

УДК 633.11:631.95:575.21

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.1.22>

## СПАДКОВА МІНЛИВІСТЬ ЗА ДІЇ ПОМІРНОГО ХІМІЧНОГО ЧИННИКА У ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

**Окселенко О.М.** – к.с.-г.н.,

докторант кафедри селекції і насінництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Назаренко М.М.** – д.с.-г.н.,

професор кафедри селекції і насінництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Ізболдін О.О.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри рослинництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Основна перевага хімічних мутагенів полягає в їхній здатності модифікувати певні нуклеотидні послідовності або бази ДНК, що дозволяє отримувати більш специфічні мутації. Насіння пшениці озимої (по 1000 зерен на кожену концентрацію) обробили ДАБ (1,4-бiсдiазоацетилбутан) у концентраціях 0,1, 0,2 та 0,3%. Експозиція 18 годин. Використовували 4 сорти Фаррел, NE 12443, Ронін, Сейлор. У поколіннях  $M_2$ – $M_3$  мутації були ідентифіковані шляхом візуальної оцінки та біометричного аналізу структури врожайності. Всього досліджено 8000 родин у другому-третьому поколінні. Зі статистичною достовірністю на загальну частоту мутацій вплинув показник підвищення концентрації, у той же час як показник генотипу був менш вагомим, при попарному порівнянні суттєво відрізнялися сорти NE 12443 (через суттєво вищу активність за третьої концентрації) та Сейлор (через відсутність різниці у дії другої-третьої концентрації). Була зроблена методом кластерного аналізу класифікація сортів, що показала поділ всіх сортів на дві групи – в першій групі NE 12443, в другій усі інші сорти. У випадку рівня мінливості зі статистичною достовірністю вплинув як показник підвищення концентрації, так і показник генотипу, при попарному порівнянні виділився сорт NE 12443. В спектрі було отримано всього 31 змінена ознака по 6 групах мінливості. Дискримінантний аналіз показав доволі близьку дію ДАБ 0,1 та 0,2%, трохи більшу різницю у ДАБ 0,3%, але взагалі таке розташування центроїдів свідчить про суттєву розмаїтість за впливом генотипів. Можна достовірно передбачити для дії ДАБ у даних вихідних форм регулярність появи високостеблових та низькостеблових мутантів, форм з крупним колосом. Непогані перспективи у змін за строками стиглості та стійкістю до хвороб, регулярне отримання невеликої кількості продуктивних форм. ДАБ як екогенетичний чинник помірно діє з огляду на частоту та спектр індукованих форм, переважно вагомість змін залежить від генотип-мутагенної взаємодії, до того ж добраний вихідний матеріал контрастний за спектром змін. Висока ймовірність отримання цінних форм з крупним колосом та регулярне виникнення цінних ранньостиглих, продуктивних форм, але ситуація погіршується через наявність регулярного виникнення пізньостиглих, стерильних та високостеблових змін. Для використаного вихідного матеріалу суттєві відмінності існують за дії всіх концентрацій, особливо контрастна дія для NE 12443. Очевидно, використання всього діапазону концентрацій доцільно. Таким чином, досліджений вихідний матеріал помірно-ефективний у практичному використанні у комплексі з ДАБ, позитивні зміни виникають з невисокою частотою, але регулярно, вагома генотип-мутагенна взаємодія.

**Ключові слова:** пшениця озима, 1,4-бiсдiазоацетилбутан, мутації, генотип, мінливість.

**Okselenko O.M., Nazarenko M.M., Izhboldin O.O. Hereditary variability under the influence of a moderate chemical factor in winter wheat**

The main advantage of chemical mutagens lies in their ability to modify certain nucleotide sequences or DNA bases, which allows obtaining more specific mutations. Winter wheat seeds

