

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ІЖБОЛДІН ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ**



УДК 631.95:633.11:575.21:575.22:574.24

**ЕКОГЕНЕТИЧНА МІНЛИВІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ  
ПРИ ДІЇ ГАММА-ПРОМЕНІВ**

03.00.16 – екологія

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата сільськогосподарських наук

Дніпро – 2022

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Робота виконана в Дніпровському державному аграрно-економічному університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор сільськогосподарських наук, професор  
**Назаренко Микола Миколайович**,  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, професор кафедри селекції і насінництва

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор,  
**Писаренко Павло Вікторович**,  
Полтавський державний аграрний університет, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля

доктор біологічних наук, професор  
**Лихолат Юрій Васильович**,  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, завідувач кафедри фізіології та інтродукції рослин

Захист дисертації відбудеться 9 серпня 2022 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.804.02 у Дніпровському державному аграрно-економічному університеті за адресою: 49600, вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна.

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Дніпровського державного аграрно-економічного університету за адресою: 49600, м. Дніпро, вул. С. Єфремова, 25.

Автореферат розісланий 7 липня 2022 року.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  
кандидат сільськогосподарських наук, доцент

В. І. Козечко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Інтердисциплінарні дослідження щодо відношень агроєкосистем через пізнання генетично зумовлених процесів, зокрема індукування біорізноманіття та збереження його на відповідному рівні для підвищення потенційної здатності агроценозів культурних рослин, дозволяють перейти до регулювання процесів продуктивності та формування якості на принципово новому рівні регуляції генетичних аспектів взаємодії організмів, а також зміни організму під впливом екогенетичних чинників: досліджуючи взаємодію генетичних процесів та екологічних відношень (Инге-Вечтомов, 2007; Kharkwal et al, 2009; Maxted et al, 2003).

Проблема реалізації генетичного потенціалу сучасних сільськогосподарських культур привела до необхідності врахування особливостей існування рослини у взаємодії між генотипом та чинниками навколишнього середовища, враховуючи контекст взаємодії, її складність, особливості адаптивної реакції, що зумовлені генетично. Лише таким чином зараз можливо ефективно підвищувати загальну продуктивність, технологічні якості отриманої з агроценозів продукції, істотно не зашкоджуючи її відносній стабільності, а іноді навіть підвищуючи її (Гродзинський, 2004).

Мутагенна дія екогенетичного чинника забезпечує необхідний рівень мінливості, завдяки чому на демекологічному рівні спостерігається поступовий розвиток ценозів за рахунок зміни цієї генетичної складової з дослідження впливу на різних рівнях – від рослинної клітини до мутантної популяції і в цілому.

Мутаген за такого підходу розглядається одночасно як генетичний та екологічний чинник, що приводить до розширення можливостей використання норми реакції організму, його адаптивних здібностей, рівня мінливості та регулювання адаптивної відповіді на рівні геному.

Застосування підходів екологічної генетики дозволяє ідентифікувати генетично-активні чинники середовища, визначити механізми підвищення мутаційної мінливості та можливості регуляції цих механізмів, дослідити конкретні особливості формування адаптивної відповіді на різних рівнях організації агроценозу сільськогосподарської культури (Cain and Provine, 2002).

Прикладним аспектом вивчення екогенетичних особливостей є проблематика регіонів з підвищеним антропогенним навантаженням, дослідження особливостей спонтанної мінливості, удосконалення методик виявлення та використання спадкових змін, встановлення механізмів залишкової та надлишкової дії генетично-активних чинників різної природи, виявлення оптимальної кількості екогенетичного чинника для створення стабільного високопродуктивного рослинного організму із заданими параметрами якості продукції, можливості використання природних механізмів регуляції через біорізноманіття для стабілізації агроценозів та зниження ролі антропогенних дотацій (Абилев та інші, 2009; Груша та Гудков, 2007; Singh et al, 2001).

Пошук можливостей для адаптації класичних методик використання мутагенної дії в реаліях обмежень сьогодення, усунення негативних особливостей відповідної активності у вигляді депресивних наслідків або повноцінне врахування

їх в програмах з генетичного поліпшення пшениці озимої, регуляція взаємодії в рамках використання конкретної антропічної системи та необхідності максимального залучення місцевих ресурсів для підвищення стабільності отриманого результату – усе це є основним проблемними напрямками, які повинна вирішувати сучасна екологічна генетика. Такий підхід з інтенсифікації біорізноманіття злакових культур через використання мутаційного процесу є актуальним для розділів агроєкології, генетики та селекції та дозволяє на різних рівнях організації живого організму керувати варіативністю агроценозів та окремих його компонентів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі рослинництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету в рамках наукових тем: «Особливості генетичної активності мутагенних чинників на прикладі пшениці м'якої озимої» (номер державної реєстрації 0115U007017), «Виявлення генетичних ресурсів для селекції пшениці м'якої озимої на якість зерна» (номер державної реєстрації 0115U007016), «Організаційно-економічні та агроєкологічні основи виробництва органічної продукції» (МОН України, номер державної реєстрації 0116U007413).

**Мета і завдання дослідження.** Дослідити еколого-генетичні основи створення високопродуктивних та якість стабільних агроценозів пшениці озимої шляхом підвищення біорізноманіття через індукцію гамма-променями на базі місцевого (локального) сортового матеріалу.

Для досягнення цієї мети вирішувалися такі *завдання*:

- показати обмеження в отриманні мутантного матеріалу через вплив гамма-опромінення на прикладі першого покоління сортів місцевої селекції;
- ідентифікувати факт дії та визначити його особливості на клітинному рівні в отриманому матеріалі та пояснити наслідки для організму в цілому;
- показати межі мінливості за цінними ознаками та виявити шляхи її використання для індукції біорізноманіття в агроценозах зернових культур;
- виявити межі та специфічність ефективності дії гамма-променів стосовно основних ознак;
- показати можливості створення стабільних високоврожайних та якісних агроценозів пшениці озимої на базі біорізноманіття місцевого та іноземного матеріалу.

*Об'єкт дослідження* – екогенетична мінливість пшениці м'якої озимої місцевих сортів при дії гамма-променів у контексті підвищення біорізноманіття за цінними ознаками.

*Предмет дослідження* – показники екогенетичної мінливості на рівні організму (схожість, виживання, елементи структури), клітинному рівні (частота та спектр хромосомних перебудов), частоти хромосомних аберацій у першому поколінні після дії гамма-променів широкого спектру доз, рівень мінливості після дії в наступних поколіннях та його успадкування, створення нових господарсько-цінних ліній за всіма показниками врожайності та якості зерна, можливості використання мінливості та стабільності вихідного матеріалу різного еколого-географічного походження.

*Методи дослідження* – гамма-опромінення сухого дозрілого насіння сортів місцевої селекції, вивчення частоти й спектру мутацій в поколіннях  $M_2$  –  $M_5$ ; польовий дослід, біометричні розрахунки, фізико-хімічні аналізи (закладання польового досліджу, облік врожайності, аналіз її структури, аналіз вмісту білка та компонентів запасних білків зерна в поколіннях  $M_3$  –  $M_5$ , вихідних форм з виявленням цінних мутантних ліній та перспективного вихідного матеріалу); цитологічний (анафазний метод), статистичні (оцінка суттєвої різниці середніх значень вибірок за t-критерієм та F-критерієм, кластерний та дисперсійний аналіз).

