

<https://doi.org/10.15407/frg2021.02.112>

УДК 631.529:631.526:631.529

## ГЕНЕТИЧНЕ ПОЛІПШЕННЯ РОСЛИН: ОСНОВНІ НАУКОВІ ДОСЯГНЕННЯ ТА ІННОВАЦІЙНІ РОЗРОБКИ

В.В. МОРГУН, О.І. РИБАЛКА, О.В. ДУБРОВНА

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України  
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17  
e-mail: vvmorgun@ifrg.kiev.ua*

У ювілейній статті до 75-річчя ІФРГ НАН України представлено сучасний стан, принципи і методи генетичного поліпшення рослин та основні досягнення науковців Інституту фізіології рослин і генетики НАН України в цьому напрямі. Зроблено ретроспективний огляд відкриттів учених, удостоєних Ленінської премії, Державних премій СРСР та України в галузі науки і техніки, високих урядових нагород. Узагальнено наукові дані стосовно генетичної загрози, яка виникла внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС та техногенного забруднення довкілля. Детально висвітлено практичні здобутки в галузі гетерозисної та мутаційної селекції злаків, використання молекулярних маркерів, генетичної інженерії та віддаленої гібридизації. Викладено результати вивчення і впровадження в програми селекційно-генетичних досліджень нових генів і генетичних систем, що впливають на кількісні та якісні характеристики зерна. Приділено увагу інноваційним розробкам Інституту, зокрема новим високопродуктивним сортам озимої пшениці та гібридам кукурудзи, які широко висівають в Україні та за її межами, їх трансферу в аграрне виробництво.

**Ключові слова:** генетичне поліпшення рослин, основні методи, досягнення, селекція, сорти, Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України.

Генетичне поліпшення рослин і створення сортів нового покоління — один із головних засобів прогресу в сучасному рослинництві. Високу економічну ефективність цього напрямку підтвердила сільськогосподарська практика. Головним його завданням нині є створення сортів і гібридів із високим генетично детермінованим потенціалом продуктивності та якості, стабільною стійкістю до хвороб, шкідників, дії несприятливих чинників навколишнього середовища. Успішне вирішення цього завдання пов'язане з постійним удосконаленням селекційного процесу, його інтенсифікацією внаслідок розширення генетичного різноманіття і впровадження в селекційний процес новітніх досягнень геноміки, протеоміки і метаболоміки, технологій цілеспрямованих мутацій, генетичної інженерії, редагування геномів, різних систем молекулярних маркерів [1–3].

Цитування: Моргун В.В., Рибалка О.І., Дубровна О.В. Генетичне поліпшення рослин: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. 53, № 2. С. 112–127. <https://doi.org/10.15407/frg2021.02.112>

На думку провідних науковців світу, саме генетичне поліпшення рослин невдовзі спричинить нову «зелену революцію», яка дасть змогу істотно збільшити обсяги виробництва продовольства на нашій планеті. Очікується, що в найближчі роки пришвидшення розвитку агровиробництва буде пов'язане з генетичними дослідженнями, що дасть можливість упродовж 20—25 років подвоїти врожаї. Великі транснаціональні компанії та міжнародні проекти ставлять за мету протягом 20 років підвищити генетичний потенціал урожайності сільськогосподарських культур на 50 і навіть на 100 % [4, 5]. Величезні обсяги фінансування досліджень із генетичного поліпшення рослин красномовно свідчать про усвідомлення людством глобальності і значущості проблеми продовольчої безпеки. Саме тому селекція рослин на сьогодні стала найбільш інноваційною галуззю у світі, в якій 12—15 % обігу коштів спрямовується на розвиток, що можна порівняти хіба що з інформаційними технологіями [6].

Генетичне поліпшення рослин ґрунтується на концепціях генетики, фізіології, біохімії та інших суміжних наук. На сучасному етапі розвитку генетики і селекції рослин науковці вивчають складні надмолекулярні й молекулярні системи, які відповідають за реалізацію полігенних господарсько-корисних ознак та адаптацію в мінливих стресових умовах довкілля. Для вирішення цих завдань використовують комплекс новітніх генетичних, біохімічних та молекулярно-біологічних методів досліджень. Це дає змогу відкривати та аналізувати нові гени й генні поєднання, які позитивно впливають на цінні ознаки рослин.

Дедалі актуальнішим стає впровадження досягнень біотехнології в генетико-селекційний процес. Разом із традиційною практикою селекції вона робить внесок у розвиток нових методів генетичних змін розвитку рослин та їх продуктивності. Насамперед це розроблення нових технологій селекційного процесу на основі вдалого поєднання методів селекції і досягнень клітинної та генної інженерії [7—9]. В останні десятиліття значно поширились дослідження з використанням методів генетичної трансформації для створення модифікованих сортів, стійких до екологічних стресів [10—12]. Біотехнологічні підходи дають змогу передавати бажані гени з будь-якого організму і тим самим збільшувати доступний генофонд для поліпшення рослин [13, 14].

Створення високоврожайних пластичних сортів сільськогосподарських культур із комплексом цінних технологічних властивостей значною мірою залежить від ефективності оцінювання селекційного матеріалу. Найефективнішим методом оцінювання вважають розробку ДНК-технологій на основі молекулярних маркерів [15—17]. Застосування молекулярно-генетичних маркерів зменшує масштаби і скорочує терміни селекційних програм. Методи молекулярної селекції, засновані на полімеразній ланцюговій реакції, вже сьогодні уможливають підхід до аналізу генетичного поліморфізму на рівні нуклеотидних послідовностей генів і розширюють перспективи щодо пришвидшення селекції сортів із певними технологічними ознаками [18, 19].

Значення віддаленої гібридизації в створенні нового вихідного матеріалу особливо важливе на сучасному етапі селекційної роботи,

коли часто-густо виникає гостра потреба вийти за межі виду для запозичення необхідних властивостей від інших видів [20–22]. Цей метод дає змогу значно збагатити генофонд культурних рослин і пришвидшити формотворний процес, за якого виникають унікальні форми, що певною мірою відрізняються від тих, що існували раніше. Віддалена гібридизація не тільки сприяє утворенню нових видів, а й забезпечує перенесення генів між видами. Це приводить до мінливості в структурі популяцій і розширює адаптивний потенціал видів в мінливих умовах зростання.

Слід зазначити, що науковці Інституту фізіології рослин і генетики НАН України вперше в нашій державі запровадили комплексні програми генетичного поліпшення рослин, застосувавши методи класичної, молекулярної та інтрогресивної селекції, а також біотехнологічні підходи, що сприяє проведенню цілеспрямованого добору вихідного матеріалу, розширює можливості пришвидшення селекції стійких до екологічних стресів високопродуктивних сортів із певними технологічними ознаками, зокрема й поліпшеною якістю зерна.

Основними напрямками наукових досліджень учених генетичних підрозділів Інституту є генетика і селекція рослин, експериментальний мутагенез, генетична інженерія, біотехнологія та фізіологічна генетика. При цьому головною метою було і залишається генетичне поліпшення найважливіших для України сільськогосподарських культур — пшениці та кукурудзи.