(1000 seeds for each concentration) were treated with DAB (1,4-bisdiazoacetylbutane) in concentrations of 0.1, 0.2, and 0.3%. Exposure 18 hours. Used 4 varieties Farrell, NE 12443, Ronin, Sailor. In generations M2–M3, mutations were identified by visual assessment and biometric analysis of the yield structure. A total of 8,000 families in the second-third generation were studied. With statistical reliability, the overall frequency of mutations was influenced by the increase in concentration, while the genotype indicator was less important, in a pairwise comparison, the varieties NE 12443 (due to significantly higher activity at the third concentration) and Sailor (due to the absence of a difference in the action of the second- third concentration). The classification of varieties was made by the method of cluster analysis, which showed the division of all varieties into two groups – in the first group NE 12443, in the second all other varieties. In the case of the level of variability, both the indicator of increased concentration and the indicator of genotype influenced with statistical reliability, in a pairwise comparison, the variety NE 12443 stood out. In the spectrum, a total of 31 changed signs were obtained in 6 groups of variability. Discriminant analysis showed a fairly close effect of DAB 0.1 and 0.2%, a slightly larger difference in DAB 0.3%, but in general, such an arrangement of centroids indicates a significant diversity in the influence of genotypes. It is possible to reliably predict the regularity of the appearance of high-stemmed and low-stemmed mutants, forms with a large ear for the action of DAB in these initial forms. Good prospects for changes in terms of maturity and disease resistance, regular production of a small number of productive forms. DAB, as an ecogenetic agent, acts moderately with regard to the frequency and spectrum of induced forms, mainly the severity of the changes depends on the genotype-mutagenic interaction, besides, the selected source material is contrasting in terms of the spectrum of changes. There is a high probability of obtaining valuable forms with a large spike and the regular occurrence of valuable early-ripening, productive forms, but the situation worsens due to the presence of regular occurrence of late-ripening, sterile and high-stem changes. For the starting material used, significant differences exist at all concentrations, especially the contrasting effect for NE 12443. Obviously, the use of the entire range of concentrations is appropriate. Thus, the studied source material is moderately effective in practical use in combination with DAB, positive changes occur with a low frequency, but regularly, a strong genotype-mutagenic interaction.

**Key words:** winter wheat, 1,4-бисдіазоацетилбутан, mutations, genotype, variability.

**Постановка проблеми.** Основна перевага хімічних мутагенів полягає в їхній здатності модифікувати певні нуклеотидні послідовності або бази ДНК, що дозволяє отримувати більш специфічні мутації. Вони можуть викликати транзїції, трансверсії, делеції або інші зміни в певних генах, що сприяє індукції бажаних мутацій у конкретних генотипах [2, 9]. Ця сайт-специфічність дозволяє ефективніше впливати на генетичний матеріал, спрямовуючи мутації в конкретні ділянки ДНК, що необхідно для досягнення певних селекційних цілей [1, 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** М'яка озима пшениця є однією з найважливіших зернових продовольчих культур, і це особливо актуально для зон ризикованого землеробства, до яких належить вся територія України [4, 5]. Українські агрокліматичні умови, особливо в південних і східних регіонах, характеризуються частими посухами, нестабільністю кількості опадів та іншими стресовими факторами. У таких умовах м'яка озима пшениця залишається надійним вибором завдяки своїм адаптаційним властивостям і здатності до відновлення після несприятливих умов [6, 8].

У той час як фізичні мутагени, такі як радіація, діють на ДНК більш випадково, що може викликати розриви ланцюгів, значні делеції або множинні мутації по всьому геному, хімічні мутагени можуть мати більш передбачувану дію [10]. Це дає змогу краще контролювати процес мутагенезу й спрямовувати його для досягнення конкретних результатів, особливо при роботі з певними місцевими або перспективними генотипами [7, 9].

**Постановка завдання.** Досліди проводили в умовах дослідно-польової станції Науково-навчального центру Дніпровського державного аграрно-економічного

університету. Насіння пшениці озимої (по 1000 зерен на кожну концентрацію) обробили ДАБ (1,4-бисдіазаацетилбутан) у концентраціях 0,1, 0,2 та 0,3%. Експозиція 18 годин.

Використовували 4 сорти Фаррел, NE 12443, Ронін, Сейлор. Посів проводили вручну, наприкінці вересня, на глибину 4-5 см і з нормою 100 життєздатних насінин на рядок, 2 рядки на ділянку, в якості контролю – вихідні сортозразки. У поколіннях  $M_2$ – $M_3$  мутації були ідентифіковані шляхом візуальної оцінки та біометричного аналізу структури врожайності.

Рівень мінливості розраховували як  $P_v = \alpha * \gamma$ , де  $P_v$  – рівень мінливості варіанту;  $\alpha$  – кількість мутацій для загальної кількості родин у варіанті;  $\gamma$  – кількість типових змінених ознак на варіанті. Статистичну обробку даних проводили за допомогою ANOVA-аналізу, дискримінантного та кластерного аналізу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Всього досліджено 8000 сімей у другому-третьому поколінні. Використовували звичайні концентрації, що характерні для селекційної практики (Таблиця 1).

