

УДК 633.11:631.95:575.21

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.8>

## ІНДУКЦІЯ КОРИСНОЇ ЧАСТИНИ СПЕКТРУ ЗМІН ЗА ДІЇ ТРИТОН-305X У ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

**Бейко В.С.** – аспірант 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

Епімутагенна дія зі спадкуванням змін цікавить через високу специфічність до вихідного матеріалу та можливість виникнення полігенних малих мутацій, переважно біохімічного характеру. Це відкриває нові перспективи для генетичного покращення пшениці, які є менш характерними для інших методів. Досліди проводили в умовах дослідно-польової станції Науково-навчального центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету протягом 2022–2024 рр. Насіння пшениці озимої (по 1000 зерен на кожну концентрацію) обробили Т-305Х (Тритон Х-305) у концентраціях 0,001%, 0,005%, 0,1%, 0,5% у водному розчині. Експозиція 24 години. У поколіннях М3–М4 мутації були ідентифіковані шляхом візуальної оцінки, біометричного аналізу структури врожайності, аналізу вмісту білка, клейковини, гліадинів, глютенінів, визначення вмісту мікроелементів. Результати факторного аналізу показали, що переважно показник частоти позитивних змін зростає з підвищенням концентрації, але у сорту Співанка при максимальному варіанту ТХ 0,5% він суттєво знижується, частина ж спектру, що відповідала позитивним епімутаціям суттєво не змінювалася, переважно залишалася на одному рівні з деякими флуктуаціями для сорту Подолянка, котрі були не дуже значимі у практичному сенсі подальшого використання. Суттєвої залежності від сорту, крім нижчої мінливості у сорту Співанка не виявлено. Як об'єкти епімутагенного впливу сортовий матеріал було підібрано контрастний та цілком відповідний до характеру викликаних змін, з високою вірогідністю адекватної мінливості. За результатами отриманих форм встановлено, що даній епімутаген можна доволі успішно використовувати як індуктор джерела таких цінних ознак як вміст білку, окремих цінних складових білків, вмісту мікроелементів, ранньостиглістю, низькостеблових форм з довгим колосом. Разом з тим, зміни доволі слабо пов'язані з негативними наслідками у фенотипі на відміну від хімічних супермутагенів, але вибагливі до об'єкту дії, котрий можливо відібрати лише після ретельного дослідження. Рекомендують ширше використання форм в умовах, де відбувається максимізація екологічної нестабільності, селекції іноземного походження. Більш успішними було використання епімутагену у концентраціях 0,1 та 0,5%, більш помірні варіанти недоцільні. Переважно покращення врожайності пов'язане зі зростанням таких параметрів як маса тисячі зерен та вага зерна з колосу. Чотири лінії отримані за дії ТХ-305 0,5%, дві (але з них найкраща) за дії ТХ-305 0,1%. В результаті дослідження виділилося 6 продуктивних форм, одна з котрих високопродуктивна та два джерела високої якості білка у поєднанні з задовільною врожайністю.

**Ключові слова:** пшениця озима, Тритон-305Х, епімутаген, корисні зміни, спектр.

### **Beiko V.S., Nazarenko M.M. Induction of the useful part of the spectrum of changes under the action of Triton-305X for winter wheat**

Epimutagenic action with inheritance of changes is of interest due to its high specificity to the source material and the possibility of polygenic small mutations, mainly of a biochemical nature. This opens up new prospects for the genetic improvement of wheat, which are less characteristic of other methods. The experiments were carried out in the conditions of the experimental field station of the Scientific and Educational Center of the Dnipro State Agrarian and Economic University during 2022–2024. Winter wheat seeds (1000 grains for each concentration) were treated with T-305X (Triton X-305) in concentrations of 0.001%, 0.005%, 0.1%, 0.5% in aqueous solution. Exposure time 24 hours. In generations M3–M4, mutations were identified by visual