**Наукова новизна одержаних результатів.** За результатами наукових досліджень на різних рівнях організації агроценозів зернових культур *вперше*:

- показано зв'язок між мінливістю на рівні клітини та наслідками для рослинного організму в цілому з точки зору мінливості за ознаками;
- визначено особливості депресії для сортів місцевої (локальної) селекції з метою виявлення можливості їх використання як вихідних форм при дії гамма-променів;
- встановлено перспективність використання місцевих ресурсів для підвищення штучного біорізноманіття за параметрами загальної мінливості та стабільності в рамках мутаційного процесу;
- визначено особливості виникнення нових рослинних форм залежно від модельних ознак та генотипових особливостей;
- досліджено в порівнянні з місцевим провідний європейський матеріал в аспекті формування стабільних високопродуктивних та якісних агроценозів озимих зернових в умовах зміни клімату;
- встановлено ключові ознаки, що піддаються поліпшенню через мутаційний процес під впливом гамма-променів;
- визначено механізми формування основних господарськоцінних ознак пшениці м'якої та особливості зміни в реалізації при мутаційних процесах;

*удосконалено:*

- метод моніторингу мутагенної активності шляхом визначення хромосомних аберацій;
- моделювання мутагенної депресії в першому поколінні при дії неспецифічних генетично-активних чинників;
- методи застосування гамма-променів для отримання перспективних корисних форм з успадкуванням отриманих змін;
- способи підвищення формотворчого процесу в разі використання місцевого матеріалу;

*набули подальшого розвитку:*

- методики використання помірних доз гамма-променів залежно від генотипу вихідної форми;
- способи оцінювання ефективності застосування фізичних мутагенів у контексті адекватного вихідного матеріалу;
- методи оцінки продуктивності та якості зерна пшениці озимої.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі здобутих у ході досліджень результатів встановлено ефективність використання місцевих форм як

вихідного матеріалу для індукції штучного біорізноманіття під впливом гамма-променів. Показано ефективність використання чинника в помірних дозах, підвищення ефективності прогнозування наслідків штучного мутаційного процесу в системі генотип-мутаген. Ідентифіковані ключові ознаки – як з огляду на оцінку ефективності мутаційного процесу в популяціях зернових культур, так і для створення нових форм з поліпшеними показниками. Виділено на основі випробування матеріал нових вихідних форм із сортів іноземної селекції, що в перспективі здатні утворювати високопродуктивні та якісні агроценози, виділені ознаки, вплив на які є ефективним через мутаційний процес у програмах з поліпшення для регіонального використання, ідентифіковано також ознаки, подальше поліпшення/наявність яких не є необхідним в умовах зміни клімату.

Отримано врожайні мутантні лінії пшениці м'якої озимої з високими або задовільними якістьми зерна, які можна застосувати як вихідний матеріал для індукції біорізноманіття або безпосередньо як базис для створення нових стабільних високопродуктивних агроценозів з більш повноцінними харчовими та технологічними якістьми, що здатні забезпечувати необхідний рівень споживання при зниженні антропогенного впливу.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є самостійним дослідженням здобувача. Визначення напряму, формулювання гіпотези, розробка програми досліджень, планування схеми експерименту та вибір методик виконано автором особисто. Експериментальні польові та лабораторні дослідження, обробка даних, узагальнення та інтерпретація отриманих результатів проведені самостійно здобувачем або за його безпосередньої участі спільно зі співробітниками Дніпровського державного аграрно-економічного університету (ДДАЕУ).

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційного дослідження обговорювалися на: всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату» (15–16 червня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський); міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 100-річчю з дня народження доктора біологічних наук, професора Б. М. Литвинова (м. Харків, 21–22 жовтня 2021 р.); 2nd international multidisciplinary conference for young researchers «Sustainable Development Trends and Challenges under COVID-19» (Sumy, 2021); V Міжнародній науково-практичній конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (Дніпро, 2020 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» (Дніпро, 2019 р.).

Матеріали дисертації також доповідалися на щорічних конференціях професорсько-викладацького складу кафедри рослинництва ДДАЕУ, агрономічного факультету ДДАЕУ, на семінарах у ДУ «Інститут зернових культур» НААН України, Дніпровському державному аграрно-економічному університеті, виставок ДДАЕУ, ДУ ІЗК НААН України.

**Публікації.** Результати дисертаційного дослідження опубліковано в 5 наукових працях, зокрема 4 статті в наукових фахових виданнях України, 1 стаття в

наукових періодичних виданнях, внесених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science, 5 тезах доповідей конференцій та методичних рекомендаціях.

**Структура дисертації.** Загальний обсяг дисертаційної роботи – 176 сторінок, у т.ч. основного тексту – 146. Робота ілюстрована 36 таблицями, 12 рисунками і складається зі вступу, 6 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел, який налічує 229 найменувань, з них 159 – латиницею, та 3 додатки.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

### **ЕКОГЕНЕТИЧНА МІНЛИВІСТЬ ЯК ДЖЕРЕЛО ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОГО ЗРОСТАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ АГРОЦЕНОЗІВ**

У цьому розділі дисертації охарактеризовано основні напрямки сучасних досліджень з особливостей формотворчого процесу при штучній та спонтанній індукції за використанням різних джерел екогенетичної мінливості, перевага надана іонізуючому опроміненню як найбільш вживаному та методично дослідженому, ефективному методу штучної еволюції агроценозів на базі генетичного поліпшення культурних рослин. Аналіз останніх літературних джерел свідчить про актуальність дослідження особливостей впливу гамма-променів як екогенетичного чинника на всіх рівнях організації від клітинного до агроценозу відповідної культурної рослини починаючи від ефектів мутагенної депресії та закінчуючи отриманням нових перспективних форм з підвищеною продуктивністю, якістю, вмістом нових поліпшених комплексів цінних біохімічних речовин. Створення джерел принципово нових господарсько-цінних ознак.

### **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

У дослідях використовувалося насіння сортів Комерційна та Співанка, що опромінювали гамма-променями в дозах 100, 150, 200, 250, 300 Гр. Опромінення сухого насіння здійснювали гамма-променями радіоактивного ізотопу  $Co_{60}$  на гамма-установці Центру з ядерних досліджень та тренувань відділу експериментального мутагенезу ФАО-МАГАТЕ (Австрія, Сейберсдорф). Потужність установки 0,048 Гр/с. Посів розсадників виконувався в сівозміні кафедри селекції і насінництва (Навчально-науковий центр Дніпровського державного аграрно-економічного університету, с. Олександрівка, Дніпропетровська обл.,  $M_1 - M_5$  покоління, 2015–2020 рр.). Система обробітку ґрунту загальноприйнята для зони Степу України. Гідротермічний коефіцієнт  $>0,9$ , кількість опадів за вегетаційний період 250–280 мм, річна кількість опадів 450–490 мм, суми температур за період з температурами вище ніж 10 °С близько 2900 °С.

Вивчення хромосомних аберацій виконувалося в мітозах первинних корінців пшениці під час проходження пізньої метафази й ранньої анафази. Препарати, збільшені у 600 разів, розглядали у світловий мікроскоп Micromed XS-3330 з камерою 5М. Вибірка становила 500–1000 клітин.

Перше покоління  $M_1$  сортів, що отримали мутагенну дію, висівали вручну на 10-рядкових ділянках довжиною 1,5 м, у кожному варіанті 1000 зерен на ділянку. Контролем було необроблене мутагенами насіння сортів. Сівбу в поколінні  $M_2$  також здійснювали вручну в 1,5-метрові рядки з шириною міжрядь 15 см за сім'ями. Сім'єю вважалось насіння одного колоса. Виділені в  $M_2$  змінені форми висівали вручну також в 1,5-метрові рядки з шириною міжрядь 0,15 м. Були проведені обліки з виживання рослин і облік змінених рослин, вивчався вплив мутагенів на елементи структури врожаю. Усього зібрано та посіяно 3270 колосків. Стерильність пилку визначали фарбуванням ацетокарміном та спостереженням його інтенсивності у світловий мікроскоп. Мутації виділяли шляхом старанного огляду рослин усіх сімей під час проходження ними основних фаз росту й розвитку в поколіннях  $M_{1-3}$ . Основну частину мутацій виділяли в  $M_2$  та перевіряли успадкування в таких поколіннях. У дослідженнях передбачалося вивчення мутантів ( $M_4 - M_5$ ) старших поколінь. Площа ділянок – 5 – 10 м<sup>2</sup> залежно від року випробування, повторність 1–2-кратна, стандарт через кожні 20 номерів. Якість визначали за аналізом вмісту білка для діляночних посівів та методом рідинної хроматографії гліадинів та глютенінів перспективних та оригінальних форм. Вміст білка в зерні пшениці визначали на приладі Спектра РТ. Методом рідинної хроматографії на приладі RP-HPLS досліджували вміст гліадинів та глютенінів.

Математично-статистичну обробку даних результатів досліджень виконували за методикою дисперсійного аналізу, достовірність різниці між середніми дослідних варіантів і контролем оцінювали за критерієм Стьюдента, кореляційні зв'язки розраховували за критерієм Пірсона (r). Під час аналізу даних використовували пакет багатовимірної статистики Statistica 10.0, (кластерний, дискримінантний, факторний аналіз).