У 1930-х роках вперше в світі було відкрито явище одностійковості цукрових буряків. Його використання в селекції започаткувало еру індустріальних технологій вирощування цієї культури. Автору згаданого відкриття члену-кореспонденту АН УРСР В.П. Зосимовичу та його колегам було присуджено Ленінську премію (1960).

У 1988 р. академіку АН УРСР С.М. Гершензону було вручено диплом на відкриття «Властивість екзогенних ДНК (дезоксирибонуклеїнових кислот) викликати вибірні мутації генів», яке він зробив ще в 1947 р. Академік С.М. Гершензон зі співробітниками відновив розпочаті у довоєнні роки дослідження з вивчення генетичної активності нуклеїнових кислот і вірусів. Вони обґрунтували й експериментально довели існування явища мутагенної дії нуклеїнових кислот. Постулювали та експериментально підтвердили можливі механізми взаємодії екзогенних нуклеїнових кислот із геномами реципієнтних клітин. За отримані результати академік НАН України С.М. Гершензон і його співробітники були удостоєні Державної премії України в галузі науки і техніки (1998).

Загальноновизнаними стали праці вчених, присвячені питанням теорії та методам гетерозисної селекції кукурудзи. Ці роботи завершилися створенням і широкомасштабним впровадженням у виробництво перших у СРСР міжлінійних гібридів. Створені науковцями Інституту міжлінійні ранньостиглі гібриди висівалися від Волинської області до Приморського краю СРСР — в Білорусі, Прибалтиці, нечорноземній зоні Росії, Сибіру, Приморському краї, Казахстані, а також у Німеччині на площі 5,5 млн га, що мало велике державне значення.

Нові ранньостиглі гібриди значно розширили ареал посівів кукурудзи і вперше дали змогу отримати зерно там, де раніше ця культу-

ра не дозрівала, що сприяло значному підвищенню валових зборів зерна в Україні та країнах СНД. На сьогодні науковці створили вже п'яте покоління гібридів кукурудзи, які придатні також для використання як сировина для біопалива. Генетичний потенціал продуктивності нових гібридів сягає 140—160 ц/га зерна і понад 1000 ц/га листостеблової маси.

Вагомим етапом досліджень стали роботи науковців з розвитку теоретичних основ індукованої мутаційної мінливості, на основі чого був обґрунтований новий напрям генетичного поліпшення рослин — мутаційна селекція [23]. У результаті цих досліджень створено напівкарликові пшениці принципово нового типу. Їх впровадження у виробництво завдяки великому соціальному значенню отримало назву «зелена революція». Впровадження вперше створених в Україні напівкарликових сортів пшениці забезпечило зростання генетичного потенціалу цієї культури на 25—30 % і визначило базові основи «зеленої революції» в нашій державі.

Дослідження вчених з проблем гетерозису, генетичних основ мутаційної селекції, створення принципово нового типу напівкарликових пшениць і ранньостиглих міжлінійних гібридів кукурудзи були відзначені Державною премією СРСР в галузі науки і техніки (1986), шістьма Державними преміями України в галузі науки і техніки (1981, 1982, 1997, 1998, 2013, 2014) премією президентів академій наук України, Білорусі, Молдови (2002), вісьмома преміями НАН України імені В.Я. Юр'єва (1978, 1993, 2000, 2002, 2010, 2013, 2017, 2020) та імені Л.П. Симиренка НАН України (2005).

У 1986 р. нашими науковцями одними з перших були розпочаті унікальні багаторічні дослідження, пов'язані з генетичною загрозою, яка виникла внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Було доведено, що Чорнобильська зона відчуження продовжує залишатись генетично небезпечною [24, 25]. Подолання наслідків аварії — питання міжнародної ваги, воно потребує всебічного вивчення, щоб забезпечити майбутні покоління.

Крім того, вперше експериментально встановлено, що внаслідок техногенного забруднення природними радіонуклідами територій розміщення підприємств уранодобувної промисловості в Україні сформувались зони підвищеного радіаційного фону, мутагенна активність яких за показниками частоти цитогенетичних порушень і видимих мутацій не поступається ближній зоні відчуження ЧАЕС [26, 27]. Разом з тим виявлено, що за дії техногенних мутагенних чинників навколишнього середовища вірогідне отримання мутантних форм із поліпшеною якістю зерна пшениці, які водночас зберігають потенціал урожайності вихідного сорту. Розширення генетичної різноманітності вихідного селекційного матеріалу за використання мутагенної активності ксенобіотиків створює перспективи для його застосування з метою реалізації селекційно-генетичних програм поліпшення сортів пшениці.

Інститут лідирує в галузі розробки теоретичних і практичних заходів біотехнологічного поліпшення сільськогосподарських рослин та отримує цим шляхом сорти-інновації злакових культур [28]. Досягнення останніх років у галузі геноміки, молекулярної біології та гене-

тичної інженерії рослин покладено в основу нових методів селекційної роботи, заснованих на використанні ДНК-технологій і на спрямованій генно-інженерній модифікації рослин. Науковці приділяють значну увагу використанню природних генетичних ресурсів рослин, що визначають їхні господарсько-цінні ознаки, при цьому багаторазове пришвидшення селекційної роботи досягається в результаті застосування молекулярних маркерів відповідних ознак [29].

Серед генетичних досліджень значне місце відведено формуванню принципово нових поглядів щодо генетичної інженерії, біотехнології і фізіологічної генетики. З метою виконання таких досліджень в Інституті створено два підрозділи, в тому числі відділ генетичної інженерії та один спільний підрозділ в Інституті клітинної біології та генетичної інженерії НАН України. Відділи забезпечені сучасним обладнанням, у них працюють висококваліфіковані фахівці, які пройшли стажування за кордоном.

У результаті проведення досліджень за цими напрямками вперше було отримано трансгенні рослини кукурудзи, що в 1970-х роках стало пріоритетним результатом не лише в Україні, а й у світі. Запропоновано систему методів інтеграції трансгенів у геном сільськогосподарських рослин. Розроблено методи мікроклонального розмноження сортів хмелю, цукрових і кормових буряків вітчизняної селекції [30].

Ґрунтовні дослідження з проблем розробки біотехнології космічного рослинництва виконали учені у складі українсько-американського творчого колективу науковців і космонавтів, які брали участь у спільному експерименті з рослинами на космічному кораблі «Колумбія» (США, Флорида, 1997). Результати цих досліджень використовують у програмах освоєння нових планет.

Завдання створення рослин, толерантних одночасно до кількох стресових чинників стає дедалі актуальнішим через глобальні зміни клімату. В Інституті вперше методом прямого добору *in vitro* було створено стійкі до метаболітів збудника офіобольозної кореневої гнилі рослини м'якої пшениці [31]. Розроблено ефективну біотехнологію пришвидшеного отримання нових генотипів пшениці з підвищеною стійкістю до офіобольозної кореневої гнилі і водного дефіциту, отримано рослини, стійкі до комплексу стресових чинників [32]. Вперше біотехнологічним шляхом створено рослини м'якої пшениці, толерантні до кількох абіотичних стресорів, які спричинюють зневоднення тканин [33]. У стійких до водного дефіциту рослин пшениці на певних хромосомах виявлено специфічні алелі гена *Dreb1*, що уможливило диференціювання стійких і нестійких генотипів [34]. Ці технології можна використовувати у селекції пшениці на комплексну стійкість до стресових чинників довкілля.

