

**original article** | UDC 631.528.6:575.224.46 | doi: 10.31210/visnyk2021.04.04**WINTER WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) MUTATION CHANGES SPECTRUM UNDER GAMMA-RAYS ACTION***O. O. Izhboldin*ORCID  [0000-0002-8076-7206](https://orcid.org/0000-0002-8076-7206)Dnipro State Agrarian and Economics University, 25, S. Efremova str., Dnipro, 49600, Ukraine  
E-mail: [izhboldin.o.o@gmail.com](mailto:izhboldin.o.o@gmail.com)

## How to Cite

*Izhboldin, O. O. (2021). Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) mutation changes spectrum under gamma-rays action. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (4), 36–43. doi: 10.31210/visnyk2021.04.04*

The aim of our research was to identify the parameters of mutational activity of different doses of gamma-rays for winter wheat varieties of local breeding according to the spectrum of induced mutational changes in the second-fourth generation. The parameters of the mutational variability spectrum in winter wheat of local breeding varieties (*Commetsiyina* and *Spivanka*) in the second-fourth generation were studied. The experiments were conducted in the research fields of the research center of Dnipro State Agrarian and Economic University. The seeds of *Spivanka* and *Commetsiyina* varieties, irradiated with gamma-rays in doses of 100, 150, 200, 250, 300 Gy, were used in the experiments. Dry seeds were used as control. It has been established that a positive mutation process is essential for such traits as semi-dwarfism (for certain genotypes) and dwarfism; it has been proved that it is a reliable constant source of using variability for locally bred genetic resources for some economically-valuable traits to obtain modern highly intensive, productive, highly adaptive prospective forms. The regularity of the mutation process in positive directions has been shown, which allows make the process of using this type of variability to obtain new material with the necessary potential, more manageable and reliably prognostic. The expediency of using mainly moderate doses of 100–150 Gy for the local material with a partial possibility of a dose of 200 Gy was proved. Higher mutational activity in terms of the frequency of changes is characteristic for *Commetsiyina* variety, but for *Spivanka* the overall level of variability is higher, due to a significant expansion of the range of required changes. The key parameters in the mutational variability of winter wheat are the mutations in stem height, mutations in wax coating, and terms of ripeness. Other variants are medium- and low-probable, but it is worth noting the assessment of variability according to such characteristics as high stem, low stem, semi-dwarf, intensive wax coating, weak wax coating, awned ear, awnless ear, long ear, large ear, sterility, late ripening, early ripening, bushiness, productive, speltoid spike to model the process of activity of mutagenic factors.

**Key words:** winter wheat, gamma-rays, mutations spectrum, mutagenesis.**СПЕКТР МУТАЦІЙНИХ ЗМІН У ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ПРИ ДІЇ ГАММА-ПРОМЕНІВ***O. O. Іжболдін*

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Метою наших досліджень було виявити особливості мутаційної активності дії різних доз гамма-променів у сортів пшениці озимої місцевої селекції за показниками спектру викликаних мутаційних змін у другому-четвертому поколінні. Досліджено показники спектру мутаційної мінливості у пшениці озимої сортів місцевої селекції (*Комерційна* та *Співанка*) у другому-четвертому поколінні.

Досліди проводили на дослідних полях навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету. У дослідях використовували насіння сортів Співанка та Комерційна, опромінене гамма-променями у дозах 100, 150, 200, 250, 300 Гр. Контроль – сухе насіння. Встановлено, що позитивний мутаційний процес є суттєвим для таких ознак, як напівкарликовість (для окремих генотипів) та низькорослість, доведено, що він є надійним постійним джерелом використання мінливості для генетичних ресурсів місцевої селекції для деяких господарсько-цінних ознак для отримання сучасних високоінтенсивних продуктивних, високоадаптивних перспективних форм. Показана регулярність мутаційного процесу в позитивних напрямках, що дає змогу зробити процес використання цього типу мінливості для отримання нового матеріалу з необхідним потенціалом більш керованим та достовірно прогностичним. Доведено доцільність використання для місцевого матеріалу переважно помірних доз 100–150 Гр з частковою можливістю дози 200 Гр. Вища мутаційна активність за показниками частоти змін характерна для сорту Комерційна, але для сорту Співанка, завдяки суттєвому розширенню спектра необхідних змін, загальний рівень мінливості є вищим. Ключовими ознаками в мутаційній мінливості пшениці озимої є мутації за висотою стебла, мутації по восковій поволоці, строкам стиглості. Інші варіанти є середньо- та низькоїмовірними, але заслуговує на увагу для моделювання процесу активності мутагенних чинників оцінка мінливості за такими ознаками, як високе стебло, низьке стебло, напівкарлик, інтенсивна воскова поволока, слаба воскова поволока, остистий колос, безостий колос, довгий колос, крупний колос, стерильність, пізньостиглість, ранньостиглість, кущистість, продуктивні, спельтоїдний колос.

