- селективний вплив на продукти, одержані від тварин (наприклад, вовна або молоко);
- вплив на складнорегульовані фізіологічні процеси (зокрема на репродукцію або детермінацію статі).

Австралійські вчені першими у світі створили трансгенних овець, у геном яких було інтегровано чужорідний ген *MT-I-GH*, що зумовлює інтенсивний синтез гормонів росту. Через два-чотири роки такі вівці за масою у 1,5 раза перевищували однолітків тієї ж породи. Надалі планується впровадження генів, які регулюють ріст вовни та підвищують резистентність проти захворювань.

Достатньо добре нині вже розроблена технологія створення трансгенних свиней. Частота інтеграції чужорідної ДНК в геном становить у середньому до 10 % від кількості народжених тварин. Розмноження трансгенних свиней уже здійснюється на невеликих спеціалізованих фермах. За масою вони удвічі-тричі перевищують звичайних свиней.

Одержані трансгенні кролики з чужорідним геном гормону росту за масою перевищують звичайних у 1,5–2 рази. Трансгенні корови і кози дають на 25–30 % більше молока порівняно із тваринами звичайних порід.

Вважається, що трансгенні рослини і тварини є одним з найперспективніший напрямів біотехнології для розв'язання продовольчих і медичних проблем у найближчі десятиліття. Трансгенні тварини — зокрема кози, вівці, свині, корови — використовуються для секреції високоактивних речовин для медицини і фармакології під промоторами так званих «генів молока».

Отже, біотехнологічна «революція організмів» успішно розпочалася.

ВИСНОВКИ

У процесі експериментальної органічної еволюції організмів проявилася масштабна прихована (змодельована) генетична кодова програма мінливості ознак, що призвело до створення нових форм із властивостями, яких в адаптивній живій природі немає.

До системи експериментального генетичного перетворення організмів належить:

- контрольована зміна системи розмноження у рослин (елітне і гібридне насіння);
- у тварин — штучне, цілеспрямоване запліднення;
- у птахів — масове інкубаційне розмноження.

У таких організмах природну адаптацію практично повна замінено на штучну, яка забезпечує життєздатність і розкриття генетичного потенціалу продуктивності. У рослин це — технології вирощування сортів і гібридів та система захисту від хвороб і шкідників. У тварин і птахів — гігієна утримання, режим і раціон годівлі, специфічне вирощування молодняка, а також ветеринарне й фармакологічне забезпечення життєздатності організмів.

Штучний добір набув багатовекторності (на відміну від одновекторного природного добору) і має свої особливості в селекційному процесі для кожного виду організмів.

Нині ми спостерігаємо унікальний масштаб фенотипової мінливості експериментальних організмів. Її витоки — у процесі доместикації, що почався з біологічної ізоляції рослин і тварин. Унаслідок цього рослини стали монокультурами, а тварини — домашніми. Без прямого генетичного втручання, лише завдяки зміні умов середовища утримання, розмноження та штучного добору за конкретними ознаками, протягом багатьох поколінь відбулися настільки глибокі генетичні зміни, що доместиковані організми вже не можуть існувати у природному середовищі.

Щоб усвідомити масштаб селекційно-еволюційних змін,

досить поглянути на качани кукурудзи (віком близько 5 тисяч років), знайдені під час розкопок у Мексиці, — вони удесятеро менші, ніж у сучасних гібридів. Порівняно з дикими предками, молочна продуктивність великої рогатої худоби та кіз зросла у 8–12 разів. Або ж — уявіть кімнатну собачку розміром з долоню, предком якої є сучасні вовки чи шакали. Гама забарвлення й морфологічна різноманітність декоративних рослин не піддаються порівнянню з природними квітами. Це — реальні приклади експериментальної еволюції та генетичного перетворення організмів.

Біологічна ізоляція організмів, відібраних з їхнього природного середовища в умови індивідуального штучного середовища, супроводжується реакцією організмів на зміну середовищ існування. Упродовж тисячоліть domestикаційного періоду, без безпосереднього генетичного втручання, відбувався процес перевизначення генетичної кодової програми шляхом реалізації прихованої потенційної спадкової інформації. Це спричинило поступове формоутворення нових організмів.

Такий факт дає підставу припустити, що на основі прояву змодельованої (прихованої) програми генетичної мінливості ознак реалізується один із механізмів природного еволюційного процесу — формоутворення і видоутворення організмів. Основна відмітність полягає лише в характері добору: природному або штучному.

Штучний добір за цільовими ознаками прискорює процес еволюційного формоутворення, водночас поступово змінюючи природну адаптацію на штучну. Натомість природний добір діє односпрямовано — за ознаками адаптивної життєздатності — й, відповідно, еволюційні зміни нових генотипів відбуваються значно повільніше.

Зазначимо, що в історичному аспекті роль середовища у виникненні різноманіття форм живих організмів була сформульована ще Жаном Батистом Ламарком (XVIII ст.).