Науковці ІФРГ НАН України інтенсивно розробляють новітні молекулярні біотехнології з впровадженням різноманітних стратегій, у тому числі спрямованих на отримання стійких форм інтеграцією в геном культурних рослин рекомбінантних молекул ДНК, здатних на генетичному рівні контролювати процеси стійкості. Відкриття коротких інтерферуючих РНК створило принципово нові можливості для генетичного поліпшення культурних рослин [35]. Співробітники Інституту є піонерами в Україні з розробки нового напрямку генетич-

ної інженерії — siРНК-технологій, зокрема біотехнологічних способів отримання стійких до посухи сільськогосподарських рослин [36]. На основі власних практичних розробок удосконалено методи інтеграції рекомбінантних молекул ДНК у геном озимої пшениці, створено біотехнологічну систему *in vitro* для проведення генетичної трансформації в культурі апікальних меристем пагонів [37]. Вперше розроблено молекулярну біотехнологію коротких інтерферуючих РНК для пришвидшеного отримання нових генотипів пшениці, стійких до абіотичних стресів, яка вдосконалює біотехнологічні прийоми розширення генетичного потенціалу пшениці [38]. Методами генетичної інженерії отримано трансгенні рослини пшениці, кукурудзи, соняшника з підвищеним рівнем стійкості до водного дефіциту, які придатні для використання в селекційних програмах із генетичного поліпшення цих культур [39—41].

Пріоритетними є дослідження науковцями Інституту особливостей структурно-функціональної та стрес-індукованої мінливості геному пшениці, яка виявляється на цитологічному та молекулярно-генетичному рівні в процесі отримання стійких форм [42]. Встановлено фізіолого-біохімічні та цитогенетичні особливості генетично-модифікованих генотипів, зумовлені наявністю та експресією гетерологічних генів [43—45]. Наукову новизну біотехнологічних досліджень захищено 12 патентами України, які стосуються способів підвищення регенераційної здатності калюсних культур за клітинної селекції та генетичної інженерії, а також прийомів отримання рослин у культурі *in vitro*. Ці розробки нині активно використовують у роботі науковці Інституту клітинної біології і генетичної інженерії НАН України, Інституту харчових біотехнологій та геноміки НАН України, Національного ботанічного саду НАН Білорусі, Інституту біології Уфимського наукового центру РАН, інших науково-дослідних і селекційних установ.

Традиційна селекція сьогодні трансформується у MAS-селекцію, або селекцію на основі молекулярних маркерів, із широким застосуванням QTLs (локуси кількісних ознак) для контролю комплексу полігенних ознак, з якими переважно працює селекціонер. Селекційні дослідження Інституту повністю перейшли на новий молекулярний рівень, що у 2—3 рази пришвидшує селекційний процес, дає змогу створювати сорти рослин із принципово новими властивостями.

Науковцями Інституту розроблена й оптимізована система ДНК-маркерів для селекції й генотипування сортів пшениці, ячменю, спельти та тритикале за генами, які детермінують важливі господарсько-цінні ознаки [46]. На основі молекулярно-генетичного аналізу зразків світового, вітчизняного та власного генофонду озимої пшениці виділено донори стійкості до основних хвороб і шкідників із метою подальшого їх використання в селекції на резистентність до шкідливих організмів за умов глобальних змін клімату [47]. Розроблено технологію маркер-допоміжної селекції за певними генетичними детермінантами, які контролюють цінні фізіологічні ознаки. Підібрано маркерні системи для ідентифікації пшенично-житніх транслокацій 1BL.1RS та 1AL.1RS у сортах озимої м'якої пшениці

[48]. Сорти озимої пшениці, створені в Інституті з використанням пшенично-житніх транслокацій, нині займають домінуючі посівні площі не тільки в Україні, а й за її межами.

Створено систему ДНК-маркерів для генотипування сортів пшениці за генами, які контролюють цінні ознаки якості зерна. Проведено скринінг нових елітних сортів, гібридів та інтрогресивних ліній на поширення алельних варіантів господарсько-корисних генів. Виявлено потенційних донорів алелів, які зумовлюють підвищення вмісту білка і мікроелементів, кодують біосинтез крохмалю; детермінують низьку активність поліфенолоксидазних ферментів; контролюють знижений вміст амілози; відповідають за накопичення каротиноїдів, позитивно впливають на хлібопекарську якість борошна, визначають пігментацію пшеничного зерна та стійкість до його проростання у колосі [49–53]. На підставі визначення найліпших асоціацій алелів маркерних локусів сформовано колекцію високоякісних ліній пшениці, адаптованих до місцевих умов вирощування, як селекційний матеріал для створення червонозерних і білозерних сортів екстрасильної й бісквітної пшениці. Результатом виконаних досліджень стало обґрунтування наукових основ молекулярної селекції пшениці на високі продуктивність і хлібопекарську якість.

Нові сорти-інновації, створені в ІФРГ НАН України, є носіями оригінальних алелів глютенін- та гліадинкодувальних локусів, які не трапляються у відомих каталогах і раніше не виявлялись в українських сортах. Отримано низку унікальних генотипів за алельним складом генів запасних білків, придатних для створення принципово нових для України сортів пшениць хлібопекарського та кондитерського призначення [54, 55].

Сучасні селекційні програми потребують постійного збагачення новою генетичною плазмою, без якої прогрес у селекції сільськогосподарських культур неможливий. Ресурс такого потужного джерела генетичної плазми, як віддалена гібридизація, ще далеко не вичерпаний. Прикладом може слугувати пшениця, де інтрогресія в культуру генетичного різноманіття віддалених видів триває вже не одне десятиліття, та й досі дикорослі злаки залишаються важливим джерелом агрономічно цінних генів для поліпшення нових сортів культури.

Для створення нового селекційного матеріалу пшениці в провідних селекційних центрах світу найактивніше використовують генетичне різноманіття дикорослого егілопсу тауші, який є донором ключового геному D культурної гексаплоїдної пшениці і відповідає за її найважливіші агрономічні характеристики, такі як урожайність і якість зерна, стійкість до хвороб і стресових чинників довкілля. Найефективнішим шляхом інтрогресії генетичної плазми егілопсів є використання у схрещуваннях з культурною пшеницею штучно створених гексаплоїдних синтетиків, що є потужним джерелом її поліпшення за комплексом агрономічних ознак. Саме цим методом створено два сорти озимої пшениці — Аміна і Джамала, придатні для розповсюдження на Півдні України і занесені до Державного реєстру сортів рослин України.