*assessment, biometric analysis of the yield structure, analysis of the content of protein, gluten, gliadins, glutenins, determination of the content of trace elements. The results of factor analysis showed that mainly the frequency of positive changes increased with increasing concentration, but in the Spivanka variety at the maximum TX variant of 0.5% it significantly decreased, while the part of the spectrum corresponding to positive epimutations did not change significantly, mostly remaining at the same level with some fluctuations for the variety Podolyanka, which were not very significant in the practical sense of further use. No significant dependence on the variety, except for lower variability in the Spivanka variety, was detected. As objects of epimutagenic influence, varietal material was selected that was contrasting and fully consistent with the nature of the changes caused, with a higher probability of adequate variability. According to the results of the obtained forms, it was established that this epimutagen can be quite successfully used as an inducer of a source of such valuable traits as protein content, individual valuable protein components, trace element content, early maturity, low-stem forms with a long spike. At the same time, the changes are quite weakly associated with negative consequences in the phenotype, unlike chemical supermutagens, but are picky about the object of action, which can be selected only after careful research. Widespread use of forms is recommended in conditions where environmental instability is maximized, selection of foreign origin. The use of the epimutagen in concentrations of 0.1 and 0.5% was more successful, more moderate options are impractical. Mainly, the improvement in yield is associated with an increase in such parameters as the mass of a thousand grains and the weight of grain per spike. Four lines were obtained under the action of TX-305 0.5%, two (but the best of them) under the action of TX-305 0.1%. As a result of the study, 6 productive forms were identified, one of which is highly productive and two are sources of high-quality protein combined with satisfactory yield.*

**Key words:** winter wheat, Triton-305X, epimutagen, value changes, spectre.

**Постановка проблеми.** Епімутагенна дія зі спадкуванням змін цікавить через високу специфічність до вихідного матеріалу та можливість виникнення полігенних малих мутацій, переважно біохімічного характеру [2, 9]. Це відкриває нові перспективи для генетичного покращення пшениці, які є менш характерними для інших методів [1, 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Озима пшениця залишається пріоритетною цінною злаковою культурою, особливо для регіонів із нестабільним сільським господарством. Проблеми своєчасного зволоження та нестабільності температурного режиму спричиняють значні коливання врожайності, що зумовлює потребу у створенні нової зародкової плазми для генетичного вдосконалення традиційних культур [4, 5]. Проблематика своєчасного зволоження та нестабільного температурного режиму призводять до суттєвих коливань по врожайності та формують потребу у новій зародковій плазмі для генетичного поліпшення традиційних культур [6, 8].

Використання епімутагенів на різноманітному еколого-географічному вихідному матеріалі дає надію на значні зміни в спектрі малих цінних мутацій у певних генотипів [10]. Епімутації, завдяки можливості прихованих комплексних змін без негативних кореляцій, особливо в біохімічних компонентах, можуть суттєво підвищити харчову цінність злакових культур, яка часто не задовольняє потреби населення [7, 9].

**Постановка завдання.** Досліди проводили в умовах дослідно-польової станції Науково-навчального центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету протягом 2022–2024 рр. Насіння пшениці озимої (по 1000 зерен на кожну концентрацію) обробили Т-305Х (Тритон Х-305) у концентраціях 0,001%, 0,005%, 0,1%, 0,5% у водному розчині. Експозиція 24 години. Концентрації були тривіальними для цього типу епімутагену. Контроль замочували у воді. Насінневий матеріал висівали за 20 варіантами (всього) (2-рядки для другої генерації, 5-рядки для третьої генерації та 10-рядки для наступних генерацій, вихідний сорт

як контроль, міжряддя 0,15 м, довжина 1,5 м). рядок). Використовували чотири сорти Співанка та Подолянка (Україна), Altigo та Flamenko (французької селекції). 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  $M_3$ – $M_4$  мутації були ідентифіковані шляхом візуальної оцінки, біометричного аналізу структури врожайності, аналізу вмісту білка, клейковини, гліадинів, глютенінів, визначення вмісту мікроелементів спектрометром Agilent 5110 Mg, Mn, Zn, Mo, Co, Cu. Статистичну обробку даних проводили за допомогою ANOVA-аналізу, дискримінантного та кластерного аналізу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дані щодо частоти позитивних епігенетичних змін у третьому-четвертому поколінні представлені в таблиці 1 для усіх чотирьох генотипів з щодо числа ліній наявності форм з полізмінами за корисною частиною спектру та можливого виникнення негативних характеристик.

Результати факторного аналізу показали, що переважно показник частоти позитивних змін зростав з підвищенням концентрації, але у сорту Співанка при максимальному варіанту ТХ 0,5% він суттєво знизився, частина ж спектру, що відповідала позитивним епімутаціям суттєво не змінювалася, переважно залишалася на одному рівні з деякими флуктуаціями для сорту Подолянка, котрі були не дуже значимі у практичному сенсі подальшого використання. Суттєвої залежності від сорту, крім нижчої мінливості у сорту Співанка не виявлено.

Загальна кількість ліній з позитивними змінами та ті з них, що були визнанні перспективними за своєю кількістю також підпорядковувалися тими ж закономірностями. Те ж саме (поступове зростання зі зростанням концентрації можна побачити для усіх сортів щодо частоти цінних ліній до загальної кількості досліджених сімей. Але, урахувавши низький вихід таких форм, статистична достовірність переходу між окремими варіантами набагато менш достовірна, крім сорту Flamenko, хоча як загальний висновок використання концентрації ТХ-305 у концентраціях 0,1 та 0,5% було більш доцільним з точки зору індукції корисних змін.