**Ключові слова:** озима пшениця, гамма-промені, спектр мутацій, мутагенез.

### Вступ

Вплив фізичних мутагенів на рослинні організми зазвичай призводить до виникнення спадкових мутаційних змін, що можуть мати позитивну природу для практичного використання в сільському господарстві. Навіть невелика одноразова дія мутагенами суттєво корегує життєздатність, спадковість організму [3, 10].

Гамма-промені є популярним мутагеном з тих, що використовуються як для мутаційного поліпшення, так і для досліджень із впливу мутагенів на живі організми (зокрема й на модельні об'єкти). Переважна кількість успіхів у отриманні практично-цінних форм сільськогосподарських культур саме завдяки використанню гамма-променів [16], що зважаючи на високу інтенсивність відповідних досліджень, досить широко продовжує використовуватись як у традиційному селекційному поліпшенні, так і для дослідження систем генетичного контролю окремих ознак та отриманню у пшениці форм з принципово новою архітектурою стебла та колосу. Так, уже у XXI сторіччі опроміненням створено 217 сортів: Китай – 93, США – 18, Росія і Ірак – 13, Індія – 10, Бангладеш і Пакистан – 9, В'єтнам – 5, Польща – 2, Японія і Корея – 7. 62,2 % сортів створено в Азії, 11,7 % – у Європі [17].

Деякі дослідники вважають, що краще використовувати високі дози гамма-променів (у діапазоні 200–300 Гр). Існуюча статистика ФАО-МАГАТЕ [19] частково підтверджує цю позицію. Генетичне поліпшення з використанням різних доз гамма-променів досягла успіхів у створенні продуктивних, стійких до хвороб та абіотичних стресів мутантів. Гамма-промені досить часто призводять до різких морфологічних змін у організмів. Саме мутанти, що мають різкі зміни у фенотипі, повинні мати корисні зміни за вмістом цінних біохімічних речовин [18].

Для гамма-променів характерний різкий характер мутацій, висока кількість морфозів та генокопій [19]. Опромінення сухого насіння гамма-променями хоч і не є оптимальним з позиції підвищення мутаційної активності, але більш ефективне з огляду на подальше отримання мутаційного матеріалу, що і встановлено світовою практикою. Збільшення частоти та спектра у разі інших суб'єктів через подальші проблеми є незначним [1, 12].

Дослідження з експериментального мутагенезу зернових культур у Південно-Східній Азії згідно з міжнародними програмами з наукової кооперації призвели до створення понад 30 сортів культурних рослин при застосуванні гамма-променів. Фізичні мутагени застосовуються частіше та ефективніше [19].

Оптимальними вважають дози гамма-променів, за яких схожість насіння становить 70–80 %, а виживання рослин 80–90 %, тобто для гамма-променів опромінення – 100–150 Гр [3]. Вважають, що невисокі дози гамма-променів доволі суттєво змінюють співвідношення та взаємодію різних цінних

ознак у сільськогосподарських культур та загалом підвищують продуктивність, якість, адаптивний потенціал [8, 9]. Результатом є отримання практично-цінних за врожайними якостями, з підвищеним вмістом незамінних амінокислот та мікроелементів мутантних форм. При використанні малих доз гамма-променів в окремі періоди росту та розвитку при утворенні нової ознаки та відповідної дії чинників довкілля мутаційна зміна відбувається як процес формотворення і веде до виникнення стабільних практично-цінних ознак [11].