## **ВПЛИВ ГАММА-ПРОМЕНІВ НА ОНТОГЕНЕЗ РОСЛИН ПЕРШОГО ПОКОЛІННЯ**

За дією гамма-опромінення виявили суттєві проблеми з настанням окремих фенофаз: у Комерційної та Співанки фаза колосіння затримувалася відповідно на 5-6 днів, зернова стиглість – на 5 днів уже при помірних дозах. При дії гамма-променів у дозі 200 Гр та більше – на 8–10 днів (табл. 1).

Генотипова особливість місцевих сортів (Комерційна та Співанка) виявилася в досить високої чутливості до дії гамма-променів, що показано напівлетальністю вже початкових, досить посередніх за класифікацією ФАО-МАГАТЕ доз (100–150 Гр).

За параметром «фертильність пилку» зв'язок між дозою гамма-опромінення та підвищенням стерильності дорівнював 0,92. Інакше зі зростанням доз фертильність пилку постійно зменшувалась.

Моніторинговими параметрами за ступенем мутагенної депресії у першому поколінні рослин сортів, що отримали мутагенну дію, були: показники онтогенезу рослин (схожість, віддалена загибель), фертильність-стерильність пилку та окремі елементи структури врожайності (висота рослин, маса зерна з головного колоса, маса зерна з рослини, маса тисячі зерен).



Схожість та виживання M<sub>1</sub> рослин (2015 – 2016 рр.)

| Варіант              | Схожість |          | При відновленні<br>вегетації |          |
|----------------------|----------|----------|------------------------------|----------|
|                      | шт.      | %        | шт.                          | %        |
| Комерційна, контроль | 941±14   | 94,1±1,4 | 939±14                       | 93,9±1,4 |
| Комерційна, 100 Гр   | 611±11*  | 61,1±1,1 | 540±15*                      | 54,0±1,5 |
| Комерційна, 150 Гр   | 501±17*  | 50,1±1,7 | 431±15*                      | 43,1±1,5 |
| Комерційна, 200 Гр   | 212±23*  | 21,2±2,3 | 159±18*                      | 15,9±1,8 |
| Комерційна, 250 Гр   | 101±23*  | 10,1±2,3 | 32±10*                       | 3,2±1,0  |
| Комерційна, 300 Гр   | 8±11     | 0,8±1,1  | 0                            | 0        |
| Співанка, контроль   | 981±14   | 98,1±1,4 | 978±13                       | 97,8±1,3 |
| Співанка, 100 Гр     | 693±15*  | 69,3±1,5 | 652±17*                      | 65,2±1,7 |
| Співанка, 150 Гр     | 422±15*  | 42,2±1,5 | 395±15*                      | 39,5±1,5 |
| Співанка, 200 Гр     | 278±19*  | 27,8±1,9 | 247±16*                      | 24,7±1,6 |
| Співанка, 250 Гр     | 124±18*  | 12,4±1,8 | 69±6*                        | 6,9±0,6  |
| Співанка, 300 Гр     | 41±16    | 4,1±1,6  | 4±7                          | 0,4±0,7  |

\* - різниця статистично достовірна при P<sub>0,05</sub>

## ДІЯ ГАММА-ПРОМЕНІВ НА ХРОМОСОМНИЙ АПАРАТ КЛІТИНИ

Навіть у контролі відбуваються хромосомні перебудови (на рівні 1–2 відсотків, у сорту Комерційна майже вдвічі нижче в контролі, різниця між сортами статистично достовірна, що свідчить про більшу генетичну стабільність сорту Комерційна) (табл.2).

Частота аберацій поступово лінійно зростала при дозах 100–150 Гр для обох сортів, але більш плавно для сорту Комерційна. Максимального значення частота хромосомних перебудов досягала при дозі 200 Гр (23–25%) з подальшим достовірним зниженням при дозі 250 Гр до стабільного рівня 19 % при дозах 250–300 Гр, відмінності між якими були несуттєві.

Таблиця 2

## Частота хромосомних перебудов при дії гамма-променів

| Варіант  | Мітозів  | Усього аберацій |           | Мітозів    | Усього аберацій |           |
|----------|----------|-----------------|-----------|------------|-----------------|-----------|
|          |          | шт.             | %         |            | шт.             | %         |
|          | Співанка |                 |           | Комерційна |                 |           |
| Контроль | 1011     | 17              | 1,7±0,3   | 1022       | 8               | 0,8 ±0,5  |
| 100 Гр   | 1028     | 69              | 6,7±1,1*  | 1018       | 79              | 7,8 ±0,9* |
| 150 Гр   | 1003     | 144             | 14,4±1,4* | 1043       | 126             | 12,1±1,1* |
| 200 Гр   | 978      | 245             | 25,1±1,3* | 1001       | 233             | 23,3±0,8* |
| 250 Гр   | 611      | 117             | 19,2±1,2* | 643        | 121             | 18,8±1,2* |
| 300 Гр   | 501      | 98              | 19,6±1,4  | 562        | 108             | 19,2±0,9  |

\* - різниця статистично достовірна при P<sub>0,05</sub>

Для обох сортів характерна перевага хромосомних перебудов за типом «міст» над «фрагментами», що є більш традиційним для дії саме фізичних мутагенів.

Факторний аналіз (табл. 3) показав відсутність відмінностей у реакції генотипу, крім показника загальної частоти аберацій, проте значущий вплив показника доза.

Таблиця 3

**Результати факторного аналізу (varimax raw)**

| Параметр                        | Генотип сорту   | Доза             |
|---------------------------------|-----------------|------------------|
| Загальна частота перебудов      | <b>0,898911</b> | <b>-0,924453</b> |
| Фрагменти (одинарні + подвійні) | 0,237643        | 0,276589         |
| Мости (хромосомні + хроматидні) | 0,176456        | <b>0,875987</b>  |
| Мікроядра, відстаючі хромосоми  | 0,176586        | 0,167489         |
| Комплексні перебудови           | 0,119872        | <b>0,783988</b>  |
| Загальна дисперсія              | 2,398789        | 2,897587         |
| Частка загальної дисперсії      | 0,897087        | 1,398079         |

Значущими параметрами мінливості на рівні клітинного апарату є загальна частота хромосомних аберацій, частота мостів, частота комплексних перебудов. Співвідношення фрагментів до мостів відповідає стандартним закономірностям, що властиві для гамма-променів.

**ЧАСТОТА ТА СПЕКТР ЗМІН У НАСТУПНИХ ПОКОЛІННЯХ.  
КЛАСИФІКАЦІЯ ЗМІН**

Усього було досліджено 3 270 сімей в поколіннях  $M_2 - M_3$  (2016 – 2018 рр.). Кількість за кожним варіантом становила від 500 родин (100–150 Гр) до 40–60 родин (250 Гр). Показники мінливості сімей та ліній у  $M_{2-4}$  наведені в таблиці 4. У сорту Комерційна частота мутацій варіювала від 8,4 % (100 Гр) до 30,0 % (250 Гр) при контролі 1,2 % (частота спонтанних мутацій). У сорту Співанка від 6,4 % (100 Гр) до 31,6 % (250 Гр) при 0,8 % спонтанних мутацій у контролі без обробки. Як видно з темпів зростання частоти мутацій, у обох сортів воно відбувається поступово, але в цілому в сорту Співанка частота суттєво нижча, ніж у сорту Комерційна, з різким зростанням цього параметра при дозі 250 Гр. У сорту Комерційна частота мутацій залишається при дозах 200–250 Гр приблизно на одному рівні.