Таблиця 1

**Характеристики процесу мінливості при дії Т-305Х (n = 400–500)**

Сорт	Частота позитивних змін, %	Частина	Ліній, шт	Цінних, шт	Частота цінних, шт
Співанка, кт.	0,2 <sup>a</sup>	0,5	1	0	0,0 <sup>a</sup>
ТХ-305 0,01%	1,6 <sup>b</sup>	0,4	6	3	0,6 <sup>b</sup>
ТХ-305 0,05%	2,2 <sup>c</sup>	0,4	9	4	0,8 <sup>b</sup>
ТХ-305 0,1%	3,0 <sup>d</sup>	0,4	12	6	1,2 <sup>b</sup>
ТХ-305 0,5%	2,3 <sup>c</sup>	0,2	6	4	1,0 <sup>b</sup>
Altigo, кт.	0,6 <sup>a</sup>	0,8	3	1	0,2 <sup>a</sup>
ТХ-305 0,01%	1,2 <sup>b</sup>	0,3	4	1	0,2 <sup>a</sup>
ТХ-305 0,05%	1,2 <sup>b</sup>	0,2	4	3	0,6 <sup>a</sup>
ТХ-305 0,1%	2,8 <sup>c</sup>	0,3	9	5	1,0 <sup>ab</sup>
ТХ-305 0,5%	3,6 <sup>d</sup>	0,3	10	6	1,3 <sup>b</sup>
Подолянка, кт.	0,4 <sup>a</sup>	0,7	2	0	0,0 <sup>a</sup>
ТХ-305 0,01%	1,0 <sup>b</sup>	0,6	7	2	0,4 <sup>a</sup>
ТХ-305 0,05%	1,6 <sup>c</sup>	0,3	7	2	0,4 <sup>a</sup>

Продовження таблиці 1

TX-305 0,1%	2,6 <sup>d</sup>	0,4	10	3	0,6 <sup>ab</sup>
TX-305 0,5%	4,3 <sup>c</sup>	0,4	13	3	0,8 <sup>ab</sup>
Flamenko, кт.	0,2 <sup>a</sup>	0,3	1	0	0,0 <sup>a</sup>
TX-305 0,01%	1,4 <sup>b</sup>	0,4	6	3	0,6 <sup>b</sup>
TX-305 0,05%	1,8 <sup>b</sup>	0,4	8	4	0,8 <sup>b</sup>
TX-305 0,1%	3,0 <sup>c</sup>	0,4	10	6	1,5 <sup>c</sup>
TX-305 0,5%	4,0 <sup>d</sup>	0,3	9	6	2,0 <sup>c</sup>

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

Загалом, за результатами кластерного аналізу, суттєво виділилися за рахунок нижчої мінливості та відносно більшої стабільності сорт Співанка, (Рис. 1). Статистично достовірної різниці між іншими сортами не виявлено. Таким чином, як об'єкти епімутагенного впливу загалом сортовий матеріал було підібрано контрастний та цілком відповідний до характеру викликаних змін, з вищою вірогідністю адекватної мінливості.