*Метою* наших досліджень було виявити особливості мутаційної активності дії різних доз гамма-променів у сортів пшениці озимої місцевої селекції за показниками спектру викликаних мутаційних змін у другому-четвертому поколінні.

Ставили такі *завдання* – дослідити показники загальної частоти окремих типів мутацій, наявність їх у спектрі мутацій для пшениці озимої сортів місцевої селекції (Комерційна та Співанка) у другому-четвертому поколіннях. Встановити вплив окремих доз гамма-променів на спектр викликаних змін, можливість мутацій за окремими групами, їх загальну ймовірність залежно від генотип-мутагенної взаємодії. Провести аналіз спектру мутаційних змін, виявити його ключові компоненти та можливість створення господарсько-цінних, перспективних форм, впливу на генотипи сортів місцевої селекції та визначити їх перспективність з погляду практичного впровадження застосування мутаційної мінливості.

### **Матеріали і методи досліджень**

Роботи проводили на дослідних полях навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету 2016–2020 рр. Дослідні ділянки мають однорідний покрив, представлений чорноземом звичайним малогумусним вилугуваним середньо-суглинковим на суглинковому лесі. Вміст азоту (за Тюріним) за роки досліджень не перевищує 3–5 мг, рухомого фосфору (за Чириковим) – 20–30 мг, обмінного калію (за Чириковим) – 20–35 мг на 100 г сухого ґрунту.

Науково-дослідне поле знаходиться у Дніпровському районі Дніпропетровської області, який відноситься до північного недостатньо вологого теплого району. Його кліматичні ресурси характеризуються такими показниками: 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 10 °С близько 2900 °С.

Як матеріал для дослідження були використані такі сорти – Комерційна та Співанка місцевої селекції (Дніпровського державного аграрно-економічного університету) як матеріал, що повністю відповідає умовам регіону (Півночі Степу України). Сухе насіння обробляли гамма-променями в дозах: 100, 150, 200, 250, 300 Гр. Дози гамма-променів стандартні для спектру опромінення, що застосовується в експериментальному мутагенезі цієї культури для підвищення мінливості вихідного матеріалу [18, 19].

Обробку насіння цих сортів здійснювали на гамма-установці центра з ядерних досліджень та тренувань відділу ядерних технологій для харчових ресурсів ФАО-МАГАТЕ (Австрія, Фрайбург), гамма-променями радіоактивного джерела Со60, потужність установки 0,048 Гр/с.

У другому-третьому поколінні проводили визначення мутацій візуально та за врожайністю в ручних посівах по сім'ях (1–3-рядкові ділянки, міжряддя 0,15 м, довжина рядка 1,5 м), проводили дослідження успадкування, облік продуктивності, структурний аналіз дібраних мутантних ліній (площа ділянки 5–10 м<sup>2</sup>, повторність 1–3-х кратна). Частота мутацій обраховувалась як кількість мутантних випадків до загальної кількості сімей у другому поколінні у відсотках, рівень мінливості як кількість змінених ознак на частку мутантних сімей у другому поколінні – кожен мутантний випадок як окреме явище [6, 11].

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за методом дискримінантного аналізу, достовірність різниці середніх оцінювали за критерієм Стьюдента. Використовували стандартний пакет програми Statistic 6.0 [14].

### **Результати досліджень та їх обговорення**

Показники мінливості сімей та ліній у M<sub>2-4</sub> наведені в таблиці 1 (загальна частота мутацій, кількість змінених ознак, рівень мінливості). У сорту Комерційна частота мутацій варіювала від 8,4 % (гамма-промені, 100 Гр) до 30,0 % (гамма-промені 250 Гр) при контролі 1,2 % (частота спонтанних мутацій). У сорту Співанка від 6,4 % (гамма-промені 100 Гр) до 31,6 % (гамма-промені 250 Гр) при

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

0,8 % спонтанних мутацій у контролі без обробки. Як видно з темпів зростання частоти мутацій у обох сортів вона відбувається поступово, але загалом у сорту Співанка частота суттєво нижча, ніж у сорту Комерційна, з різким зростанням цього параметру при дозі 250 Гр (майже на 60 % від попереднього рівня) тоді як у сорту Комерційна частота мутацій залишається при дозах 200–250 Гр приблизно на одному рівні та не характеризується піковими збільшеннями.