Від схрещувань з егілопсом тауші в геном пшениці було перенесено унікальний чужинний алель гена *Ha(ts)*, що детермінує екстрем'який

тип консистенції ендосперму пшениці. На основі отриманого унікального генетичного матеріалу створено й занесено до Державного реєстру сортів рослин України два сорти екстрам'якозерної пшениці: червонозерний Оксана та перший в Україні сорт білозерної пшениці Білява [56].

Для селекції сортів хлібопекарської пшениці з генетично детермінованою високою й екстрависокою хлібопекарською якістю особливо цінними є гени із сильними позитивними ефектами на цю ознаку. За цілеспрямованих схрещувань у геном цієї культури перенесено цілу серію алелів глютенін- і гліадинкодувальних локусів і тим самим створено генетичну базу для селекції екстрасильних за характеристиками хлібопекарської якості сортів пшениці. Так, від егілопсів було інтрогресовано оригінальні алелі *Gli-D1ts* і *Gli-D1cyl* із позитивним ефектом на реологію тіста, які не траплялися в українських сортів. У селекційних програмах науковці Інституту використовують унікальні алелі локусу *Glu-1*, що кодує біосинтез високомолекулярних глютенінів, зокрема алелі *Glu-B1al*, *Glu-D1x5* та *Glu-A1x2\**, що дає змогу створювати селекційний матеріал пшениці із запрограмованою екстрависокою хлібопекарською якістю борошна [54].

Вміст білка у зерні є першим показником, що лімітує як харчові, так і технологічні характеристики зерна пшениці. Нами виконані комплексні дослідження генетичних ефектів гена *Gpc-B1*, що дало змогу започаткувати технологію добору ліній м'якої озимої пшениці з поліпшеною якістю зерна [51, 57—59]. Отримано агрономічно цінні селекційні лінії озимої пшениці які за урожайністю не поступаються ліпшим сортам-стандартам, мають задовільну виповненість зерна і вміст білка на 2 % вищий, ніж у стандартах та підвищений вміст ключових нутрієнтів — заліза, мангану, цинку й селену.

Вчені Інституту виконують важливі дослідження стосовно зміни співвідношення компонентів крохмалю амілоза : амілопектин для всіх зернових культур, що має стратегічно важливе технологічне і харчове значення.

Ми ініціювали програму селекції сортів м'якої пшениці круп'яного напрямку використання (крупя, пластівці), яка в Україні взагалі відсутня. Генетичною основою для створення таких сортів є характеристики зерна — його колір та консистенція ендосперму (твердість). Становить інтерес білозерна пшениця, яка на відміну від червонозерної має м'який приємний смак без гіркоти, характерної для червонозерної пшениці. Вперше в Україні створено й зареєстровано сорт білозерної екстрам'якозерної пшениці під назвою Білява. Наразі вже створений матеріал білозерної твердозерної пшениці з високою хлібопекарською якістю. Перспективна селекційна лінія цієї категорії передана в Державне сортовипробування під назвою Біла.

Генетики Інституту обґрунтували новий для України напрям селекції злакових культур із кольоровим зерном з метою підвищення харчової цінності зерна, що є основою для появи на продовольчому ринку нашої держави нових продуктів функціонального харчування [60—64]. Для цього успішно здійснюється біофортificaція зерна селекційним привнесенням у генотип рослини унікальних генів дикорослих родичів, здатних поліпшувати його антиоксидантну актив-



ність. Створено оригінальний селекційний матеріал і сорти пшениці, ячменю, спельти з різним кольором зерна (фіолетовим, чорним, синім) та його високою біологічною цінністю. Вперше в Україні зареєстровано сорти озимої пшениці з фіолетовим зерном круп'яного і хлібопекарського використання з поліпшеною біологічною цінністю зерна Чорноброва і Чорнозерна. Відпрацьовуються інтенсивні технології нарощування обсягів виробництва насіння для їх широкого впровадження.

Розвиваються також нові напрями дослідження зі створення сортів спельти з оригінальними властивостями для харчового застосування. Створено серію селекційних ліній тритикале з червоним і білим колосом, високими посухостійкістю, виповненістю та вимолотом зерна [65]. Лінія тритикале з червоним колосом занесена до Державного реєстру сортів рослин України під назвою Пріоритет. Білоколоса лінія тритикале передана до Державного сорто випробування під назвою Альбіна. Ініційована і забезпечена спеціальною генетичною базою програма селекції сортів голозерного ячменю (ярого, озимого та альтернативного типу розвитку) харчового використання з підвищеним вмістом у зерні білка, розчинної дієтичної клітковини, амілози, мінерального фосфору, біоактивних поліфенольних сполук антоціанінів і фітомеланінів з високою антиоксидантною активністю, та створення голозерного ячменю з унікальними харчовими характеристиками й ультранизьким вмістом у зерні глютену [66].

Характерною особливістю діяльності науковців Інституту є не лише широта наукових інтересів, а й їх прикладна цілеспрямованість. У наукових працях учених органічно поєднані фундаментальні дослідження з вирішенням актуальних прикладних проблем державного значення. За роки самовідданої праці створено унікальні форми рослин, що ознаменувало розвиток окремих напрямів генетико-селекційних досліджень і отримало визнання світової наукової спільноти.

Стратегічним напрямом селекційної роботи з пшеницею є висока продуктивність сортів у поєднанні зі стійкістю до лімітуючих урожай чинників, передусім — із посухостійкістю. Започатковано новий напрям селекції й уперше в Україні створено сорти озимої пшениці західноєвропейського типу, адаптовані для вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Степової, Лісостепової та Поліської зон України. З урахуванням кліматичних умов та господарських можливостей створено сорти різного ступеня інтенсивності [29].

Високоінтенсивними сортами озимої пшениці є Смуглянка, Золотоколоса, Чорнява, Фаворитка, Дарунок Поділля, Астарта, Новосмуглянка. Ці сорти, створені методом хромосомної інженерії, мають комплексний імунітет до основних хвороб і придатні для вирощування в органічному землеробстві та на зрошуваних площах. Сорти Смуглянка, Золотоколоса, Фаворитка, Астарта вперше за всю багатовікову історію України забезпечили отримання рекордних урожаїв зерна — відповідно 124,0; 125,0; 131,8 і 140,0 ц/га.

Рекордні врожаї нових сортів засвідчили важливе значення нової генетики у забезпеченні продовольчої безпеки нашої планети. Генетика, селекція, сорт, насіння — це складові національної безпеки України, зокрема і продовольчої. Унікальною особливістю групи висо-

коінтенсивних сортів озимої пшениці є висока ефективність використання азоту. Високоінтенсивні сорти за оптимальних норм мінерального живлення, висіяні по будь-яких попередниках, але в оптимальні для даної зони строки, дають максимальні врожаї в усіх зонах України. Вони створені для інтенсивних технологій, для добрих господарів.

До сортів універсального використання належать Подолянка, Богдана, Наталка, Снігурка, Софія Київська та ін. Слід зазначити, що сорти цієї групи мають високу екологічну пластичність, не вибагливі до умов вирощування, різних типів і видів сівозмін. Сорти універсального використання дають стабільні врожаї в усіх зонах України і є, по суті, страховими сортами. Особливу увагу слід приділити неперевершеним за виробничою надійністю сортам Подолянка і Богдана. Вони створені для різних рівнів господарювання, в тому числі — за сучасних кризових умов.