Таблиця 1

Загальна частота мутацій за дії ДАБ ( $\bar{x} \pm SD$ ,  $n = 500$ )

Варіант	Загальна кількість сімей	Кількість мутантних сімей	Частота, %
Фаррел, кт.	500	4	0,40 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>
Фаррел, ДАБ 0,1%	500	15	3,00 $\pm$ 0,18 <sup>b</sup>
Фаррел, ДАБ 0,2%	500	20	4,00 $\pm$ 0,22 <sup>c</sup>
Фаррел, ДАБ 0,3%	500	25	5,00 $\pm$ 0,31 <sup>d</sup>
NE 12443, кт.	500	2	0,40 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>
NE 12443, ДАБ 0,1%	500	15	3,00 $\pm$ 0,17 <sup>b</sup>
NE 12443, ДАБ 0,2%	500	21	4,20 $\pm$ 0,22 <sup>c</sup>
NE 12443, ДАБ 0,3%	500	31	6,20 $\pm$ 0,33 <sup>d</sup>
Ронін, кт.	500	2	0,40 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>
Ронін, ДАБ 0,1%	500	12	2,40 $\pm$ 0,15 <sup>b</sup>
Ронін, ДАБ 0,2%	500	16	3,20 $\pm$ 0,18 <sup>c</sup>
Ронін, ДАБ 0,3%	500	24	4,80 $\pm$ 0,25 <sup>d</sup>
Сейлор, кт.	500	2	0,40 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>
Сейлор, ДАБ 0,1%	500	13	2,60 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup>
Сейлор, ДАБ 0,2%	500	20	4,00 $\pm$ 0,23 <sup>c</sup>
Сейлор, ДАБ 0,3%	500	23	4,60 $\pm$ 0,24 <sup>c</sup>

*Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при  $P_{0,05}$*

При цьому варіанти критичної дії досягнуті не були, про що свідчить наявність не менш ніж 500 сімей по кожному варіанту без виключення, навіть вища концентрація ДАБ 0,3% не призвела до значимого зниження життєздатності. Зі статистичною достовірністю на загальну частоту мутацій вплинув показник підвищення концентрації ( $F=114,27$ ;  $F_{0,05}=3,86$ ;  $P=1,75 \cdot 10^{-7}$ ), у той же час як показник генотипу був менш вагомим, але суттєвим ( $F=3,90$ ;  $F_{0,05}=3,86$ ;  $P=0,05$ ), але при

аналізі знаходимо, що при попарному порівнянні суттєво відрізнялися сорти NE 12443 ( $F = 6,82$ ;  $F_{0,05} = 5,98$ ;  $P = 0,04$ ) (через суттєво вищу активність за третьою концентрацією) та Сейлор (через відсутність різниці у дії другої-третьої концентрації).