### 1. Показники мутабельності пшениці озимої

Варіант	Загальна частота	Кількість типів змінених ознак, шт.	Рівень мінливості
Комерційна, контроль	1,2	4	0,05
Комерційна, 100 Гр	8,4*	21	1,76*
Комерційна, 150 Гр	13,6*	18	2,45*
Комерційна, 200 Гр.	29,2*	15	4,38*
Комерційна, 250 Гр.	30,0*	11	3,30*
Співанка, контроль	0,8	4	0,03
Співанка, 100 Гр	6,4*	24	1,54*
Співанка, 150 Гр	10,8*	28	3,02*
Співанка, 200 Гр.	19,0*	24	4,56*
Співанка, 250 Гр.	31,6*	15	4,74

*Примітка:* \* – різниця статистично достовірна при  $t_{0,05}$ .

Кількість типів змінених ознак в усьому діапазоні доз вища, навпаки, у сорту Співанка, що характеризує суттєве збагачення спектру мутацій для цього генотипу, тоді як у сорту Комерційна суттєво зростає кількість мутантів для окремих ознак. Але загальний спектр суттєво збідений. Залежно від конкретного наповнення спектру змін це може означати, що за наявності високого рівня мінливості саме за господарсько-цінними ознаками цей сорт може бути більш перспективним безпосередньо для отримання господарсько-цінних форм, тоді як сорт Співанка більш ефективний при отриманні колекцій генетично-цінних ознак з подальшим використанням для поліпшення шляхом використання комбінативної мінливості. У будь-якому разі у сорту Комерційна кількість типів змінених ознак зменшується при зростанні дози гамма-променів, тоді як у сорту Співанка спектр навпаки розширюється до дози 150 Гр з подальшим спадом у дозах 200–250 Гр.

Рівень мінливості як комплексний показник мутабельності генотипів за рахунок більш широкого спектру вищий у сорту Співанка, причому зростає постійно при підвищенні дози, хоча й не завжди суттєво (доза 250 Гр). Рівень мінливості в контролі незначний, що додатково вказує на спонтанний характер отриманих мутацій.

За спектром дії гамма-променів 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. Крупне зерно. **III. Мутації кольору та структури колосу.** 10. Остистий колос. 11. Безостий колос. 12. Довгий колос. 13. Рихлий колос. 14. Циліндричний колос. 15. Веретеноподібний колос. 16. Щільний колос. 17. Крупний 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. Пізньостиглість. **V. Мутації по продуктивності та якості зерна.** 32. Продуктивні. 33. Куцисті форми. **VI Системні мутації** – мутації за межами 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 мутабельності показує, що у сорту Комерційна (таблиця 2) мінливість у контролі незначна та в межах звичайної для сучасного сорту.

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

### 2. Показники мінливості по спектру сорту Комерційна

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	0,6	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

Перша група мутацій характеризується досить високим рівнем мутабільності за спектром, приблизно однаковим для доз 100–200 Гр, відсоток мутацій постійно зростає і за цим показником це найбільш мінлива група за рахунок мутацій по висоті рослин, насамперед, високостеблових та низькорослих, по-друге – за рахунок мутацій по восковій поволоці. Друга група представлена лише однією ознакою з низьким показником кількості мутацій. Третя група доволі високомутабільна, хоча поступається першій. Особливо виділилися мутації за наявністю остей та крупний, дрібний, довгий колос для сорту Комерційна при дозах 100–150 Гр. Четверта група теж доволі високомутабільна, особливо за ознаками пізньо- та ранньостиглості, стерильність є досить рідкісною мутацією, лише у сорту Комерційна при дії дози 250 Гр. П'ята група (господарчо-цінні сім'ї, кущисті та продуктивні) виникають з посередньою ймовірністю, але достатньо часто для отримання необхідної кількості перспективного матеріалу. Шоста група (системні мутації) низько варіативна, лише при високих дозах гамма-променів виникають такі типи мутацій, що загалом є характерним для досліджень з експериментального мутагенезу.