На сьогодні вже підготовлено нове гідне поповнення до зазначених вище сортів, що вийде на ринок через 2—3 роки. Серед нових сортів — Городниця, Новосмуглянка, Бужанка, Краснопілка, Київська 17 та ін. У трьох ґрунтово-кліматичних зонах (Степ, Лісостеп, Полісся) ці сорти дали рекордні врожаї: 100,0—123,0; 124,0 ц/га.

В Україні дуже обмежений асортимент продукції із зерна. Щоб його розширити, було створено екстраякісні сорти пшениці (Здоба Київська, Донор Київський та ін.); унікальні сорти чорнозерної пшениці та спельти з властивостями чорниці для виготовлення крупи, якої раніше не було в Україні; нові посухостійкі сорти тритикале для харчового, кормового та спирто-дистилятного напрямів технологічного використання.

Селекційну роботу, екологічні випробування нових сортів, демонстраційні та виробничі посіви в базових господарствах проводять в усіх кліматичних зонах України. Сорти, створені в Інституті, висівають на великих посівних площах у степах України, Молдови, Ставропольського краю Російської Федерації. Адже коли ми рекомендуємо наші сорти для певних ґрунтово-кліматичних зон, то ми маємо для цього вагомий аргументи. Тому київські сорти озимої пшениці (Смуглянка, Фаворитка, Астартта, Подолянка, Богдана, Снігурка та ін.) з доброю екологічною пластичністю, займають у виробництві домінуючі посівні площі.

Районовані сорти і гібриди експонувалися на численних виставках і були відзначені медалями, почесними дипломами і грамотами. Створені нові сорти й гібриди озимої пшениці, кукурудзи, інших культур на державному рівні визнані новим селекційним досягненням, їх новизна закріплена більш як 390 авторськими свідоцтвами і патентами України, Молдови та Російської Федерації.

У результаті багаторічної і самовідданої наукової діяльності вчені Інституту створили понад 170 зареєстрованих сортів і гібридів сільськогосподарських рослин, які вже 43 роки висівають на полях України та СНД. До Державного реєстру сортів рослин України, придатних для поширення в Україні та за її межами, занесено 150 сортів і гібридів польових культур. У структурі реєстру за кількістю зареєстрованих сортів озимої пшениці Інститут лідирує.

Сорти озимої пшениці, створені в Інституті, вирощують в Україні на площі близько 2 млн га, що становить 30 % усіх посівів цієї культури, а валовий збір зерна щороку повністю задовольняє потреби держави в продовольчому зерні пшениці, що є вагомим внеском у забезпечення вітчизняної продовольчої безпеки. Щорічний економічний ефект від їх вирощування становить 6,7 млрд грн.

Сформовано новий напрям в екології рослин і насіннізнавстві — екологія насіння, який вивчає вплив абіотичних, біотичних та антропогенних чинників. Розроблено екологічну модель прогнозування урожайних властивостей насіння озимої пшениці залежно від агроекологічних умов вирощування. Впроваджено у виробництво молекулярно-генетичні методи контролю якісних показників насіння. Отримані результати розв'язують загальнодержавну проблему виробництва вітчизняного насіння основної продовольчої культури — озимої пшениці за допомогою екологічної оптимізації систем природоохоронних заходів.

Проводиться велика робота з розширення трансферу сортів-інновацій у виробництво. Ліцензії на вирощування сортів озимої пшениці селекції ІФРГ НАН України придбали не лише вітчизняні, а й великі міжнародні компанії США, Канади, Франції, Швеції, Норвегії та інших країн, які працюють на теренах України. Таке широкомасштабне впровадження пов'язане, насамперед, з унікальними якостями нових сортів та їх високою врожайністю.

Робота селекціонера складна, аграрій очікує від нього того, чого хоче. Це не просто, адже сорт створюється 10—15 років, а за цей час вимоги аграрія змінюються, і селекціонер має передбачати це і невідступно домагатися досягнення наміченої мети.

Науковці Інституту є послідовниками великого генія науки М.І. Вавилова, вони приділяють належну увагу міжнародній співпраці, ознайомленню зі світовим досвідом, пошуку цінної генетичної плазми рослин. Вчені неодноразово побували у довготривалих відрядженнях до різних країн світу (США, В'єтнам, Угорщина, Аргентина, Болгарія, НДР та ін.).

У пошуках цінної генетичної плазми вчені Інституту на науково-дослідному кораблі «Академік Вернадський» обійшли майже всю земну кулю: Тихий, Індійський, Атлантичний океани, моря, тричі перетинали екватор, відвідали тропічну, субтропічну зони суходолу різних країн. Із цих експедицій вони привезли пакетні зразки безцінного генофонду з усіх куточків планети.

Співпраця з науковцями багатьох країн світу, експедиції зі збору генофонду, міжнародне визнання робіт відкрили реальні можливості для широкої інтродукції в Україну цінної світової генетичної плазми. Створена в ІФРГ НАН України колекція злаків визнана національним надбанням на державному рівні.

Ґрунтове знання генетики та накопичення критичної кількості генофонду уможливило проведення успішної, конкурентоспроможної селекції польових культур двох принципово різних типів: самозапильної пшениці та перехреснозапильної кукурудзи з різними технологіями селекційного процесу.

Останнім часом на рівень продуктивності рослин дедалі істотніше почали впливати глобальні зміни клімату, внаслідок чого окремі

землеробські регіони можуть стати взагалі непридатними для аграрного виробництва. Недаремно ООН визначила газ, нафту і продовольство критичними чинниками розвитку цивілізації нашого століття. У людства для виживання є єдиний вихід — збільшення врожайності сільськогосподарських культур, головною серед яких є пшениця — основний хліб планети.

Провідні виробники зерна в Західній Європі вже вичерпали свій потенціал підвищення врожайності. «На відміну від багатьох регіонів Україна ще зберігає можливість подвоїти врожайність зернових. Вона має скористатися світовим дефіцитом продуктів харчування на користь власної економіки. Хліб — це наша нафта і навіть більше за нафту!» — зазначає академік В.В. Моргун [67].

Через поглиблення продовольчої кризи вкрай важливо отримувати в Україні врожаї європейського рівня. Академік НАН України В.В. Моргун першим очолив рух за отримання в Україні європейських урожаїв, заснував «Клуб 100 центнерів» — своєрідну школу високих урожаїв. Тільки за останні роки майже 400 господарств висівають на своїх полях створені в Інституті сорти і збирають врожаї європейського рівня. Це нова для України філософія хліба, що допоможе вивести нашу державу на рівень передових країн Європи.

Сьогодні як ніколи потрібні принципово нові знання, нові технології аграрного виробництва, ефективні заходи стримування кліматичних змін. Україна зобов'язана стабільно збирати не менш як 80 млн т зернових, оскільки аграрний потенціал її унікальних чорноземів — 100 млн т зерна щорічно. Лише такі врожаї зможуть забезпечити її економічне майбутнє, процвітання та добробут українського народу.