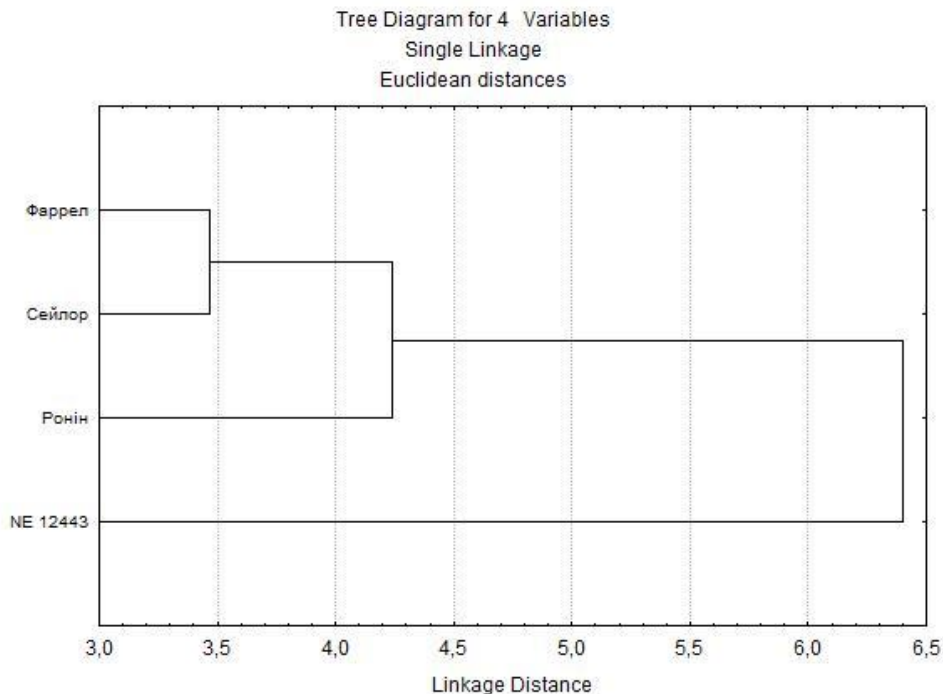


Рис. 1. Класифікація у кластерному просторі

Що стосується частоти змін, то вона варіювала у наступних межах від 2,4% (сорт Ронін) до 3,0% (NE 12443 та Фаррел) при дії ДАБ 0,1%, за дії ДАБ 0,2% від 3,2% (Ронін) до 4,2% (NE 12443) та від 4,6% (Сейлор) до 6,2% (сорт NE 12443) ДАБ 0,3%. В усіх випадках варіанти відрізняються один від одного та від контролю, крім Сейлор при другій-третьій концентраціях. Була зроблена методом кластерного аналізу класифікація сортів (Рис. 1.), що показала поділ всіх сортів на дві групи – в першій групі NE 12443, в другій усі інші сорти.

Сумарним показником, котрий ураховує також кількість ознак, за котрими пройшли зміни, обрахований як відношення кількості змінених сімей до загальної кількості ознак, є рівень мінливості (Таблиця 2). У цьому випадку зі статистичною достовірністю на рівень мінливості вплинув як показник підвищення концентрації ( $F=64,10$ ;  $F_{0,05}=3,86$ ;  $P=3,90 \cdot 10^{-5}$ ), так і показник генотипу ( $F=3,88$ ;  $F_{0,05}=3,86$ ;  $P=0,05$ ), при попарному порівнянні виділився сорт NE 12443 ( $F = 8,82$ ;  $F_{0,05} = 5,98$ ;  $P = 0,03$ ). Параметр варіював від 0,24 (сорт Ронін) до 0,42 (сорт Фаррел) за дії ДАБ 0,1%, від 0,42 (сорт Ронін) до 0,72 (сорт Фаррел) за дії ДАБ 0,2%, та від 0,83 (сорт Сейлор) до 1,18 (NE 12443).

З урахування спектру варіативності суттєво не змінилася. Знову відсутня різниця для сорту Сейлор за дії другої та третьої концентрації.

Таблиця 2

## Рівень мінливості за дії ДАБ

Варіант	Рівень мінливості	Кількість змінених ознак
Фаррел, кт.	0,03 ± 0,01 <sup>a</sup>	4
Фаррел, ДАБ 0,1%	0,42 ± 0,08 <sup>b</sup>	14
Фаррел, ДАБ 0,2%	0,72 ± 0,15 <sup>c</sup>	18
Фаррел, ДАБ 0,3%	0,95 ± 0,19 <sup>c</sup>	19
NE 12443, кт.	0,01 ± 0,01 <sup>a</sup>	2
NE 12443, ДАБ 0,1%	0,39 ± 0,08 <sup>b</sup>	13
NE 12443, ДАБ 0,2%	0,63 ± 0,11 <sup>c</sup>	15
NE 12443, ДАБ 0,3%	1,18 ± 0,22 <sup>d</sup>	19
Ронін, кт.	0,01 ± 0,01 <sup>a</sup>	2
Ронін, ДАБ 0,1%	0,24 ± 0,05 <sup>b</sup>	10
Ронін, ДАБ 0,2%	0,42 ± 0,10 <sup>c</sup>	13
Ронін, ДАБ 0,3%	0,96 ± 0,15 <sup>d</sup>	20
Сейлор, кт.	0,01 ± 0,01 <sup>a</sup>	2
Сейлор, ДАБ 0,1%	0,29 ± 0,06 <sup>b</sup>	11
Сейлор, ДАБ 0,2%	0,64 ± 0,08 <sup>c</sup>	16
Сейлор, ДАБ 0,3%	0,83 ± 0,17 <sup>c</sup>	18

*Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при  $P_{0,05}$*

В спектрі було отримано всього 31 змінена ознака по 6 групах мінливості, котрі були проаналізовані за дискримінантний та факторним аналізом для виявлення значимості окремих груп (Таблиця 3).