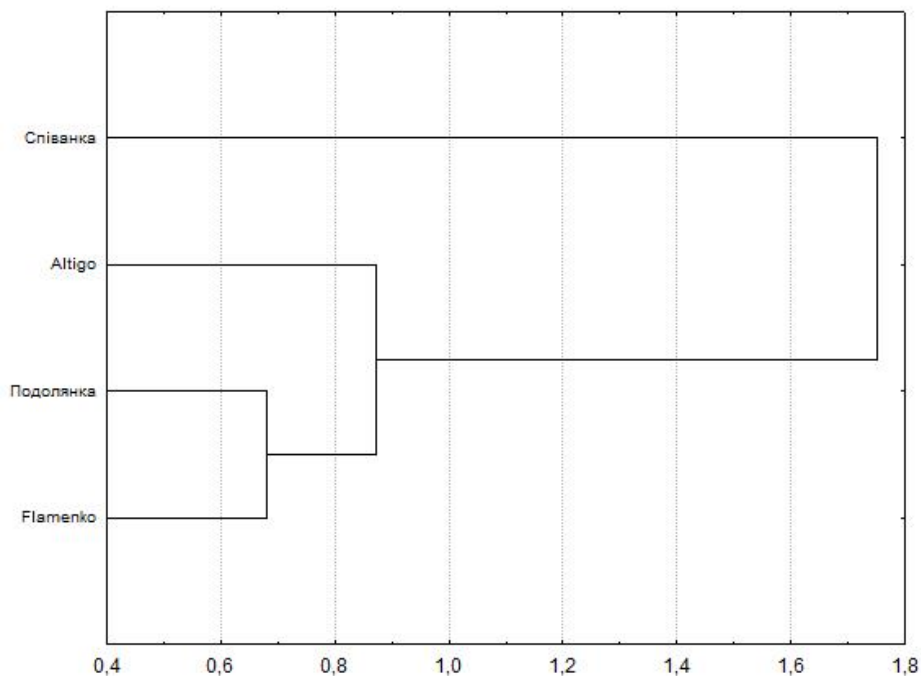


Рис. 1. Класифікація за кластерним аналізом. Частота позитивних

За результатами дискримінантного та факторного аналізу було проведено виявлення модельності наступних ознак, що відносилися до корисної частини спектру (Таблиця 2) товсте стебло, низькостеблові, напівкарлик, інтенсивна воскова поволока, крупне зерно, довгий колос, крупний колос, ранньостиглість, стійкість

до захворювань, продуктивні, кущисті форми, високий вміст білка, позитивні у кількості білкового компоненту, позитивні за вмістом мікроелементів. З них модельними, тобто як ті, котрі ідентифіковано за можливістю достовірного отримання за дії ТХ-305 відносяться вищий вміст білку, окремих цінних складових білків, вміст мікроелементів, ранньостиглість, низькостебловість, отримання форм з довгим колосом.

Сортову специфіку за отриманням показали ознаки низькостеблові (переважно сорти Співанка, Flamenko), напівкарлик (Altigo), інтенсивна воскова поволока (Співанка), крупне зерно Подолянка, довгий колос (Flamenko), крупний колос (Співанка, Altigo), ранньостиглість, стійкість до захворювань, продуктивні, кущисті форми, високий вміст білка, позитивні у кількості білкового компоненту, позитивні за вмістом мікроелементів – для всіх трьох – (Flamenko, Altigo); виникнення інших не залежало від об'єкту дії.

Таблиця 2

## Значущість окремих ознак для епігенетичної мінливості

Ознака	Концентрація	Сорт	Wilks Lambda $\lambda$	F <sub>0.05</sub>	p-level
Товсте стебло	–		0.32	1.90	0.09
Низькостеблові	0,1, 0,5%	Співанка, Flamenko	0.09	14.34	0.01
Напівкарлик	0,5%	Altigo	0.21	3.78	0.06
Інтенсивна воскова поволока	–	Співанка	0.22	3.70	0.08
Крупне зерно	–	Подолянка	0.22	3.84	0.08
Довгий колос	–	Flamenko	0.21	4.10	0.06
Крупний колос	–	Співанка, Altigo	0.21	4.04	0.06
Ранньостиглість	–		0.11	10.04	0.01
Стійкість до захворювань	–		0.22	3.67	0.08
Продуктивні	–		0.25	2.57	0.08
Кущисті форми	–		0.24	2.90	0.09
Вміст білка	0,1, 0,5%	Flamenko, Altigo	0.23	3.01	0.08
Позитивні у кількості білкового компоненту	0,1, 0,5%	Flamenko, Altigo	0.14	6.95	0.02
Позитивні за вмістом мікроелементів	0,1, 0,5%	Flamenko, Altigo	0.13	7.68	0.02

Ознаки низькостебловості, високий вміст білка, позитивні у кількості білкового компоненту, позитивні за вмістом мікроелементів отримували переважно за дії 0,1 та 0,5%, напівкарлики за дії концентрації 0,5%.

За врожайними якість за результатами попередньої оцінки порівняльного випробування та контрольного випробування у 2023–2024 роках залишилися 6 більш врожайних ліній.

Повністю випав з рядів мінливості сорт Подолянка, три форми отримали з сорту Altigo, дві форми з сорту Співанка (у тому числі кращу за результатами

випробування лінію 30) та одну з сорту Flamenko (статистично достовірно одна з двох гірших ліній). Переважно покращення врожайності пов'язане зі зростанням таких параметрів як маса тисячі зерен та вага зерна з колосу. Чотири лінії отримані за дії TX-305 0,5%, дві (але з них найкраща) за дії TX-305 0,1%.