Науковці Інституту фізіології рослин і генетики НАН України активно і наполегливо працюють у галузі генетичного поліпшення стратегічних для нашої країни злакових культур. Наукові напрями їх роботи пов'язані з удосконаленням сучасних методів селекції, створенням нових сортів і гібридів рослин; вивченням і впровадженням у селекційні програми генетичних систем, які здатні істотно поліпшити якість зерна злакових культур за характеристиками його технологічної і споживчої цінності; отриманням і дослідженням генетично модифікованих рослин для створення генотипів із підвищеним адаптивним потенціалом до несприятливих умов довкілля; розробкою технологій маркер-допоміжної селекції за генами, які контролюють цінні ознаки рослин.

У результаті багаторічних досліджень учених Інституту вперше в Україні розроблено біотехнологію селекційного процесу, яка базується на поєднанні класичної і молекулярної генетики з активним використанням нових мутантних генів, молекулярних маркерів, хромосомних транслокацій і штучних генетичних конструкцій. Із використанням найсучасніших досягнень інтрогресивної та молекулярної селекції, біотехнологічних підходів розроблено теоретичні основи і методи створення високопродуктивних сортів озимої пшениці, яким властиві висока якість зерна та стійкість до стресових чинників довкілля. На підставі новітніх досягнень маркер-допоміжної селекції розроблені та впроваджені у селекційний процес методи молекулярно-генетичної діагностики перспективних генотипів сільськогосподарських культур.

Сформовано стратегію створення зернових культур з кольоровим зерном із високою біологічною цінністю.

Інститут є визнаним лідером у створенні сортів-інновацій озимої пшениці та їх трансферу в аграрне виробництво України й зарубіжних держав. Науковці Інституту сповнені ентузіазму докласти максимум зусиль для зростання престижу вітчизняної науки й отримання нових знань з метою примноження хлібного достатку нашої країни.

#### REFERENCES

- Hsu, P., Lander, E. & Zhang, F. (2014). Development and application of CRISPR-Cas9 for genome engineering. *Cell*, 157 (6), pp. 1262-1278. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.05.010>
- Hiei, Y., Ishida, Y. & Komari, T. (2014). Progress of cereal transformation technology mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. *Frontiers in Plant Sci.*, 5, pp. 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014>.
- Khlestkina, E.T. (2013). Molecular markers in genetic research and breeding. *Vavilov journal of genetics and breeding*, 17, No. 4/2, pp. 1044-1054 [in Russian].
- Morgun, V.V. (2015). Genetic improvement of plants — the basis of modern agricultural production. *Visnyk NAN Ukrainy*, 10, pp. 3-8 [in Ukrainian].
- Clive, J. (2011). Global status of commercialized biotech GM Crops. *ISAAA Brief*, No. 43, pp. 1-8.
- Morgun, V.V. & Rybalka, O.I. (2017). Strategy of genetic improvement of food safety, medical and preventive nutrition and needs of industrial processing. *Visnyk NAN Ukrainy*, 3, pp. 54-64 [in Ukrainian].
- Kalashnikova, E.A. (2003). Biological bases of plant cell selection. *Dokl. Timir. Acad. of Agricul.*, No. 275, pp. 110-112 [in Russian].
- Reshetnikov, V.N., Spiridovich, E.V. & Nosov, A.M. (2014). Plant biotechnology and the prospects for its development. *Fiziol. rast. genet.*, 46, No. 1, pp. 3-18 [in Russian].
- Galovic, V., Kotarain, Z. & Dencic, S. (2005). In vitro assessment of wheat tolerance to drought. *Genetika*, 37, No. 2, pp. 165-171. <https://doi.org/10.2298/GENSR0502165G>
- Clemente, T. & Mitra, A. (2005). Genetic engineering of wheat: protocols and use to enhance stress tolerance. *Genetically modified crops: their development, uses, and risks*. New York: Haworth Press.
- Ding, L., Li, S., Gao, J., Wang, Y., Yang, G. & He, G. (2009). Optimization of *Agrobacterium*-mediated transformation conditions in mature embryos of elite wheat. *Mol. Biol. Reports*, 36, pp. 29-36. <https://doi.org/10.1007/s11033-007-9148-5>
- Borisjuk, N., Kishchenko, O., Eliby, S., Schramm, C., Anderson, P., Jatayev, S., Kurishbayev, A. & Shavrukov, Y. (2019). Genetic modification for wheat improvement: from transgenesis to genome editing. *BioMed Research International*. Article ID 6216304, 18 p. <https://doi.org/10.1155/2019/6216304>
- Opabode, J. (2006). *Agrobacterium*-mediated transformation of plants: emerging factors that influence efficiency. *Biotechnol. and Mol. Biol. Review*, 1, pp. 12-20.
- Abdul, R., Ma, Z. & Wang, H. (2010). Genetic transformation of wheat (*Triticum aestivum* L.): A review. *Triticeae Genomics and Genetics*, 1, No. 2, pp. 1-7.
- Bornet, B. & Branchard, M. (2012). Nonanchored Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) markers: Reproducible and specific tools for genome fingerprinting. *Plant Mol. Biol. Rep.*, 19, pp. 209-215.
- Kalendar, R. & Schulman, A. (2006). IRAP and REMAP for retrotransposon-based genotyping and fingerprinting. *Nature protocols*, 1, No. 5, pp. 2478-2484. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.377>
- Trebichalsky, A., Kalendar, R., Schulman, A., Stratula, O., Galova, Z., Balazova, Z. & Chnapec, M. (2013). Detection of genetic relationships among spring and winter triticale (*Triticosecale* Witt.) and rye cultivars (*Secale cereale* L.) by using retrotransposon-based markers. *Czech. J. Genet. Plant Breed.*, 49, pp. 171-174. <https://doi.org/10.17221/56/2013-CJGPB>
- Xu, Y., Xie, C., Wan, J., He, Z. & Prasanna, B. (2013). Marker-assisted selection in cereals: platforms, strategies and examples. *Cereal Genomics II*, pp. 375-411. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6401-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6401-9_14)