Таблиця 4

**Частота мутацій у пшениці озимій при дії гамма-променів**

| Варіант              | Загальна кількість сімей, шт. | Кількість мутантних сімей, шт. | Відсоток мутантних сімей |
|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Комерційна, контроль | 500                           | 6                              | 1,2±0,1                  |
| Комерційна, 100 Гр   | 500                           | 42                             | 8,4±0,6*                 |
| Комерційна, 150 Гр   | 450                           | 61                             | 13,6±1,0*                |
| Комерційна, 200 Гр   | 120                           | 35                             | 29,2±1,4*                |
| Комерційна, 250 Гр   | 40                            | 12                             | 30,0±1,6*                |
| Співанка, контроль   | 500                           | 4                              | 0,8±0,1                  |
| Співанка, 100 Гр     | 500                           | 32                             | 6,4±0,5*                 |
| Співанка, 150 Гр     | 400                           | 43                             | 10,8±0,9*                |
| Співанка, 200 Гр     | 200                           | 38                             | 19,0±1,1*                |
| Співанка, 250 Гр     | 60                            | 19                             | 31,6±1,5*                |

\* - статистично достовірно перевищує попередній варіант при  $P_{0.05}$

Проаналізувавши окремо сорти, встановлено, що в контролі сорт Комерційна характеризується доволі високим рівнем спонтанної мінливості, тобто є менш стабільним по відношенню до сорту Співанка. При помірних дозах 100–150 Гр частота мутацій у сорту Комерційна поступово зростає, причому суттєво перевищує як контроль, так і більш низьку дозу. При дії дози 200 Гр відбувається стрімке зростання з подальшою стабілізацією на одному рівні при дозі 250 Гр, що пов'язано з високою загибеллю отриманого матеріалу при дії цієї дози. У сорту Співанка відбувається поступове зростання мутаційної активності при дозах 100–200 Гр, що дозволяє використовувати для практики не лише цей діапазон доз, але й можливе перевищення в діапазоні до 250 Гр, коли рівень мутабільності суттєво зростає. Уточнення межі застосування в цьому випадку потребує додаткових досліджень для визначення критичних значень у проміжку між 200 та 250 Гр. У будь-якому випадку всі дози відрізнялися одна від одної та від контролю.

При розрахунку рівня мінливості (табл. 5) зі свого боку знаходимо, що хоч частота мутацій у сорту Співанка була суттєво меншою, але за кількістю ознак, за якими відмічена варіативність матеріалу, вона значно переважала сорт Комерційна.

Якщо у сорту Комерційна більшу кількість змінених ознак знаходимо при дозі 100 Гр з поступовим зменшенням вже при дозі 150 Гр, то для сорту Співанка характерний широкий спектр дії від 100 до 200 Гр зі збідненням спектра мутацій уже при 250 Гр.

Таблиця 5

**Рівень мінливості при дії гамма-променів у пшениці озимій**

| Сорт                 | Кількість типів змінених ознак | Рівень мінливості |
|----------------------|--------------------------------|-------------------|
| Комерційна, контроль | 4                              | 0,05              |
| Комерційна, 100 Гр   | 21                             | 1,76*             |
| Комерційна, 150 Гр   | 18                             | 2,45*             |
| Комерційна, 200 Гр   | 15                             | 4,38*             |
| Комерційна, 250 Гр   | 11                             | 3,30*             |
| Співанка, контроль   | 4                              | 0,03              |
| Співанка, 100 Гр     | 24                             | 1,54*             |
| Співанка, 150 Гр     | 28                             | 3,02*             |
| Співанка, 200 Гр     | 24                             | 4,56*             |
| Співанка, 250 Гр     | 15                             | 4,74              |

\* - статистично достовірно перевищує попередній варіант при  $P_{0.05}$

При дії доз 100–200 Гр рівень мінливості поступово зростає для обох генотипів, але при дозі 250 Гр у сорту Комерційна мінливість суттєво знизилася за рахунок різкого збіднення спектра, у сорту Співанка залишилася приблизно на тому самому рівні.

За результатами аналізу за показником рівня мінливості встановлено, що зміни в частоті в комплексі з відмінностями по широті спектра мутацій уже суттєво залежали не лише від застосованої дози, але й від генотипу – тобто від сорту

вихідного матеріалу. Залишається достовірним та значущим вплив різниці за дозами на мутаційну мінливість в обох випадках.

Таким чином, для сорту Комерційна варто використовувати для індукції мутаційної мінливості дозу 100 Гр з можливістю застосування, хоча й при збідненні спектра, доз 150–200 Гр; для сорту Співанка доцільним є використання усіх доз в діапазоні 100–200 Гр з можливим розширенням меншої градації доз за межу 200 Гр.

За спектром дії гамма-променів у обох сортів ідентифіковано 33 типи змінених ознак (що в принципі небагато для дії гамма-променів як мутагену суцільної, не специфічної дії), що були класифіковані за такими групами:

**I. Мутації структури стебла та листя – усі зміни за морфометрією та морфологією стебла та листя.** 1. Товсте стебло. 2. Тонке стебло. 3. Високостеблові. 4. Низькостеблові. 5. Напівкарлик. 6. Карлик. 7. Інтенсивна воскова поволока. 8. Слаба воскова поволока.

**II. Мутації кольору та структури зерна.** 9. Велике зерно.

**III. Мутації кольору та структури колоса.** 10. Остистий колос. 11. Безостий колос. 12. Довгий колос. 13. Рихлий колос. 14. Циліндричний колос. 15. Веретеноподібний колос. 16. Щільний колос. 17. Великий колос. 18. Дрібний колос. 19. Напівостистий колос. 20. Ригідний колос. 21. Булавоподібний колос. 22. Загострений колос. 23. Антоціанові ості.

**IV. Змінені фізіологічні ознаки росту та розвитку.** 24. Стерильність. 25. Ранньостиглість. 26. Пізнньостиглість.

**V. Мутації за продуктивністю та якістю зерна.** 32. Продуктивні. 33. Кущисті форми.

Таблиця 6

**Показники мінливості за спектром сорту Комерційна**

| Варіант  | Частота та кількість типів змінених ознак за групами (кількість ознак) |     |        |     |          |     |        |     |       |     |        |     |
|----------|--|-----|--------|-----|----------|-----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|
|          | I (8)  |     | II (1) |     | III (14) |     | IV (3) |     | V (2) |     | VI (5) |     |
|          | %  | шт. | %      | шт. | %        | шт. | %      | шт. | %     | шт. | %      | шт. |
| Контроль | 0,6  | 1   | 0,0    | 0   | 0,4      | 2   | 0,2    | 1   | 0,0   | 0   | 0,0    | 0   |
| 100 Гр   | 2,8  | 7   | 0,0    | 1   | 3,2      | 9   | 0,40   | 2   | 1,6   | 2   | 0,0    | 0   |
| 150 Гр   | 5,3  | 6   | 0,0    | 0   | 3,6      | 7   | 1,8    | 2   | 2,0   | 2   | 0,9    | 1   |
| 200 Гр   | 9,2  | 7   | 0,0    | 0   | 4,2      | 3   | 9,2    | 2   | 5,8   | 2   | 0,8    | 1   |
| 250 Гр   | 12,5   | 5   | 0,0    | 0   | 0,0      | 0   | 10,0   | 3   | 5,0   | 2   | 2,5    | 1   |

**VI. Системні мутації – мутації за межі систематичних ознак, характерних для пшениці м'якої озимої та більш властиві спорідненим формам.** 27. Скверхедний колос. 28. Спельтоїдний колос. 29. Субкомпактоїд. 30. Компактоїд. 31. Сферококоїд.

Аналіз спектра мутацій за окремими групами мінливості для визначення ключових параметрів мутабільності показує, що в сорту Комерційна мінливість в контролі незначна та в рамках звичайної для сучасного сорту.

Ключовими є дослідження мінливості по першій, третій, четвертій групі (високо- та низькостеблові форми, зміни по восковій поволоці, наявності остей, структурі колоса, строках стиглості). З позиції практичного використання треба

виділити низькостеблові форми, наявність інтенсивної воскової поволоки, ранньостиглі, продуктивні та кущисті форми.

Аналіз мутаційної активності в сорту Співанка (табл. 7) показує доволі високий рівень мінливості по групах.