Отже, ключовими є дослідження мінливості по першій, третій, четвертій групі (високо- та низькостеблові форми, зміни по восковій поволоці, наявності остей, структурі колоса, строкам стиглості). З точки зору практичного використання потрібно виділити низькостеблові форми, наявність інтенсивної воскової поволоки, ранньостиглі, продуктивні та кущисті форми. Загалом частота по цих типах ознак висока або середня, що робить сорт Комерційна доволі перспективним з огляду на індукції господарчо-цінних форм для прямого використання.

Аналіз мутаційної активності у сорту Співанка (табл. 3) показує доволі високий рівень мінливості по групах.

### 3. 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

Перша група мутацій характеризується досить високим рівнем мутабільності за спектром, приблизно однаковим уже для всього діапазону доз для доз 100–250 Гр, відсоток мутацій постійно зростає і за цим показником це теж високомінлива група за рахунок мутацій по висоті рослин (високостеблових та низькорослих, але також підвищується наявність напівкарликів до досить значних масштабів, мутацій по восковій поволоці). Друга група представлена теж однією ознакою з низьким рівнем мінливості. Третя група високоваріативна, особливо при дозах 100–150 Гр (як у попереднього генотипа) та переважає за мінливістю сорт Комерційна через наявність нових типів доволі рідкісних мутацій, що є цікавим лише з точки зору досліджень генетичного контролю ознак. Четверта група знову високомутабільна, особливо за ознаками пізньо- та ранньостиглості, але стерильність вже є більш частою мутацією (Співанка, доза 250 Гр). П'ята група (господарсько-цінні сім'ї, кущисті та продуктивні) виникають з посередньою ймовірністю, але нижче ніж у сорту Комерційна. Шоста група (системні мутації) характеризується більш високим рівнем мутацій, хоча вони й залишаються нечастими, та більш характерні для високих доз гамма-променів.

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

Отже, для сорту Співанка по першій, третій, четвертій групі висока мутабельність зберігається (високо- та низькостеблові форми, зміни по восковій поволоці, наявності остей, структурі колоса, строкам стиглості), п'ята група суттєво знижується за активністю порівняно з сортом Комерційна. З точки зору практичного використання потрібно виділити низькостеблові форми, наявність інтенсивної воскової поволоки, ранньостиглі, продуктивні та кущисті форми. Загалом частота по цих типах ознак висока або середня, що робить сорт Співанка перспективним, але частота форм, що мають перспективи безпосереднього використання, досить суттєво знижується.

За результатом дискримінаційного аналізу (табл. 4, наведені лише значимі 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, крупний колос, стерильність, пізньостиглість, ранньостиглість, кущисті, продуктивні, спельтоїдний колос (єдина системна), загалом 15 ознак з 33-х.

### 4. Результати дискримінаційного аналізу (значимі ознаки)

Ознака в моделі	Лямбда Уїлкса $\lambda$	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
крупний 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 проведено аналіз за класифікаційними можливостями по значимим 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).

### 5. Класифікаційна матриця за канонічними корнями

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
крупний 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 значимість усіх ознак зберігається, але з деякими незначними змінами. Загалом можливості моделювання мутаційного процесу для сорту Співанка трохи вищі, але не суттєво.

Найбільшу класифікаційну здатність мають такі ознаки, як мутації по висоті рослин (насамперед, високостеблові), зміни по строках стиглості та восковій поволоці. З них практичне значення мають низькорослі та ранньостиглі мутації.