19. Yabe, S. & Iwata, H. (2020). Genomics-assisted breeding in minor and pseudo-cereals. *Breed Sci.*, 70(1), pp. 19-31. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.19100>
20. Shishlova, A.M. (2006). Problems of distant hybridization of cereal crops. «Innovative technologies in breeding and seed production of agricultural crops». International scientific and practical conference: materials. All-Russia. scientific research. Institute of selection and seed production of vegetable crops. Moscow, Vol. 2, pp. 367-373.
21. Cox, T., Wu, J., Wang, Sh., Cai, J., Zhang, Q. & Fu, B. (2017). Comparing two approaches for introgression of germplasm from *Aegilops tauschii* into common wheat. *Crop J.*, 5 (5), pp. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.05.006>.
22. Gorafi, Y., Kim, J.-S., Elbashir, A. & Tsujimoto, H. (2018). A population of wheat synthetic derivatives: an effective platform to explore, harness and utilize genetic diversity of *Aegilops tauschii* for wheat improvement. *Theor. Appl. Genet.*, 131, pp. 1615-1625. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3102-x>
23. Morgun, V.V. & Logvinenko, V.F. (1995). Mutational selection of wheat. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
24. Morgun, V.V. & Yakymchuk, R.A. (2010). Genetic consequences of the accident at the Chernobyl NPP. Kyiv: Logos [in Ukrainian].
25. Morgun, V.V. & Yakymchuk, R.A. (2016). Genetic consequences of radionuclide contamination of the environment after the accident at Chornobyl nuclear power plant. *Fiziol. rast. genet.*, 48, No. 4, pp. 279-297. <https://doi.org/10.15407/frg2016.04.279>
26. Yakymchuk, R.A. (2018). Cytogenetic activity of radionuclide contamination of water reservoirs of the alienation zone of Chornobyl NPP. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9, No. 2, pp. 189-197. <https://doi.org/10.15421/021828>
27. Morgun, V.V., Yakymchuk, R.A. & Azizov, I.V. (2019). Peculiarities of the mechanisms of spontaneous, and induced by ionizing radiation and chemical factors mutagenesis. *Fiziol. rast. genet.*, 51, No. 6, pp. 463-481. <https://doi.org/10.15407/frg2019.06.463>
28. Morgun, V.V. (2020). Innovative achievements of the Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine as an important component of the grain prosperity of our country. *Plant Physiol. and Genetics*, 52 (4), pp. 262-276 [in Ukrainian].
29. Morgun, V.V. (2019). New varieties of winter wheat as an important component of the country's grain prosperity. *Plant Physiol. and Genetics*, 51 (4), pp. 347-354 [in Ukrainian].
30. Dubrovna, O.V. & Lyalko, I.I. (2003). Microclonal reproduction of selection-valuable forms of sugar and fodder beets. *Factors of experimental evolution of organisms*, 1, pp. 410-414.
31. Baval, A.V., Dubrovna, O.V. & Lyalko, I.I. (2009). In vitro selection of bread wheat for resistance to *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Fiziol. biokhim. kult. rastenij*, 41, No. 4, pp. 314-320 [in Ukrainian].
32. Zinchenko, M.O., Dubrovna, O.V. & Baval, O.V. (2012). In vitro selection of bread wheat on complex resistance to metabolites of the take-all and water deficit. *Visn. Ukr. t-va henetykiv i selektsioneriv*, 10, No. 1, pp. 20-27 [in Ukrainian].
33. Dubrovna, O.V. (2017). In vitro selection of wheat for resistance to abiotic stress factors. *Fiziol. rast. genet.*, 49, No. 4, pp. 279-292. <https://doi.org/10.15407/frg2017.04.279>
34. Baval, A.V., Dubrovna, O.V. & Morgun, B.V. (2014). Identification of *Dreb1* genes in bread wheat plant-regenerants, obtained from callus lines resistant to modeled water deficit. *Fiziol. rast. genet.*, 46, No. 2, pp. 136-142 [in Ukrainian].
35. Borsani, O., Zhu, J., Verslues, E. P., Sunkar, R. & Zhu, J. (2005). Endogenous siRNAs derived from a pair of natural cis-antisense transcripts regulate salt tolerance in *Arabidopsis*. *Cell*, 123, pp. 1279-1291. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2005.11.035>
36. Tishchenko, E.N. (2013). Genetic engineering with the use of L-proline metabolism genes to increase the plant osmotolerance. *Fiziol. rast. genet.*, 45, No. 6, pp. 488-500 [in Russian].
37. Dubrovna, O.V., Morgun, B.V. & Baval, A.V. (2014). Biotechnology of wheat: Cell Selection and Genetic Engineering. Kyiv: Logos.
38. Dubrovna, O.V. & Morgun, B.V. (2018). Current status of research on Agrobacterium-mediated wheat transformation. *Fiziol. rast. genet.*, 50, No. 3, pp. 187-217. <https://doi.org/10.15407/frg2018.03.187>
39. Voronova, S.S., Goncharuk, O.M., Baval, A.V. & Dubrovna, O.V. (2015). Genetic transformation of bread wheat using vector constructs containing the genes of proline metabolism. *Visnyk Ukrainського товариства henetykiv i selektsioneriv*, 13 (1), pp. 28-33 [in Ukrainian].