Таблиця 7

### Показники мінливості по спектру Співанка

| Варіант  | Частота та кількість типів змінених ознак по групах (кількість ознак) |     |        |     |          |     |        |     |       |     |        |     |
|----------|---|-----|--------|-----|----------|-----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|
|          | I (8)   |     | II (1) |     | III (14) |     | IV (3) |     | V (2) |     | VI (5) |     |
|          | %   | шт. | %      | шт. | %        | шт. | %      | шт. | %     | шт. | %      | шт. |
| Контроль | 0,4   | 2   | 0,0    | 0   | 0,0      | 0   | 0,4    | 2   | 0,0   | 0   | 0,0    | 0   |
| 100 Гр   | 1,6   | 7   | 0,2    | 1   | 2,2      | 11  | 1,0    | 2   | 1,2   | 2   | 0,2    | 1   |
| 150 Гр   | 4,0   | 8   | 0,3    | 1   | 3,3      | 12  | 1,8    | 3   | 1,0   | 2   | 0,5    | 2   |
| 200 Гр   | 6,0   | 6   | 0,5    | 1   | 5,5      | 9   | 2,5    | 3   | 1,0   | 2   | 3,5    | 3   |
| 250 Гр   | 11,7  | 7   | 0,0    | 0   | 6,7      | 3   | 6,7    | 1   | 1,7   | 1   | 5,0    | 3   |

За результатом дискримінаційного аналізу (табл. 8, наведено лише значущі ознаки) можна виділити такі ключові ознаки, що є модельними для обох сортів: високостеблові, низькостеблові, напівкарлики, інтенсивна воскова поволока, слаба воскова поволока, остистий колос, безостий колос, довгий колос, великий колос, стерильність, пізньостиглість, ранньостиглість, кущисті, продуктивні, спельтоїдний колос (єдина системна) – загалом 15 ознак з 33-х.

Таблиця 8

### Результати дискримінаційного аналізу (значущі ознаки)

| Ознака в моделі             | Коефіцієнт Вілкса $\lambda$ | F-критичне (3,02) | p-рівень |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|----------|
| Високостеблова              | 0,32                        | 1,96              | 0,01     |
| Низькостеблова              | 0,25                        | 2,13              | 0,01     |
| Напівкарлик                 | 0,20                        | 2,86              | 0,02     |
| Інтенсивна воскова поволока | 0,24                        | 2,22              | 0,01     |
| Слаба воскова поволока      | 0,19                        | 2,91              | 0,03     |
| Остистий колос              | 0,18                        | 2,95              | 0,04     |
| Безостий колос              | 0,18                        | 2,97              | 0,04     |
| Довгий колос                | 0,18                        | 2,90              | 0,04     |
| Великий колос               | 0,18                        | 2,94              | 0,04     |
| Стерильність                | 0,17                        | 2,99              | 0,05     |
| Пізньостиглість             | 0,21                        | 2,72              | 0,02     |
| Ранньостиглість             | 0,18                        | 2,98              | 0,04     |
| Кущисті                     | 0,18                        | 2,94              | 0,04     |
| Продуктивні                 | 0,18                        | 2,94              | 0,04     |
| Спельтоїдний колос          | 0,17                        | 3,01              | 0,05     |

Було виконано аналіз за класифікаційними можливостями за значущими ознакам для окремих генотипів (оскільки безості форми тільки в сорту Співанка, наявність остей є мутацією для сорту Комерційна та для виявлення генотипової специфічності в активності гамма-променів) (табл. 9).

Таблиця 9

**Класифікаційна матриця за канонічними коренями**

| Ознака                      | Відсоток класифікації |          |
|-----------------------------|-----------------------|----------|
|                             | Комерційна            | Співанка |
| Високостеблова              | 100,0                 | 100,0    |
| Низькостеблова              | 79,0                  | 88,0     |
| Напівкарлик                 | 21,0                  | 70,0     |
| Інтенсивна воскова поволока | 100,0                 | 100,0    |
| Слаба воскова поволока      | 85,0                  | 79,0     |
| Остистий колос              | 73,0                  | -        |
| Безостий колос              | -                     | 60,1     |
| Довгий колос                | 70,0                  | 61,0     |
| Великий колос               | 61,0                  | 58,0     |
| Стерильність                | 33,0                  | 67,0     |
| Пізньостиглість             | 100,0                 | 100,0    |
| Ранньостиглість             | 79,0                  | 76,0     |
| Кущисті                     | 67,0                  | 64,0     |
| Продуктивні                 | 61,0                  | 58,0     |
| Спельтоїдний колос          | 58,0                  | 67,0     |
| Середня                     | 68,2                  | 72,9     |

Згідно з наведеними даними випадають з класифікаційної моделі такі ознаки, як напівкарлик та стерильність для сорту Комерційна. Для сорту Співанка класифікаційна значущість усіх ознак зберігається, але з деякими незначними змінами. Загалом можливості моделювання мутаційного процесу для сорту Співанка трохи вищі, але не суттєво.

Вищий рівень мутабельності за загальною частотою випадків характерний для сорту Комерційна, а для сорту Співанка мутаційна активність проявляється в більшій кількості змінених ознак та у вищому рівні мінливості, тобто в підвищенні різноманітності отриманого матеріалу.

При використанні сорту Співанка як вихідної форми перспективним є отримання високоінтенсивних низькорослих та напівкарликових форм, для сортів Співанка та Комерційна – отримання форм з довгим озерненим головним колосом, посухостійких за рахунок ранньостиглості та наявності якісної воскової поволоки. Високу ймовірність змін при широкому діапазоні доз можливо отримати внаслідок дії на ключові для архітектури рослини ознаки. Перспективним є використання для обох сортів, враховуючи частоту та спектр отриманих мутаційних змін, дози 100–200 Гр. Ключовими ознаками мутаційної мінливості пшениці озимої були мутації за висотою стебла, за восковою поволокою, строками стиглості. Інші варіанти змін господарсько-корисних ознак є середньо- та низькоймовірними.

## ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ АГРОЦЕНОЗІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

За результатами дослідження росту та розвитку пшениці озимої в озимий період, починаючи від сходів і до відновлення вегетації після періоду низьких температур, вітчизняні сорти мають вищу зимостійкість порівняно із сортами ІНРА.

У таблиці 10 наведено дані про врожайність зерна. Трирічне польове випробування показало, що за усередненими даними такі сорти, як Комерційна, Gallixe, Ghayta, Koreli, Співанка перевершили стандарт. Усі роки випробувань Gallixe, Ghayta, Koreli, Співанка стабільно перевершували стандарт, умови 2019/2020 (більша кількість опадів наприкінці травня – початку червня, менші посушливі умови) призвели до негативних наслідків для місцевого сорту Комерційна, що сформував урожай на стандартному рівні.

Таблиця 10

### Зернова продуктивність сортів пшениці озимої (т/га)

| Сорт       | 2018  | 2019  | 2020  | Середня | Відхилення |
|------------|-------|-------|-------|---------|------------|
| Подільянка | 5,23  | 5,42  | 7,89  | 6,18    | 0,48       |
| Комерційна | 6,61* | 6,40* | 7,27  | 6,76*   | 0,45       |
| Співанка   | 7,46* | 6,11* | 8,22* | 7,26*   | 1,08       |
| Courtlot   | 4,24  | 4,79  | 5,75  | 4,93    | 0,56       |
| Flamenko   | 4,45  | 4,74  | 9,76* | 6,32    | 0,59       |
| Gallixe    | 7,33* | 7,69* | 9,36* | 8,13*   | 0,08       |
| Geo        | 4,00  | 4,10  | 7,06  | 5,05    | 0,54       |
| Ghayta     | 7,12* | 7,76* | 9,58* | 8,15*   | 0,48       |
| Gotik      | 5,63  | 5,79  | 7,22  | 6,21    | 0,52       |
| Grapeli    | 5,64  | 6,09* | 7,47  | 6,40    | 0,56       |
| Koreli     | 7,02* | 6,79* | 9,13* | 7,65*   | 0,29       |
| Lyrik      | 5,63  | 5,78  | 7,64  | 6,35    | 0,12       |
| Musik      | 5,02  | 5,23  | 7,77  | 6,01    | 0,53       |
| Renan      | 4,91  | 5,04  | 7,80  | 5,92    | 0,53       |
| Skerzzo    | 5,26  | 5,59  | 7,87  | 6,24    | 0,42       |

\* - статистично достовірно при  $P_{0,05}$

В окремі роки за врожайністю стандарт перевершували також Grapeli (2019) і Flamenko (2020).