Жорж Кюв'є (XIX ст.) у своїй теорії катастроф висловив припущення, що періодичні планетарні різкі зміни геолого-кліматичних умов призводили до зміни фауни в різні етапи історії Землі.

Свого часу ці дві теорії спричинили чимало суперечок, а теорія Кюв'є навіть визначалася заперечною. Однак, якщо інтегрувати сучасні знання про генетичні чинники органічної еволюції, обидві концепції набувають наукової обґрунтованості.

Історична поетапність масштабних змін у видовому складі флори та фауни, що відбувались протягом сотень мільйонів років за більш ніж чотири мільярди років розвитку життя на Землі, є незаперечним фактом, підтвердженим палеонтологічними дослідженнями. Прихована змодельована генетична кодова програма еволюційного органічного процесу спрямована на перспективу зміни формоутворення та адаптивності щодо потенційних змін умов існування у майбутньому. Цей процес можна розглядати як свідчення гіпотетичного позаземного моделювання життя на нашій планеті.

Земля в цьому контексті постає як жива космічна субстанція, яка, ймовірно, не є унікальною у Всесвіті. Еволюція — це глобальний космічний інформаційний процес, що охоплює як живу, так і неживу природу. Після первинного доместикаційного процесу створення нових організмів, їх подальше вдосконалення здійснюється шляхом розвитку селекційних методів і технологій, а також сучасних досягнень біотехнологій.

Експериментальна органічна еволюція організмів — це прогресивний і невід’ємний процес творчої діяльності людської цивілізації. На сучасному етапі розвитку людство приблизно на 70 % забезпечується продовольчими ресурсами завдяки результатам цього процесу. Більшість галузей промисловості, що забезпечують життєдіяльність і життєздатність людства, функціонують на основі сировинної бази, отриманої від культурних рослин і свійських тварин.

Не вдаючись у деталізацію механізмів цього явища, слід наголосити: подальший розвиток цивілізації безпосередньо залежить від ефективного використання та вдосконалення продукції експериментального походження — організмів, створених і створюваних людством для власного існування.

Авторами розкрито еволюційно-генетичну суть і практичне значення експериментальної органічної еволюції організмів. Повне усвідомлення та осмислення цих фундаментальних положень ще попереду — як у науковому середовищі, так і в суспільстві загалом. Людству належить усвідомити своє місце в Природі, власну поведінку та еволюційну місію в контексті взаємодії з Живою системою планети.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Апостол М. В.* Теоретико-методологічні та інституціональні основи розведення сільськогосподарських тварин в Україні другої половини 60-х років ХХ — початку ХХІ ст.: наукове середовище академіка М. В. Зубця : дис. ... д-ра іст. наук : 07.00.07 / Нац. наук. с.-г. б-ка НААН. Київ, 2019. 547 с.
2. *Войтенко С. Л.* Селекція сільськогосподарських тварин : навчально-методичний посібник. Полтава : РВВ ПДАА, 2019. 46 с.
3. *Глазко В. І.* Генетично модифіковані організми: від бактерій до людини. Київ : КВІЦ, 2002. 210 с.
4. *Глазко В. І.* Унікальність генофондів domestikованих видів. *Фактори експериментальної еволюції організмів* : зб. наук. праць. Київ : Аграрна наука, 2003. С. 28–32.
5. *Глазко В. І., Корчинський А. А., Роїк М. В.* Природні та експериментальні фактори органічної еволюції. *Фактори експериментальної еволюції організмів* : зб. наук. праць. Київ : Аграрна наука, 2003. С. 12–27.
6. *Глазко В. І.* ДНК-технології у тваринництві. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* : у 4 т. / редкол. : В. В. Моргун (гол. ред.) та ін. Київ : Логос, 2001. Т. 4. С. 58–85.
7. *Голуб Д. М., Моргун В. А., Труханов В. А.* З історії генетики. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* : у 4 т. / редкол. : В. В. Моргун (гол. ред.) та ін. Київ : Логос, 2001. Т. 4. С. 11–23.
8. *Зубець М. В., Буркат В. П., Рубан Ю. Д.* Розвиток вчення про генетику, селекцію і біотехнологію у тваринництві в працях українських вчених. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* : у 4 т. / редкол. : В. В. Моргун (гол. ред.) та ін. Київ : Логос, 2001. Т. 4. С. 13–31.
9. *Кордюм В. А.* Еволюція та біосфера. Киев : Наукова думка, 1982. 234 с.
10. *Корчинський А. А., Літун П. П.* Генетична система сорту. *Урожай та адаптивний потенціал екологічної системи поля* / за заг. ред. П. П. Літуна. Київ : УААН, 1991. С. 13–19.
11. *Кравченко В. А.* Генетика і селекція овочевих і баштанних культур. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* : у 4 т. / редкол. : В. В. Моргун (гол. ред.) та ін. Київ : Логос, 2001. Т. 3. С. 303–331.

12. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Стан і перспективи клонального розмноження рослин в Україні. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* : у 4 т. / редкол. : В. В. Моргун (гол. ред.) та ін. Київ : Логос, 2001. Т. 1. С. 484–501.
 13. Літун П. П., Корчинський А. А. Проблеми створення функціонально орієнтованих сортів та гібридів та чистих екологічно орієнтованих технологій селекційного процесу. *Урожай та адаптивний потенціал екологічної системи поля* / за заг. ред. П. П. Літуна. Київ : УААН, 1991. С. 20–24.
 14. Лісовий М. П. Генетика стійкості рослин до збудників хвороб: аспекти історичного розвитку та перспективи досліджень. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* : у 4 т. / редкол. : В. В. Моргун (гол. ред.) та ін. Київ : Логос, 2001. Т. 2. С. 263–279.
 15. Мельничук М. Д., Новак Т. В., Кунах В. А. Біотехнологія рослин. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2003. 518 с.
 16. Мензюк В. Т., Адамець Ф. Ф., Корчинський А. А. Історичні аспекти селекції рослин в Україні. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* : у 4 т. / редкол. : В. В. Моргун (гол. ред.) та ін. Київ : Логос, 2001. Т. 2. С. 11–23.
 17. Моргун В. В. Спонтанна та індукована мутаційна мінливість і її використання в селекції рослин. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* : у 4 т. / редкол. : В. В. Моргун (гол. ред.) та ін. Київ : Логос, 2001. Т. 2. С. 144–175.
 18. Новак Ж. М. Історія розвитку генетики : методичні рекомендації для проведення лабораторних занять та вивчення дисципліни «Основи генетики» для студентів зі спеціальності 201 Агрономія. Умань : УНУС, 2021. 16 с.
 19. Підпала Т. В. Селекція сільськогосподарських тварин : навчальний посібник. Миколаїв : Видавничий відділ МДАУ, 2006. 277 с.
 20. Роїк М. В., Перетяцько В. Г. Селекція і генетика цукрових буряків за 100 років. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* : у 4 т. / редкол. : В. В. Моргун (гол. ред.) та ін. Київ : Логос, 2001. Т. 3. С. 11–22.
 21. Федорчук М. І., Федорчук В. Г., Коваленко О. А., Корхова М. М. Системи сучасних інтенсивних технологій. Світові агротехнології : методичні рекомендації. Миколаїв : РВВ Миколаївського НАУ, 2019. 45 с.
 22. Читання до 117-річниці з дня заснування Іванівської селекційно-дослідної станції : матеріали студентської наукової конференції (24 квітня 2014 р.). Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2014. 36 с.
 23. Шевцов І. А. Дослідження і використання гетерозису. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* : у 4 т. / редкол. : В. В. Моргун (гол. ред.) та ін. Київ : Логос, 2001. Т. 2. С. 28–48.
-

24. *Darwin C.* The effects of cross and self-fertilisation in the vegetable kingdom. London : John Murray, 1900. URL: <https://www.gutenberg.org/cache/epub/4346/pg4346-images.html>
 25. *Davenport C. B.* Degeneration, albinism, and inbreeding. *Science*. 1908. Vol. 28. P. 454–455.
 26. *Gaul H.* Use of induced mutants in seed-propagated specters. *Symposium on Mutation and Plant Breeding*. Washington : National Academy of Sciences — National Research Council, 1961. P. 206–251. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.4758>
 27. Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops / J. G. Coors, S. Pandey (Eds.). ASA, CSSA, and SSSA Books, 1999. <https://doi.org/10.2134/1999.geneticsandexploitation>
 28. Gowen J. W., Zirkle C., Shull G. H. et al. Heterosis: A Record of Researches Directed Toward Explaining and Utilizing the Vigor of Hybrids. Iowa State College Press, 1952. 566 p. <https://doi.org/10.31274/isudp.1952.35>
 29. *Lerner J. M.* Genetic homeostasis. New York : John Wiley & Sons, 1954. 134 p.
-

Наукове видання

**Микола Володимирович Роїк
Антон Антонович Корчинський**

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА
ОРГАНІЧНА ЕВОЛЮЦІЯ ОРГАНІЗМІВ:
ІСТОРИЧНИЙ АСПЕКТ**

Науковий нарис

Електронне видання

Літературна редакторка
О. П. Шевченко

Коректорка
А. І. Лосєва

Технічний редактор
О. Ю. Половинчук

Комп'ютерне верстання
О. Ю. Половинчук

Погоджено до опублікування 17.07.2025. Формат: PDF.
Гарнітура Georgia. Ум. друк. арк. 2,13.

Видавець

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25
Тел.: (044) 275-50-00; e-mail: sugarbeet@ukr.net
<https://bio.gov.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи серії ДК № 5713 від 19.10.2017