На відміну від попередніх досліджень [2] показано суттєвість позитивного мутаційного процесу для таких ознак, як напівкарликовість [5] (для окремих генотипів) та низькорослість [8], тобто доведено, що мутаційний процес є надійним постійним джерелом для генетичних ресурсів місцевої селекції [9] на ці ознаки та отримання високоінтенсивних низькорослих форм, з довгим озерненим колосом [7], наявністю ранньостиглості [11] та інтенсивною восковою поволокою [4] (для усунення негативних наслідків посушливих умов) на базі місцевого матеріалу є цілком можливим та регулярним [15].

Показана регулярність мутаційного процесу в позитивних напрямках [15], що дозволяє зробити процес використання цього типу мінливості для отримання нового матеріалу з необхідним потенціалом більш керованим та достовірно прогностичним [20, 21].

На основі отриманого матеріалу можна зробити висновок про доцільність використання для місцевого матеріалу [12, 13] переважно помірних доз 100–150 Гр з частковою можливістю дози 200 Гр [14].

### Висновки

Вища мутаційна активність за показниками частоти змін характерна для сорту Комерційна, але для сорту Співанка, завдяки суттєвому розширенню спектру необхідних змін, загальний рівень мінливості є вищим. Перспективним та з високою ймовірністю на базі місцевого матеріалу є отримання високоінтенсивних низькорослих та напівкарликових (сорт Співанка) форм з довгим озерненим головним колосом, посухостійких за рахунок ранньостиглості та наявності якісної воскової поволоки (що характерно для сортів, створених у посушливих регіонах). Високу вірогідність змін при широкому діапазоні доз можна сподіватися отримати за дії на ключові для архітектури рослини ознаки. Перспективним є використання для обох генотипів з огляду на спектр отриманих мутаційних змін доз 100–200 Гр. Ключовими ознаками в мутаційній мінливості пшениці озимої є мутації за висотою стебла, мутації по восковій поволоці, строкам стиглості. Інші варіанти є середньо- та низькоймовірними, але заслуговує на увагу для моделювання процесу активності мутагенних чинників оцінка мінливості за такими ознаками, як високе стебло, низьке стебло, напівкарлик, інтенсивна воскова поволока, слабка воскова поволока, остистий колос, безостий колос, довгий колос, крупний колос, стерильність, пізньостиглість, ранньостиглість, кущистість, продуктивність, спельтоїдний колос.

*Перспективи подальших досліджень.* У подальшому планується дослідження успадкування виявлених ознак у наступних поколіннях, визначення перспективних форм та їх дослідження за показниками врожайності та якості зерна.

### References

1. Amram, A., Fadida-Myers, A., Golan, G., Nashef K., Ben-David, R., & Peleg, Z. (2015). Effect of GA-sensitivity on wheat early vigor and yield components under deep sowing. *Frontier Plant Science*, 6 (487). doi: 10.3389/fpls.2015.00487
2. Çelik, Ö., Ekşioğlu, A., & Akdaş, E. Y. (2018). Transcript profiling of salt tolerant tobacco mutants generated via mutation breeding. *Gene Expression Patterns*, 29, 59–64. doi: 10.1016/j.gep.2018.05.001
3. Chen, L., Hao, L., Condon, A. G., & Hu, Y-G. (2014). Exogenous GA3 Application can compensate the morphogenetic effects of the GA-responsive dwarfing gene *rht12* in bread wheat. *PLoS ONE*, 9 (1). e86431. doi: 10.1371/journal.pone.0086431
4. Chen, S., Gao, R., Wang, H., Wen, M., Xiao, J, Bian, N., Zhang, R., Hu, W., Cheng, S., Bie, T., & Wang, X. (2015). Characterization of a novel reduced height gene (*Rht23*) regulating panicle morphology and plant architecture in bread wheat. *Euphytica*, 203, 583–594. doi: 10.1007/s10681-014-1275-1
5. Daoura, B., Chen, L., Du, Y., & Hu, Y. (2014). Genetic effects of dwarfing gene *Rht-5* on agronomic traits in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and QTL analysis on its linked traits. *Field Crop Research*, 156 (1), 22–29. doi: 10.1016/j.fcr.2013.10.007