Перша група мутації за структурою стебла. Це такі ознаки як товсте стебло, тонке стебло, високостеблові, низькостеблові, напівкарлик, слаба воскова поволока, відсутність воскової поволоки. Висока частота високостеблових форм (до 0,8%, регулярна) та низькостеблових (до 0,6%, регулярна), регулярний характер носять також зміни за восковою поволокою за послабленням реалізації ознаки. Друга група складається з ознак структури зерна. Виникнення мутацій за всіма цими ознаками нерегулярне, але ймовірно в окремих варіантах. Третя група включає зміни за структурою колосу. Це такі ознаки як остистий колос, безостий колос, довгий колос, рихлий колос, циліндричний колос, веретеноподібний колос, щільний колос, крупний колос, дрібний колос, напівостистий колос, ригідний колос, булавоподібний колос, загострений колос, антоціанові ості. Фактично всі мутації нерегулярні, але виділилися форми з крупним колосом (до 0,6%). Більш варіативна четверта група (зміни за фізіологією росту та розвитку). Можливі регулярні зміни за строками стиглості, в окремих випадках до 0,6%, також для окремих варіантів вагоме виникнення стерильності та стійкості до хвороб. П'ята група складається з системних мутацій, котрі зовсім нехарактерні, за виключенням невеликої кількості спельтоїдних та скверхедних форм. Шоста група складається з господарчо-цінних форм з високої кущистістю та продуктивністю. Носять регулярний характер, але відносно частота невисока.

Для процесу спадкової мінливості дискримінантним аналізом встановлено

модельність окремих параметрів за групами (Таблиця 3, Рис. 2). Суттєвою вона була за частотою, рівнем мінливості, мутацій в першій, четвертій групах. Дискримінантний аналіз показав доволі близьку дію ДАБ 0,1 та 0,2%, трохи більшу різницю у ДАБ 0,3%, але взагалі таке розташування центроїдів свідчить про суттєву розмаїтість за впливом генотипів (Рис. 2).

Таблиця 3

### Модельні параметри мутагенної активності (ДАБ)

Параметр в моделі	Wilks Lambda $\lambda$	Часткова Lambda	F-критичне (4,12)	p-рівень
Загальна частота	0,10	0,80	19,02	0,01
Рівень мінливості	0,10	0,81	19,32	0,01
Перша група	0,21	0,58	4,99	0,04
Друга група	0,68	0,21	1,01	0,19
Третя група	0,46	0,45	2,23	0,09
Четверта група	0,19	0,63	6,59	0,02
П'ята група	0,65	0,23	1,40	0,16
Шоста група	0,28	0,63	3,02	0,07