Таблиця 3

## Врожайні якості перспективних ліній

№	Походження	Врожайність, т/га		
		2023	2024	середня
18	Співанка, TX-305 0,1%	7.02 ± 0.06 <sup>a</sup>	7.41 ± 0.07 <sup>a</sup>	7.22 ± 0.05 <sup>a</sup>
30	Співанка, TX-305 0,5%	7.63 ± 0.04 <sup>b</sup>	7.49 ± 0.06 <sup>a</sup>	7.56 ± 0.05 <sup>b</sup>
34	Altigo, TX-305 0,1%	7.41 ± 0.04 <sup>c</sup>	7.23 ± 0.05 <sup>b</sup>	7.32 ± 0.05 <sup>a</sup>
112	Altigo, TX-305 0,5%	7.32 ± 0.08 <sup>c</sup>	7.15 ± 0.04 <sup>b</sup>	7.34 ± 0.02 <sup>ab</sup>
211	Altigo, TX-305 0,5%	7.10 ± 0.03 <sup>a</sup>	7.09 ± 0.07 <sup>b</sup>	7.10 ± 0.06 <sup>a</sup>
212	Flamenko, TX-305 0,1%	7.02 ± 0.02 <sup>a</sup>	7.09 ± 0.06 <sup>b</sup>	7.06 ± 0.05 <sup>ac</sup>

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

У таблиці 4 знаходимо показники технологічної якості борошна для досліджених продуктивних ліній. Як джерела комплексної високої якості виділилися лінії 211 та 212 з сортів Altigo та Flamenko, котрі поєднують у композиції високий вміст у більшості позитивних компонентів (у лінії 212 нижчий вміст гліадинів, але це більш ніж компенсується високомолекулярними глютеїнами. Кращі форми індукувалися вищими концентраціями епімутагену.

Таблиця 4

## Технологічні якості перспективних ліній

Лінія	білок, %	клейковина, %	Глютеїн		Гліадин
			HMW	LMW	
18	13.95 <sup>a</sup>	24.91 <sup>a</sup>	0.16423 <sup>a</sup>	0.48435 <sup>a</sup>	0.4555 <sup>a</sup>
30	14.10 <sup>a</sup>	26,22 <sup>b</sup>	0.16225 <sup>a</sup>	0.49453 <sup>b</sup>	0.4443 <sup>b</sup>
34	14.02 <sup>a</sup>	25.11 <sup>a</sup>	0.16323 <sup>a</sup>	0.45467 <sup>c</sup>	0.4435 <sup>b</sup>
112	13.82 <sup>a</sup>	25.11 <sup>a</sup>	0.17156 <sup>b</sup>	0.45465 <sup>c</sup>	0.4121 <sup>c</sup>
211	14.52 <sup>c</sup>	27.12 <sup>d</sup>	0.20153 <sup>c</sup>	0.48300 <sup>a</sup>	0.4938 <sup>d</sup>
212	14.42 <sup>c</sup>	27.71 <sup>c</sup>	0.21153 <sup>d</sup>	0.46199 <sup>c</sup>	0.4038 <sup>c</sup>
$C_v$ , %	3.45	6.23	10.15	5.32	5.28

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

Таким чином, лінії 211 та 212 можна використати як джерела високої зернової якості, інші лінії мають характеристики на рівні сильних пшениць, що дозволяє комплексно виділити лінію 30 як перспективну до прямого використання (походить від сорту Співанка). Якісні параметри демонструють низьку варіативність, крім вмісту клейковини.

**Висновки і пропозиції.** За результатами отриманих форм встановлено, що даний епімутаген можна доволі успішно використовувати як індуктор джерела

таких цінних ознак як вміст білку, окремих цінних складових білків, вмісту мікроелементів, ранньостиглістю, низькостеблових форм з довгим колосом. Разом з тим, зміни доволі слабо пов'язані з негативними наслідками у фенотипі на відміну від хімічних супермутантів, але вибагливі до об'єкту дії, котрий можливо відібрати лише після ретельного дослідження. Рекомендується широке використання форм в умовах, де відбувається максимізація екологічної нестабільності, селекції іноземного походження. Більш успішними біло використання епімутангену у концентраціях 0,1 та 0,5%, більш помірні варіанти недоцільні. В результаті дослідження виділилося 6 продуктивних форм, одна з котрих високопродуктивна та два джерела високої якості білка у поєднанні с задовільною врожайністю.

### 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* (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., Semenchenko O., Izhboldin O., Hladkikh Y. French winter wheat varieties under ukrainian north steppe condition. *Agriculture and Forestry*. 2021. 67(2). P. 89–102.
9. le Roux M., Burger N., Vlok M., Kunert K., Cullis C., Botha A. EMS Derived Wheat Mutant BIG8-1 (*Triticum aestivum* L.) - A New Drought Tolerant Mutant Wheat Line. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. 22. 5314.
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.