За результатами дослідження зернової продуктивності генотипи були класифіковані на 7 груп. Перша група складалась із 7 сортів: Подільянка, Musik, Renan, Skerzzo, Gotik, Lyrik, Grapeli, що продемонстрували продуктивність на рівні стандарту Подільянка та в принципі ту саму динаміку в прояві цієї ознаки за роками вирощування (рис. 1). Друга група – один сорт Комерційна, що в 2020 році був на рівні стандарту, але в 2018–2019 роках значно переважала, як і за результатами трирічного випробування в цілому. Третя група складається з трьох сортів: Gallixe, Ghayta, Koreli, іноземних сортів, що переважали сорт-стандарт кожного року та, відповідно, за загальними результатами випробування, та за результатами окремого року (2020) значно виділилися за особливо високим рівнем реалізації цієї ознаки,

демонструючи також і високу стабільність та адаптивність. Четверта група – сорт Співанка, що переважав сорт-стандарт кожного року та за загальними результатами випробування та посів перше місце за ступенем та стабільністю прояву ознаки високої врожайності. П'ята група – сорт Courtiot, що значно поступився стандарту за всіма роками випробування. Шоста група – сорт Geo, він теж значно поступився стандарту за всіма роками випробування та навіть попередній групі. Сьома група сорт Flamenko, що поступився стандарту у 2018–2019 роках та за загальними результатами випробування, але значно перевищив у 2020 році. Таким чином більш перспективними сортами за врожайністю були Співанка, Gallixe, Ghayta, Koreli, частково Комерційна.

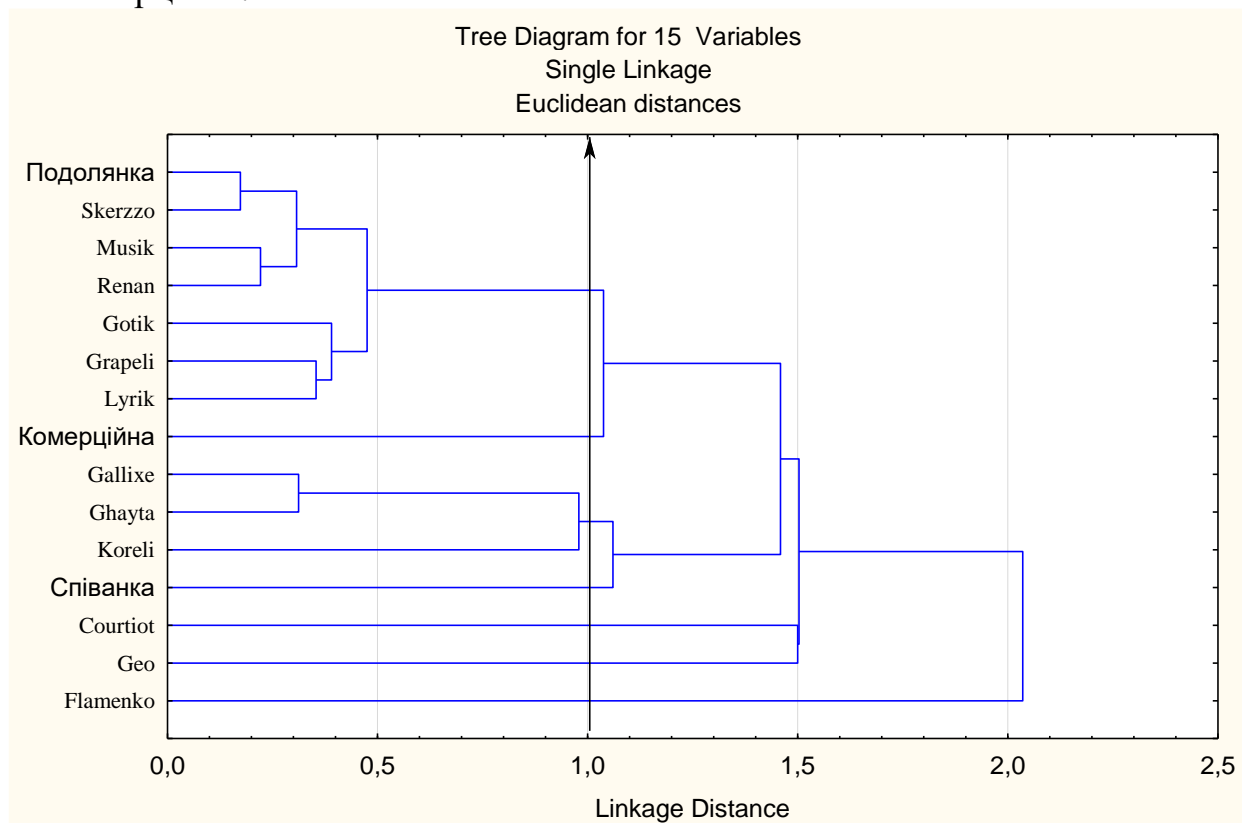


Рис. 1. Кластерний аналіз генотипів за зерною продуктивністю

Ключовими параметрами для підвищення врожайності були маса тисячі зерен та маса зерна з головного колоса та рослини.

Сорти Courtiot, Geo та Renan є донорами ознаки вмісту білка; Courtiot, Geo, Renan, Ghayta – вмісту високомолекулярних глютенінів; Gallixe – вмісту гліадинів. У комплексі найбільш перспективними є сорти Courtiot, Geo та Renan.

Більш вдалим та рекомендованим з першим пріоритетом по зерновій продуктивності можна вважати лінії 123, 152, 178, 179, 181, 262. 4 лінії походять від сорту Співанка та 2 від сорту Комерційна (табл. 11).

Факторний аналіз довів, що саме взаємодія умов року та генотипу сорту призвела до диференціації вихідного матеріалу, і показав, що суттєва роль належить саме фактору генотипу вихідного матеріалу, але, вочевидь доволі важко встановити більш детально цю роль.

Для визначення факторів, за рахунок яких відбувається зростання врожайності, виконано її структурний аналіз за такими показниками: висота



рослин, продуктивна кущистість, кількість зерен та маса зерна з головного колоса, маса зерна з рослини, маса тисячі зерен (МТЗ). У результаті встановлено, що в усіх продуктивних ліній на підвищення врожаю впливало насамперед підвищення МТЗ та вага зерна з рослини, менше вага зерна з головного колоса.

Таблиця 11

**Врожайність агроценозів мутантних ліній пшениці м'якої озимої при випробуванні (2018–2020 рр., ННЦ ДДАНУ)**

| Лінія               | 2018  | 2019  | 2020  | Середня | +/- до стандарту |
|---------------------|-------|-------|-------|---------|------------------|
|                     | т/га  |       |       |         |                  |
| Подільська, ст.     | 5,23  | 5,42  | 7,89  | 6,18    |                  |
| 26                  | 7,39* | 6,05* | 8,11  | 7,18*   | 1,00             |
| 45                  | 7,51* | 6,22* | 8,09  | 7,27*   | 1,09             |
| 123                 | 7,22* | 6,10* | 8,13* | 7,15*   | 0,97             |
| 152                 | 7,11* | 6,09* | 8,15* | 7,12*   | 0,94             |
| 178                 | 7,01* | 6,00* | 8,69* | 7,23*   | 1,05             |
| 179                 | 7,61* | 6,31* | 8,19* | 7,37*   | 1,19             |
| 181                 | 6,40* | 6,22* | 8,22* | 6,95*   | 0,77             |
| 203                 | 6,09* | 5,92* | 7,17  | 6,39    | 0,21             |
| 213                 | 6,44* | 6,12* | 7,43  | 6,66*   | 0,48             |
| 214                 | 6,65* | 6,14* | 7,32  | 6,70*   | 0,52             |
| 262                 | 6,43* | 6,36* | 8,29* | 7,03*   | 0,85             |
| НІР <sub>0,05</sub> | 0,22  |       |       |         |                  |

\* - різниця статично достовірні при  $P_{0,05}$

За комплексом врожайних та якісних ознак можна рекомендувати лінії 123, 152, 179, 181, 262. Лінії 179 та 213 теж є перспективними, але менш досконалими. Їх можна використовувати для подальшого поліпшення та створення агроценозів озимої пшениці. Лише в одному випадку лінія індукована дозою 200 Гр з сорту Комерційна. Але серед тих форм, що залишилися, за комплексом продуктивності та якості передують форми, що створені зі Співанки дозами 100–150 Гр. Переважно форми мають інтенсивну воскову поволоку, низкорослі або напівкарликові, морфотип колосу не змінився. Особливий інтерес становлять лінії 179 та 262, що є не лише цінними за якістю та продуктивністю, але й високоінтенсивними напівкарликовими формами.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі обґрунтовано можливості використання екогенетичної мінливості пшениці озимої під впливом гамма-променів для підвищення біорізноманіття її агроценозів на базі місцевих ресурсів для отримання стабільно функціонуючих високопродуктивних та якісних систем виробництва зерна, виконано порівняння можливостей використання як вихідного матеріалу місцевих форм з ресурсами іншого еколого-географічного походження. Встановлено закономірності та шляхи застосування гамма-променів як екогенетичного чинника.