6. Ermias, A., & Dembele, E. (2016). Application of molecular tools in breeding cereal crops for drought tolerance. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6(1), 58–66.
7. Gasperini, D., Greenland, A., Hedden, P., Dreos, R., Harwood, W., & Griffiths, S. (2012). Genetic and physiological analysis of Rht8 in bread wheat: an alternative source of semi-dwarfism with a reduced sensitivity to brassinosteroids. *Journal of Experimental Botany*, 63, 4419–4436. doi: 10.1093/jxb/ers138
8. Hallajian, M. T. (2016). Mutation Breeding and Drought Stress Tolerance in Plants. *Drought Stress Tolerance in Plants*, 2, 359–383. doi: 10.1007/978-3-319-32423-4\_13
9. Hiroyasu, Y. (2018). Mutation breeding of ornamental plants using ion beams. *Breeding Science*, 68 (1), 71–78. doi: 10.1270/jsbbs.17086
10. Hongjie, Lia, Timothy, D. M., Mc Intosh, R. A., & Yang, Z. (2019). Breeding new cultivars for sustainable wheat production. *The Crop Journal*, 7 (6), 715–717. doi: 10.1016/j.cj.2019.11.001
11. Kolakar, S. S., Nadukeri, S., Jakkeral, S. A., Hanumanthappa, M., & Gangaprasad, S. (2018). Role of mutation breeding in improvement of medicinal and aromatic crops: Review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, SP3, 425–429. doi: 10.4171/2267-0412.100e108
12. Li, H. J., Timothy, D. M., Mc Intosh, R. A., & Zhou, Y. (2019). Wheat breeding in northern China: achievements and technical advances. *The Crop Journal*, 7 (6), 718–729. doi: 10.1016/j.cj.2019.09.003
13. Nazarenko, M., Lykholat, Y., Grigoryuk, I., & Khromykh, N., (2018). Optimal doses and concentrations of mutagens for winter wheat breeding purposes. Part I. Grain productivity. *Journal of Central European Agriculture*, 19 (1), 194–205. doi: 10.5513/JCEA01/19.1.2037
14. Nazarenko, M., Beiko, V., & Bondarenko, M. (2019). Induced mutations of winter wheat caused by gamma-rays fixed on plant height and stem structure. *Agriculture and Forestry*, 65 (3), 75–83. doi: 10.17707/AgricultForest.65.3.06
15. Nazarenko, M., Semenchenko, O., Izhboldi, O., & Hladkikh, Y. (2021) French winter wheat varieties under ukrainian north steppe condition. *Agriculture and Forestry*, 67(2), 89–102. doi: 10.17707/AgricultForest.67.2.07
16. Naveed, A., Nazir, A., Abdu, H., Raza, S., & Muhammad, A. (2015). Mutation breeding: a tool to improve wheat yield and yield components. *Life Science*, 9 (1), 3274–3279.
17. Saif-u-Malook, S. A., Qaisarani, M. K., Shabaz, H., Ahmed, M., Nawaz, M., & Qurban, A. (2015). Mutation breeding approach to breed drought tolerant maize hybrids, *International Journal of Biosciences*, 6 (2), 427–436. doi: 10.12692/ijb/6.2.427-436
18. Shah, F., Adnan, M., & Basir, A. (2018). *Global Wheat Production*. London: Intechopen. doi: 10.5772/intechopen.72559
19. Shu, Q. Y., Forster, B. P., & Nakagawa, H., (2013). *Plant mutation breeding and biotechnology*. CAB International, Wallingford, UK. doi: 10.1079/9781780640853.0000.
20. Spencer-Lopes, M. M., Forster, B. P., & Jankuloski, L. (2018). *Manual on mutation breeding*. Third edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
21. Xicun, D., Xia, Y., & Wenjian, L. (2016). Plant Mutation Breeding with Heavy Ion Irradiation at IMP. *Journal of Agricultural Science*, 8 (5), 34–41. doi: 10.5539/jas.v8n5p34

Стаття надійшла до редакції: 19.10.2021 р.

**Бібліографічний опис для цитування:**

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

© Іжболдін Олександр Олександрович, 2021