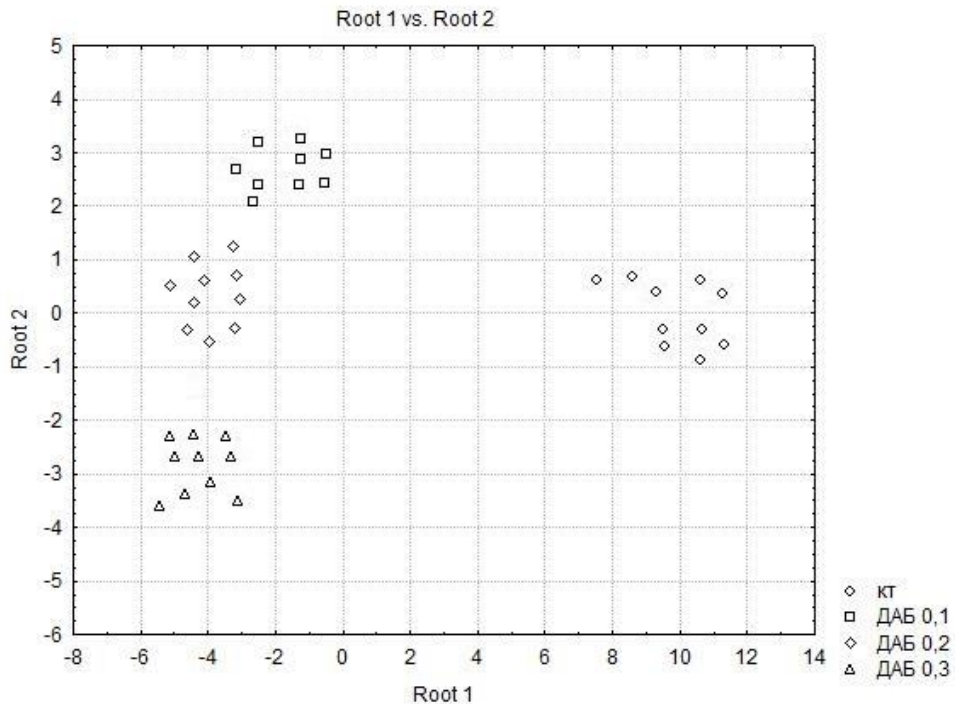


Рис. 2. Класифікація у факторному просторі

Таким чином, можна достовірно передбачити для дії ДАБ у даних вихідних

форм регулярність появи високостеблових та низькостеблових мутантів, форм з крупним колосом. Непогані перспективи у змін за строками стиглості та стійкістю до хвороб, регулярне отримання невеликої кількості продуктивних форм. Інші варіанти малоімовірні.

**Висновки і пропозиції.** ДАБ як екогенетичний чинний помірно діє з огляду на частоту та спектр індукованих форм, переважно вагомість змін залежить від генотип-мутагенної взаємодії, до того ж добраний вихідний матеріал контрастний за спектром змін. Висока ймовірність отримання цінних форм з крупним колосом та регулярне виникнення цінних ранньостиглих, продуктивних форм, але ситуація погіршується через наявність регулярного виникнення пізньостиглих, стерильних та високостеблових змін. Для використаного вихідного матеріалу суттєві відмінності існують за дії всіх концентрацій, особливо контрастна дія для NE 12443. Очевидно, використання всього діапазону концентрацій доцільно. Таким чином, досліджений вихідний матеріал помірно-ефективний у практичному використанні у комплексі з ДАБ, позитивні зміни виникають з невисокою частотою, але регулярно, вагома генотип-мутагенна взаємодія.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Anter A. Induced Mutations in Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Improved Grain Yield by Modifying Spike Length. *Asian Journal of Plant Sciences*. 2021. 20. P. 313–323.
2. Ariraman, M., Dhanavel, D., Seetharaman, N., Murugan, S., & Ramkumar, R. Gamma radiation influences on growth, biochemical and yield characters of *Cajanus cajan* (L.) *MILLSP. Journal of Plant Stress Physiology*. 2018. 4. P. 38–40.
3. Chakraborty S., Mahapatra S., Hooi A., Ali N., Satdive R. Determination of Median Lethal (LD50) and Growth Reduction (GR50) Dose of Gamma Irradiation for Induced Mutation in Wheat. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2023. 66. e23220294.
4. Hassine M., Baraket M., Marzougui N. Slim-Amara H. Screening of the effect of mutation breeding on biotic stress tolerance and quality traits of durum wheat. *Gesunde Pflanzen*. 2023. 75. P. 837–846.
5. Hongjie L., Timothy D., McIntosh R.A. Yang Z. Breeding new cultivars for sustainable wheat production. *The Crop Journal*. 2019. 7(6). P. 715–717.
6. Lal R., Chanotiya C., Gupta P. Induced mutation breeding for qualitative and quantitative traits and varietal development in medicinal and aromatic crops at CSIR-CIMAP, Lucknow (India): past and recent accomplishment. *International Journal of Radiation Biology*. 2020. 96(12). P. 1513–1527.
7. Mangi N., Baloch A., Khaskheli N., Ali M., Afzal W. Multivariate Analysis for Evaluation of Mutant Bread Wheat Lines Using Metric Traits. *Integrative Plant Sciences*. 2021. 1(1). P. 29–34.
8. Nazarenko M., Izhboldina O. Study of variability of winter wheat varieties and lines in terms of winter hardness and drought resistance. *AgroLife Scientific Journal*. 2022. 11(2). P. 116–123.
9. Horshchar, V., Nazarenko, M. Peculiarities of the sodium azide action as a factor of variability on winter wheat. *Agriculture and Forestry*. 2024. 70(2). P. 61–76.
10. Shimelis H., Olaolorun B., Mathew I., Laing M. Optimising the dosage of ethyl methanesulphonate mutagenesis in selected wheat genotypes. *South African Journal of Plant and Soil*. 2019. 36(5). P. 357–366.