1. Моніторинговими параметрами за ступенем мутагенної депресії в першому поколінні рослин сортів, що отримали мутагенну дію, були: показники онтогенезу рослин (схожість, віддалена загибель), фертильність-стерильність пилку та окремі елементи структури врожайності (висота рослин, маса зерна з головного колоса, маса зерна з рослини, маса тисячі зерен). Генотипова особливість місцевих сортів виявилася досить чутливою до дії гамма-променів. Відповідно це показник їх фундаментальної особливості під впливом гамма-променів для отримання високого рівня мутаційної активності в майбутньому та позначає можливий високий рівень мутабільності за частотою та спектром подальших змін, тобто ці генотипи є достатньо перспективними за проявом депресії в першому поколінні.

2. Значущими параметрами мінливості на рівні клітинного апарату є загальна частота хромосомних аберацій, частота мостів, частота комплексних перебудов. Співвідношення фрагментів до мостів відповідає стандартним закономірностям, що властиві для гамма-променів.

3. Використання місцевого матеріалу як вихідного для мутаційного поліпшення є ефективним з огляду на отримання високоінтенсивних низькорослих та напівкарликових форм, з довгим озерненим головним колосом та восковою поволокою.

4. Високу ймовірність змін при широкому діапазоні доз можна отримати за дії на ключові для архітектури рослини ознаки. Ключовими ознаками мутаційної мінливості пшениці озимої з огляду на коректну оцінку популяції, що отримала дію гамма-променями, були: висота стебла, наявність воскової поволоки, строків стиглості. Інші варіанти змін корисних ознак є середньо- та низькоймовірними. Для мутаційного процесу модельними є такі показники, як високе стебло, низьке стебло, напівкарлик, інтенсивна воскова поволока, слаба воскова поволока, остистий колос, безостий колос, довгий колос, великий колос, стерильність, пізньостиглість, ранньостиглість, кущистість, продуктивні, спельтоїдний колос.

5. Сорти Gallixe, Ghayta, Courtiot, Співанка є найбільш перспективними як для використання при формуванні сталих високопродуктивних та якісних агроценозів пшениці озимої в умовах півночі Степу України, так і як вихідні форми. Частково (за окремими параметрами для поліпшення) заслуговують на увагу сорти Комерційна, Geo, Gallixe та Renan. За комплексом урожайних та якісних ознак можна рекомендувати лінії 123, 152, 179, 181, 262, частково лінії 179 та 213. Усі лінії, крім 213, належать до інтенсивного типу.

6. Рівень мінливості є більш надійним та комплексним показником для оцінки ефективності поєднання генотипу вихідного матеріалу та дози гамма-променів. Оптимальним для підвищення зернової продуктивності та якості є використання доз гамма-променів у діапазоні 100–150 Гр, але успішність у цьому випадку також залежить від якості вихідного матеріалу.

7. Мутаційний процес з огляду на підвищення зернової продуктивності є ефективним через вплив на такі ознаки, як висота рослини, маса зерна з колоса, маса зерна з рослини, співвідношення складових компонентів запасних білків зерна. У зв'язку зі змінами локальних кліматичних умов такі ознаки, як ранньостиглість та зимостійкість не надають необхідних переваг з позиції реалізації продуктивного

потенціалу агроценозів озимих зернових, тож не потребують наявності/подальшого покращення зернових і не вимагають наявності / подальшого поліпшення.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для практичного використання як вихідного матеріалу, так і для прямого формування перспективних агроценозів за комплексом ознак продуктивності та якості рекомендовано використовувати сорти Gallixe, Ghayta, Courtiot, Співанка.

2. Для створення високопродуктивних агроценозів з високою якістю зерна перспективно використовувати мутантні лінії 123, 152, 179, 181, 262, як перспективні вихідні форми для поліпшення лінії 179 та 213.

3. Для поліпшення місцевих (локальних) генетичних ресурсів доцільно використовувати дію гамма-променів у дозах 100–150 Гр на такі ознаки: висота рослини, маса зерна з колоса, маса зерна з рослини, співвідношення складових компонентів запасних білків зерна за ступенем варіативності.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Публікації у закордонних наукових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science*

1. Nazarenko M., Semenchenko O., **Izhboldin O.**, Hladkikh Y. French winter wheat varieties under ukrainian north steppe condition. *Agriculture and Forestry*. 2021. Vol. 67 (2). P. 89–102. Режим доступу DOI: 10.17707/AgricultForest.67.2.07 (Scopus) (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті).

### *Публікації у фахових наукових виданнях України*

2. Іжболдін О. О. Особливості мутагенної депресії при дії гамма-променів на прикладі пшениці м'якої озимої. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 51–57.

3. **Іжболдін О. О.**, Лихолат Т. Ю. Цитогенетична мінливість у пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) за дії гамма-променів. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2021. № 5 (93). Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2021.05.005/13921>. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

4. Іжболдін О. О. Частота та рівень мінливості пшениці озимої при дії гамма-променів. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2021. № 122. С. 27–33.

5. Іжболдін О. О. Спектр мутаційних змін у пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) при дії гамма-променів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 4. С. 36–43.

### *Матеріали й тези доповідей на конференціях*

6. Назаренко М. М., **Іжболдін О. О.** Удосконалення мутаційної селекції пшениці озимої. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату* : зб. наук. пр. Всеукр. наук.-практ. конф. (15–16 червня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль : Крок, 2017. С. 208–211. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті).

7. Nazarenko M., **Izboldin O.**, Stankevych S., Sumiatina O. French winter wheat varieties grain quality under North Ukrainian Steppe conditions. *Матеріали Міжнародної науково-практ. конф., присвяченої 100-річчю з дня народження д-ра біол. наук, проф. Б. М. Литвинова* (м. Харків, 21–22 жовтня 2021 р.). Харків : Вид-во Іванченка І. С., 2021. Р. 122–124. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

8. Nazarenko M., **Izboldin O.**, Stankevych S. Winter wheat variability by grain productivity and quality under local conditions of Ukrainian North Steppe. *2nd international multidisciplinary conference for young researchers «Sustainable Development Trends and Challenges under COVID-19»*. Sumy, 2021. Р. 16. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

9. **Ізболдін О. О.**, Пащенко Н. О. Депресія у пшениці озимої при дії гамма-променів. *Матеріали V Міжнародної науково-практ. конф. «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур»*. Дніпро, 2020. С. 217–219. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті).

10. **Ізболдін О. О.**, Пащенко Н. О. Цитологічні порушення як індикатор дії гамма-променів. *Матеріали IV Міжнародної науково-практ. конф. «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур»*. Дніпро, 2019. С. 299–300. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті).

## АНОТАЦІЯ

**Ізболдін О. О. Екогенетична мінливість пшениці озимої при дії гамма-променів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, 2022.

У дисертаційній роботі обґрунтовано можливості використання екогенетичної мінливості пшениці озимої під впливом гамма-променів для підвищення біорізноманіття її агроценозів на базі місцевих ресурсів з метою отримання стабільно функціонуючих високопродуктивних та якісних систем виробництва зерна.

Метою роботи було дослідити еколого-генетичні основи створення високопродуктивних, якісних та стабільних агроценозів пшениці озимої шляхом підвищення біорізноманіття через індукцію гамма-променями на базі місцевого (локального) сортового матеріалу. На основі здобутих результатів досліджень встановлено ефективність використання місцевих форм як вихідного матеріалу для індукції штучного біорізноманіття під впливом гамма-променів. На основі випробування матеріалу виділено нові вихідні форми із сортів іноземної селекції, що в перспективі здатні утворювати високопродуктивні та якісні агроценози;

виокремлено ознаки, вплив на які є ефективним. Оптимальним для підвищення зернової продуктивності та якості є використання доз гамма-променів у діапазоні 100–150 Гр. Отримано врожайні мутантні лінії пшениці м'якої озимої з високими або задовільними якостями зерна, які можна застосувати як вихідний матеріал для індукції біорізноманіття або безпосередньо як базис для створення нових стабільних високопродуктивних агроценозів з більш повноцінними харчовими та технологічними якостями, що здатні забезпечувати необхідний рівень споживання при зниженні антропогенного тиску.

**Ключові слова:** пшениця м'яка озима, гамма-промені, формотворча дія, врожайність, якість зерна, локальні генетичні ресурси.

### АННОТАЦІЯ

**Ижболдин О.О. Экогенетическая изменчивость озимой пшеницы при действии гамма-лучей. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.**

Диссертация на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 03.00.16 – экология. Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, Днепр, 2022.

В диссертационной работе обоснованы возможности использования экогенетической изменчивости озимой пшеницы под влиянием гамма-лучей для повышения биоразнообразия ее агроценозов на базе местных ресурсов с целью получения стабильно функционирующих высокопродуктивных и качественных систем производства зерна.

Целью работы было исследовать эколого-генетические основы создания высокопродуктивных, качественных и стабильных агроценозов озимой пшеницы путем повышения биоразнообразия через индукцию гамма-лучами на базе местного (локального) сортового материала. На основе полученных результатов исследований установлена эффективность использования местных форм как исходного материала для индукции искусственного биоразнообразия под влиянием гамма-лучей. На основе испытания материала выделены новые исходные формы из сортов иностранной селекции, которые в перспективе способны образовывать высокопродуктивные и качественные агроценозы; выделены признаки, влияние на которые эффективно. Оптимальным для повышения зерновой продуктивности и качества является использование доз гамма-лучей в диапазоне 100–150 Гр. Получены урожайные мутантные линии пшеницы мягкой озимой с высокими или удовлетворительными качеством зерна, которые можно применить как исходный материал для индукции биоразнообразия или непосредственно как базис для создания новых стабильных высокопродуктивных агроценозов с более полноценными пищевыми и технологическими качествами при понижении антропогенного давления.

**Ключевые слова:** пшеница мягкая озимая, гамма-лучи, формообразующее действие, урожайность, качество зерна, локальные генетические ресурсы.

## SUMMARY

### **Izhboldin O.O. Ecogenetic variability of winter wheat under the gamma rays action. – Qualification scientific work on the rights of the manuscript.**

Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences by specialty 03.00.16 – ecology. Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, 2022.

Dissertation is devoted to the possibilities of using ecogenetic variability under the influence of gamma-rays to increase the biodiversity of winter wheat agrocenoses on the basis of local resources to obtain stable high-grain-productive and high-quality systems. Regularities and ways of using-gamma rays as an ecogenetic factor are established.

The aim of the work was to investigate the ecological and genetic bases of creating high-productive and quality stable agrocenoses of winter wheat by increasing biodiversity through gamma-rays induction based on regional (local) varieties material.

According to the results of scientific research at different levels of the organization of agrocenoses of cereals for the first time showed the relationship between variability at the cellular level and the consequences for the plant organism as a whole in terms of variability in characteristics; determined traits of depression for varieties of regional (local) breeding for the possibility of their use as source forms under the action of gamma rays; establishing the prospects for the use of local resources to increase artificial biodiversity in terms of total variability and stability in the mutation process; identified features of the emergence of new plant forms depending on model traits and genotypic features; the comparison of local and leading European material from the point of view of formation of stable high-yielding and high-quality agrocenoses of winter grain in the conditions of climate change is investigated; inserted key parameters that can be improved due to the mutation process for gamma rays; the mechanisms of formation of the basic economic and valuable traits of bread wheat and features of change in realization at mutational processes are defined; improved method of monitoring mutagenic activity by determining chromosomal aberrations, modeling mutagenic depression in the first generation under the influence of non-specific genetically active factors, methods of using gamma-rays to obtain promising useful forms with inherited changes, ways to improve the formation process using local material; received further development of methods for using moderate doses of gamma-rays depending on the genotype of the original form, methods for evaluating the effectiveness of physical mutagens in the context of adequate source material, methods for assessing productivity and grain quality of winter wheat.

Based on the results obtained during the research, the effectiveness of local forms as a source material for the induction of artificial biodiversity through the action of gamma-rays has been established. The effectiveness of the factor in moderate doses is shown. Increase the efficiency of predicting the consequences of the artificial mutation process in the genotype-mutagen system. Monitoring parameters for the degree of mutagenic depression in the first generation of plants of mutant varieties were: indicators of plant ontogenesis (germination, survival), pollen fertility and individual elements of yield structure a, plant height, head weight, grain weight from the plant, the weight of thousands of grains). The genotypic feature of local varieties was quite sensitive to gamma-rays. Accordingly, this is an indicator of their fundamental feature when exposed to gamma rays to obtain a high level of mutational activity in the future and indicates a possible high level

of mutability promising for the manifestation of depression in the first generation. Significant parameters of variability at the level of the cellular apparatus are the total frequency of chromosomal aberrations, the frequency of bridges, the frequency of complex rearrangements. The ratio of fragments to bridges corresponds to the standard laws inherent in gamma-rays. The use of local material as a source for mutational improvement is effective given the production of high-intensity low-growing and semi-dwarf forms, with a long lake spike, and wax coating.

Key traits have been identified both in terms of assessing the effectiveness of the mutation process in cereal populations and to create new forms with improved qualities. A high probability of change at a wide range of doses can be expected to be obtained by acting on key features for the architecture of the plant. The key parameters in the mutational variability of winter wheat, given the correct assessment of the population exposed to gamma-rays were signs of the height of the stem presence of wax coating, maturity. Other variants of changes in useful traits are medium and low probability.

For the mutation process, the following base indicators are model: high stem, low stem, semi-dwarf, intense wax coating, weak wax coating, spiny ear, awnless spike, long ear, large ear, sterility, late ripening, earliness, bushy products, bushiness. The level of variability is a more reliable and comprehensive indicator for assessing the effectiveness of combining the genotype of the source material and the dose of gamma rays.

Based on material testing, new source forms from varieties of foreign selection that are able to form high-yielding and high-quality agrocenoses in the future have been identified. which are not necessary in the context of climate change. Optimal to increase grain productivity and quality is the use of doses of gamma rays in the range of 100–150 Gy, but the success in this case also depends on the quality of the source material.

Yielding mutant lines of bread winter wheat with high or satisfactory grain qualities have been obtained, which can be used as a starting material for biodiversity induction, or directly as a basis for new stable high-yielding agrocenoses for more complete nutritional and technological qualities capable of providing the required level of consumption. when reducing anthropogenic pressure. Varieties Gallixe, Ghayta, Courtiot, Spivanka are the most promising for use in the formation of sustainable high-yielding and high-quality agrocenoses of winter wheat in the north steppe of Ukraine and as source forms. Partly (according to certain parameters for improvement) varieties Commerciyna Geo, Gallixe and Renan deserve for attention.

Lines 123, 152, 179, 181, 262, partially lines 179 and 213 can be recommended for the complex of yield and quality characteristics. All lines except 213 belong to the intensive type. The mutation process due to the increase in grain productivity is effective due to the impact on such traits as plant height, weight of grain from the main spike, weight of grain from the plant, the ratio of the constituent components of grain storage proteins. Due to changes in local climatic conditions, such traits as earliness and winter resistance do not provide the necessary advantages in terms of realizing the productive potential of winter cereal agrocenoses and do not require availability/further improvement.

**Keywords:** bread winter wheat, gamma-rays, formation action, yield, grain quality, local genetic sources.

Підписано до друку 06.07.2022  
Папір друкарський. Друк цифровий.  
Гарнітура TimeNewRoman.  
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 0,95. Формат 60\*90/16  
Наклад 120 примірників. Зам. № 2904

Віддруковано ФОП Коваленко М.В.  
Свідоцтво про державну реєстрацію № 0405248890010385  
м. Дніпро, вул. Паторжинського, 3, 49000  
тел. 050 695-26-14