40. Mikhalskaya, S.I., Sergeeva, L.E., Matveeva, A.Yu., Kobernik, N.I., Kochetov, A.V., Tishchenko, E.N. & Morgun, B.V. (2014). Increase of Free Proline Content in Osmotolerant Maize Plants with Double-Stranded RNA-Suppressor of Proline Dehydrogenase Gene. *Fiziol. rast. genet.*, 46, No. 6, pp. 482-489 [in Russian].
41. Tishchenko, O.M., Komisarenko, A.G., Mykhalska, S.I., Sergeeva, L.E., Adamenko, N.I., Morgun, B.V. & Kochetov, A.V. (2014). Agrobacterium-mediated transformation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in vitro and in planta using LBA4404 strain harboring binary vector pBi2E with dsRNA-suppressor of proline dehydrogenase gene. *Cytol. and Genet.*, 48, No. 4, pp. 19-30. <https://doi.org/10.3103/S0095452714040094>
42. Bovol, A.V., Dubrovna, O.V. & Morgun, B.V. (2013). Obtaining and analysis by IRAP-PCR of transgenic bread wheat cell lines. *Biotechnol. Acta*, 6, No. 6, pp. 113-119 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/biotech6.06.113>
43. Dubrovna, O.V., Velikozhon, L.G., Slivka, L.V., Kondratskaya, I.P., Reshetnikov, V.N. & Makai, S. (2020). Detection of DNA polymorphism of transgenic wheat plants with proline metabolism heterologous genes. *Fiziol. rast. genet.*, 52, No. 3, pp. 196-207. <https://doi.org/10.15407/frg2020.03.196>
44. Dubrovna, O.V., Lyalko, I.I., Bovol, A.V. & Voronova, S.S. (2016). Analysis of meiosis in transgenic wheat plants obtained by Agrobacterium-mediated transformation in culture in vitro and in planta *Molecular and Applied Genetics*, 20, pp. 21-29.
45. Kulesh, S.S., Dubrovna, O.V. & Slivka, L.V. (2019). Physiological and biochemical analysis of transgenic wheat plants of seed generation T2 with a double stranded RNA suppressor of the proline dehydrogenase gene. Factors of experimental evolution of organisms, 24, pp. 121-126. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1089>
46. Morgun, B.V., Stepanenko, A.I., Stepanenko, O.V., Bannikova, M.O., Holubenko, A.V., Nitovska, I.O., Maystrov, P.D. & Grodzinsky, D.M. (2016). Implementation of molecular systems for identification of genetic polymorphism in winter wheat to obtain high-performance specialized varieties. *Science and Innovation*, 12(2), pp. 40-56. <https://doi.org/10.15407/scine12.02.035>
47. Morgun, V.V. & Topchii, T.V. (2018). The importance of resistant varieties of winter wheat, the study of sources and donors of resistance to pests and main pathogen *Fiziol. rast. genet.*, 50, No. 3, pp. 218-240. <https://doi.org/10.15407/frg2018.03.218>
48. Stepanenko, A.I., Morgun, B.V., Chugunkova, T.V., Adamenko, N.I. & Velykozhon, L.G. (2012). Screening of winter bread wheat varieties for the presence of wheat-rye translocation by DNA markers. *Bulletin of the Ukrainian Society of Geneticists and Breeders*, 10, No. 2, pp. 311-318.
49. Morgun, B.V., Stepanenko, O.V., Stepanenko, A.I. & Rybalka, O.I. (2015). Molecular genetic identification of polymorphism of Wx genes in bread wheat hybrids with multiplex polymerase chain reactions. *Fiziol. rast. genet.*, 47, No. 1, pp. 25-35 [in Ukrainian].
50. Morgun, B.V., Chugunkova, T.V., Rybalka, O.I., Pochinok, V.M., Tarasyuk, O.I. & Stepanenko, A.I. (2013). Molecular identification of Glu-B1a1 allele in varieties and lines of wheat. *Fiziol. rast. genet.*, 45, No. 4, pp. 290-295 [in Ukrainian].
51. Morgun, B.V., Pokhylko, S.Yu., Pochynok, V.M., Duplij, V.P., Dugan, O.M., Khrystantan, O.O. & Stepanenko, A.I. (2017). Genetic diversity of puroindoline genes in lines of bread wheat, carriers GPC-B1 from *Triticum turgidum* spp. *Dicoccoides*. *Fiziol. rast. genet.*, 49, No. 3, pp. 229-236. <https://doi.org/10.15407/frg2017.03.229>
52. Stepanenko, A.I., Troyanovska, A.V., Morgun, B.V., Chugunkova, T.V., Velykozhon, L.G., Rybalka, O.I. & Polishchuk, S.S. (2014). Marker analysis of polyphenol oxidase (PPO) genes in bread wheat varieties. *Plant Physiol. and Genetics*, 46, No. 6, pp. 490-497.
53. Stepanenko, O.V., Stepanenko, A.I., Kuzminskiy, Ye.V. & Morgun, B.V. (2017). Identification of Psa1 genes alleles responsible for carotenoid accumulation in wheat grains. *Biotechnologia Acta*, 10, No. 2, pp. 57-66. <https://doi.org/10.15407/biotech10.02.057>
54. Morgun, V.V., Gavrilyuk, M.M., Oksem, V.P., Morgun, B.V. & Pochynok, V.M. (2014). Introduction of New, Stress Resistant, High-yielding Winter Wheat Varieties Based on Chromosome Engineering and Marker-Assisted Selection. *Nauka ta innovatsiyi*, 10, No. 5, pp. 40-48 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/scin10.05.040>
55. Morgun, V.V., Tarasyuk, O.I., Pochinok, V.M. & Rybalka, A.I. (2015). Unique grain quality breeding lines of wheat with rare alleles of Gli/Glu loci. *Fiziol. rast. genet.*, 47, No. 4, pp. 302-309 [in Russian].
56. Rybalka, O.I., Morgun, V.V. & Pochinok, V.M. (2012). Genetic bases of selection of wheat varieties by specialization of their technological use. *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 44, No. 2, pp. 95-124.

57. Cakmak, I., Torun, A., Millet, E., Feldman, M., Fahima, T., Korol, A., Nevo, B., Braun, H. & Ozkan, H. (2004). T. dicoccoides: an important genetic resource for increasing zinc and iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil. Sci. Plant Nutr.*, 50, pp. 1047-1054. <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408573>
58. Distelfeld, A., Uauy, C., Fahima, T. & Dubcovsky, J. (2006). Physical map of the wheat high-grain protein content gene Gpc-B1 and development of a high-throughput molecular marker. *New Phytol.*, 169, pp. 753-763. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01627.x>
59. Rybalka, O., Morgun, B. & Polischuk, S. (2018). GPC-B1 (NAM-B1) gene as a new genetic resource in wheat breeding for high grain protein content and micronutrients. *Fiziol. rast. genet.*, 50, No. 4, pp. 279-298 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/frg2018.04.279>
60. Rybalka, O.I., Morgun, V.V. & Morgun, B.V. (2015). High amylose wheat is a way to radically improve the nutritional value of grain. *Plant Physiology and Genetics*, 47, No. 1, pp. 25-35.
61. Sherman, J., Souza, E., See, D. & Talbert, L. (2008). Microsatellite markers for kernel color genes in wheat. *Crop Science*, 48, pp. 1419-1424. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.10.0561>
62. Guo, Z., Xu, P., Zhang, Z. & Guo, Y. (2012). Segregation ratios of colored grains in F1 hybrid wheat. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 12, pp. 126-131. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332012000200005>
63. Li, W., Shan, F., Sun, Sh., Corke, H. & Beta, T. (2005). Free radical scavenging properties and phenolic content of Chinese black-grained wheat. *J. Agric. Food Chem.*, 53(22), pp. 8533-8536.
64. Rybalka, O.I., Morgun, V.V. & Morgun, B.V. (2020). Colored grain of wheat and barley — a new breeding strategy of crops with grain of high nutritional value *Fiziol. rast. genet.*, 52, No. 2, pp. 95-127. <https://doi.org/10.15407/frg2020.02.095>
65. Rybalka, O.I., Morgun, V.V., Morgun, B.V. & Pochinok, V.M. (2015). Agronomic potential and prospects of triticale. *Plant Physiol. and Genetics*, 47, No. 2, pp. 95-111.
66. Rybalka, O., Morgun, B. & Polischuk, S. (2016). Barley as a product of functional nutrition. Kyiv: Logos [in Ukrainian].
67. Morgun, V.V. (2016). The contribution of genetics and plant breeding in ensuring food security of Ukraine. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 5, pp. 20-23.

Received 22.02.2021

#### GENETIC IMPROVEMENT OF PLANTS: MAIN SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS AND INNOVATIVE DEVELOPMENTS

*V.V. Morgun, O.I. Rybalka, O.V. Dubrovna*

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine  
31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine  
e-mail: vmorgun@ifrg.kiev.ua

The anniversary article presents the current state, principles and methods of genetic improvement of plants and the main achievements of scientists of the Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine in this direction. A retrospective review is made of the discoveries of scientists awarded the Lenin Prize, the State Prizes of the USSR and Ukraine in the field of science and technology, and high government awards. Scientific data on the genetic threat caused by the Chernobyl accident and man-made pollution are summarized. Practical achievements in the field of heterosis and mutation selection of cereals, molecular markers use, genetic engineering, and remote hybridization are covered in detail. The results of the study and implementation in the programs of selection and genetic research of new genes and genetic systems that affect the quantitative and qualitative characteristics of grain are presented. Attention is paid to the innovative developments of the Institute, in particular to new high-yielding winter wheat varieties and hybrids of maize, which are widely sown in Ukraine and abroad, and their transfer to agricultural production.

*Key words:* plant genetic improvement, main methods, achievements, selection, varieties, Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine.