

УДК 633.11:631.95:575.21

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.4>

МУТАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ ПРИ 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 з наступним успадкуванням змін представляє інтерес через більш високий ступень специфічності для вихідного матеріалу, можливої наявності полігенних малих мутацій, перш за все біохімічного характеру. Використання епімутагенів на різному еколого-географічному вихідному матеріалі дозволяє сподіватися на вагомій зміні в спектрі малих цінних мутацій у деяких генотипів. Досліди проводили в умовах дослідно-польової станції Науково-навчального центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету протягом 2022–2023 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 М₂–М₃ мутації були ідентифіковані шляхом візуальної оцінки та біометричного аналізу структури врожайності. Всього досліджено 9450 родин у другому поколінні та 373 мутантні лінії у третьому поколінні. Для усіх сортів спостерігалася значно нижча частота, ніж для дії супермутагенів, але вплив концентрації був статистично достовірним, сорту – ні, генотип-сортובה взаємодія значима. Загалом, частота епімутацій підвищувалася з зростанням концентрації. Для усіх сортів спостерігалася низький та мени значимий рівень мінливості, ніж для частоти, але вплив концентрації був статистично достовірним. Класифікація змін була вірогідна за концентраціями. Вагома диференціація за сортами відсутня, крім деяких відмінностей у сорту *Flatenka*. Модельними були такі групи ознак, як високе та коротке стебло, рослини з інтенсивним, слабким та наявністю або відсутністю воскової поволоки, зміни по структурі колосу (крім системних), за строками стиглості. Імовірність виникнення таких мутацій середня, переважно високорослі та низькорослі форми, зміни за інтенсивністю воскової поволоки. Непівкарлики та стерильні форми виникають лише при дії високої концентрації. Досліджуваний епімутаген прогнозовано показав невисоку активність у індукції видимих мутацій, причому дія його зосереджена на користь мени масштабних змін. Переважно дія цього чинника проявляється у виникненні таких змін, деякі мутації, мени різкі по фенотипу за структурою колосу, індукція невеликої кількості господарсько-цінних форм. Доволі високою є опосередкованість у дії генотип-мутагенною компонентою при відсутності різниці у дії за сортами, але можлива низька толерантність у окремих генотипів, що й є основним проявом цієї взаємодії. Вважається, що даний тип чинників може бути більше перспективним у дії для мінливості по біохімічних показниках отриманих форм, зокрема якості білкових компонентів, наявності біологічно-активних речовин і цінних мікроелементів.

Ключові слова: пшениця озима, Тритон-305Х, епімутаген, генотип, мінливість.

Beiko V.S., Nazarenko M.M. Mutation variability under the action of Triton-305X for winter wheat

Epimutagenic action followed by inheritance of changes is of interest due to a higher degree of specificity for the source material, the possible presence of polygenic small mutations, primarily of a biochemical nature. The use of epimutagens on different ecological and geographical source material allows us to hope for significant changes in the spectrum of small valuable mutations in some genotypes. The experiments were conducted in the conditions of the experimental field station of the Scientific and Educational Center of the Dnipro State Agrarian and Economic University during 2022–2023. 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 water solution. Exposure 24 hours. In generations M₂–M₃, mutations were identified by visual assessment and biometric analysis of yield structure. A total of 9450

families in the second generation and 373 mutant lines in the third generation were studied. For all varieties, a significantly lower frequency was observed than for the action of supermutagens, but the effect of concentration was statistically significant, the cultivar was not, and the genotype-variety interaction was significant. In general, the frequency of epimutations increased with increasing concentration. A low and less significant level of variability was observed for all varieties than for frequency, but the effect of concentration was statistically significant. Classification of changes was probable by concentrations. There is no significant differentiation by varieties, except for some differences in the variety Flamenko. Such groups of features as tall and short stem, plants with intense, weak and presence or absence of wax coating, changes in the structure of the ear (except for systemic ones) and maturity dates were modeled. The probability of occurrence of such mutations is average, mainly tall and short forms, changes in the intensity of the wax coating. Semi-dwarf and sterile forms occur only when exposed to high concentrations. The studied epimutagen predictably showed low activity in inducing visible mutations, and its action is concentrated in favor of smaller-scale changes. The action of this factor is mainly manifested in the occurrence of such changes, some mutations, less drastic in phenotype according to the structure of the ear, induction of a small number of economic and valuable forms. The indirectness in the action of the genotype-mutagenic component is quite high in the absence of differences in action by varieties, but low tolerance is possible in individual genotypes, which is the main manifestation of this interaction. It is believed that this type of factors can be more promising in the action for variability in biochemical indicators of the obtained forms, in particular, the quality of protein components, the presence of biologically active substances and valuable trace elements.

Key words: winter wheat, Triton-305X, epimutagen, genotype, variability.

Постановка проблеми. Епімутагенна дія з наступним успадкуванням змін представляє інтерес через більш високий ступень специфічності для вихідного матеріалу, можливої наявності полігенних малих мутацій, перш за все біохімічного характеру [2, 9]. Відкривається декілька принципово нових можливостей для генетичного поліпшення пшениці, менш притаманних іншим методам [1, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пшениця озима продовжує є пріоритетною цінною злаковою продовольчою культурою, особливо для зон нестабільного сільського господарства [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 різному еколого-географічному вихідному матеріалі дозволяє сподіватися на вагомні зміни в спектрі малих цінних мутацій у деяких генотипів [10]. Можливість скритих комплексних змін за відсутності негативних кореляцій, більш характерне для епімутацій, насамперед для комплексних змін біохімічних компонентів, що може вагомо поліпшити харчову цінність злакових культур, яка не завжди вдовольняє потребам населення [7, 9].

Постановка завдання. Досліди проводили в умовах дослідно-польової станції Науково-навчального центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету протягом 2022–2023 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_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; α – кількість мутацій для загальної кількості родин у варіанті; γ – кількість типових змінених ознак на варіанті. Статистичну обробку даних проводили за допомогою ANOVA-аналізу, дискримінантного та кластерного аналізу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Всього досліджено 9450 родин у другому поколінні та 373 мутантні лінії у третьому поколінні.

Дані щодо частоти мутацій у другому-третьому поколінні представлені в таблиці 1 для усіх чотирьох сортів з урахуванням залишкової вибірки мутантних рослин з першого покоління.

Таблиця 1

Загальна частота мутацій при дії T-305X ($\bar{x} \pm SD$, $n = 300-500$)

Сорт	Кількість сімей, шт.	Кількість мутантних випадків, шт.	Частота мутацій, %
Співанка, кт.	500	2	0,4±0,1 ^a
Співанка, TX-305 0,01 %	500	15	3,0±0,2 ^b
Співанка, TX-305 0,05 %	500	23	4,6±0,4 ^c
Співанка, TX-305 0,1 %	500	27	5,4±0,6 ^d
Співанка, TX-305 0,5 %	400	32	8,0±0,6 ^c
Altigo, кт.	500	4	0,8±0,2 ^a
Altigo, TX-305 0,01 %	500	12	2,4±0,3 ^b
Altigo, TX-305 0,05 %	500	19	3,8±0,4 ^c
Altigo, TX-305 0,1 %	500	26	5,2±0,5 ^d
Altigo, TX-305 0,5 %	450	29	6,4±0,6 ^d
Подолянка, кт.	500	3	0,6±0,1 ^a
Подолянка, TX-305 0,01 %	500	12	2,4±0,4 ^b
Подолянка, TX-305 0,05 %	500	21	4,2±0,5 ^c
Подолянка, TX-305 0,1 %	500	25	5,0±0,6 ^c
Подолянка, TX-305 0,5 %	400	30	7,5±0,7 ^d
Flamenko, кт.	500	3	0,6±0,2 ^a
Flamenko, TX-305 0,01 %	500	15	3,0±0,4 ^b
Flamenko, TX-305 0,05 %	500	20	4,0±0,5 ^b
Flamenko, TX-305 0,1 %	400	26	6,5±0,6 ^c
Flamenko, TX-305 0,5 %	300	29	9,7±0,7 ^d

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P0,05$

В усіх сортів спостерігалася значно нижча частота, ніж для дії супермутагенів, але вплив концентрації був статистично достовірним ($F = 80,9$; $F_{0,05} = 3,25$; $p = 0,01$), сорту – ні ($F = 2,6$; $F_{0,05} = 3,49$; $p = 0,09$), генотип-сортова взаємодія значима ($F = 5,6$; $F_{0,05} = 4,11$; $p = 0,03$). У досліджений сортів спостерігались наступні показники частоти мутацій: Співанка (загальна частота до 8,0 %), Altigo (до 6,4 %), Подолянка (до 7,5 %), Flamenko (до 9,7 %). Дія епімутагену значно слабша за дію супермутагенів в індукції видимих мутацій.

Загалом, частота мутацій підвищувалася з зростанням концентрації, але відсутня статистично достовірна різниця для сорту Altigo між третьою та четвертою концентраціями ($F = 4,9$; $F_{0,05} = 5,98$; $p = 0,06$), Подолянка між другою та третьою ($F = 4,2$; $F_{0,05} = 5,98$; $p = 0,08$), Flamenko між першою та другою ($F = 3,1$; $F_{0,05} = 5,98$; $p = 0,11$). Лише для сорту Співанка різниця присутня завжди.

Щоб встановити наскільки частота мутаційної мінливості взаємодіє з сортом було проведено кластерний аналіз (Рис. 1), котрий поділив увесь досліджений матеріал на дві групи.

До першої групи належали сорти Співанка, Подолянка та Altigo, котрі демонстрували приблизно однаковий рівень мінливості. До другої, мінорної групи, що складалася з одного сорту, належав сорт Flamenko. На наш погляд, основною причиною такої класифікації є низька толерантність цього сорту до дії ТХ-305, що спричинила низьке виживання рослинного матеріалу. Це спотворило отримані дані по частоті за рахунок зміни обсягу вибірки. За динамікою зміни частоти характерною особливістю є відсутність різниці між першою та другою концентраціями, що було зауважено вище.

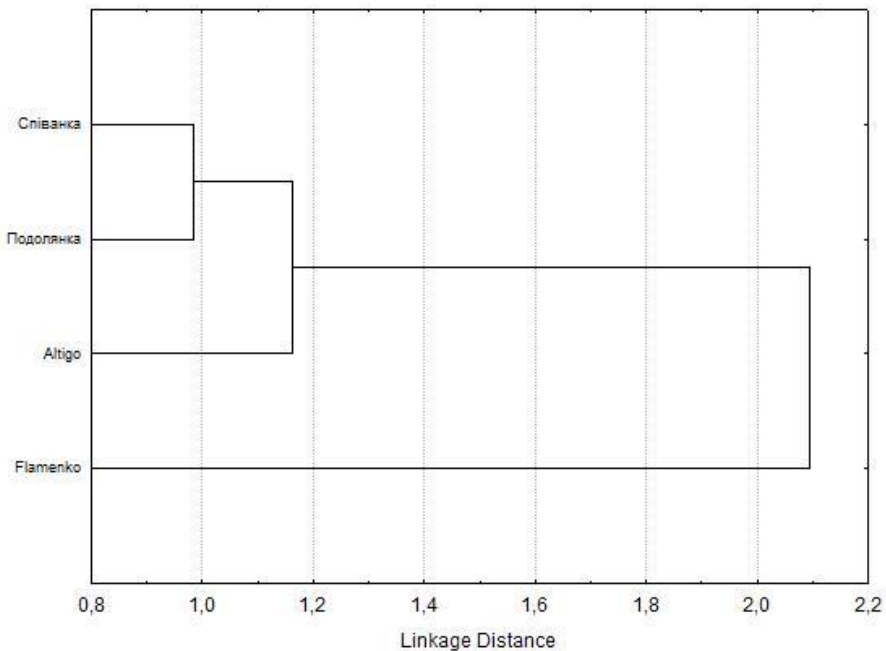


Рис. 1. Класифікація за кластерним аналізом. Частота

Ключовою є така характеристика, як наявність ознак, що були змінені при дії епімутагену. Підвищення частоти не завжди відповідає підсиленню мутаційного процесу, що може проходити через збільшення кількості параметрів за котрими проходять зміни. Для цього обрахували рівень мінливості (Таблиця 2).

В усіх сортів спостерігалася низький та менш значимий рівень мінливості, ніж для частоти, але вплив концентрації був статистично достовірним ($F = 117,6$; $F_{0,05} = 3,25$; $p = 0,01$), сорту – ні ($F = 2,1$; $F_{0,05} = 3,49$; $p = 0,14$), генотип-сортова взаємодія незначима ($F = 4,0$; $F_{0,05} = 4,11$; $p = 0,06$).

Наступний рівень мінливості показали сорти Співанка (рівень до 1,5), Altigo (до 1,2), Подолянка (до 1,4), Flamenko (до 1,6). В цілому кількість змінених ознак зростала при підвищенні концентрації, крім сорту Співанка. За підвищенням зі зростанням концентрації параметр підвищувався значно менш вірогідно.

Таблиця 2

Рівень мінливості при дії T-305X ($x \pm SD$, $n = 300-500$)

Сорт	Рівень мінливості	Змінені ознаки
Співанка, кт.	0,1±0,1 ^a	2
Співанка, TX-305 0,01 %	0,3±0,1 ^a	11
Співанка, TX-305 0,05 %	0,8±0,2 ^b	17
Співанка, TX-305 0,1 %	0,8±0,2 ^b	15
Співанка, TX-305 0,5 %	1,5±0,3 ^c	19
Altigo, кт.	0,1±0,1 ^a	4
Altigo, TX-305 0,01 %	0,2±0,1 ^a	10
Altigo, TX-305 0,05 %	0,6±0,2 ^b	15
Altigo, TX-305 0,1 %	0,9±0,2 ^b	17
Altigo, TX-305 0,5 %	1,2±0,3 ^{bc}	19
Подолянка, кт.	0,1±0,1 ^a	3
Подолянка, TX-305 0,01 %	0,3±0,1 ^a	12
Подолянка, TX-305 0,05 %	0,6±0,2 ^{ab}	14
Подолянка, TX-305 0,1 %	0,9±0,2 ^b	17
Подолянка, TX-305 0,5 %	1,4±0,3 ^b	19
Flamenko, кт.	0,1±0,1 ^a	3
Flamenko, TX-305 0,01 %	0,4±0,1 ^a	13
Flamenko, TX-305 0,05 %	0,6±0,1 ^{ab}	14
Flamenko, TX-305 0,1 %	1,1±0,2 ^d	17
Flamenko, TX-305 0,5 %	1,6±0,3 ^c	17

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при P0,05

Так, для сорту Співанка відсутня різниця між контролем та першою, другою та третьою концентраціями, для Altigo відсутня різниця між контролем та першою, другою та третьою, третьою та четвертою концентраціями, для Подолянки між контролем та першою, першою та другою, другою та третьою, третьою та четвертою концентраціями, для сорту Flamenko Подолянки між контролем та першою, першою та другою концентраціями.

Кластерний аналіз за рівнем мінливості продемонстрував аналогічний поділ на дві групи, як і попередній параметр (Рис. 2).

За спектром отриманих змін ознаки можна поділити на 6 груп за загальноприйнятою для практики екологічної генетики класифікацією. Модельність груп показана за табл. 3. Класифікація була вірогідна за концентраціями (Рис. 3). Вагома диференціація за сортами відсутня, крім деяких відмінностей у сорту Flamenko. Першу групу становили мутації будовою пагону. До цієї групи належали такі ознаки, як товсте, тонке, високе та коротке стебло, напівкарликові форми, рослини

з інтенсивним, слабким та наявністю або відсутністю воскової поволоки. Ймовірність виникнення мутацій середня, переважно високорослі та низькорослі форми, зміни за інтенсивністю воскової поволоки. Напівкарлики виникають лише при дії останньої концентрації.

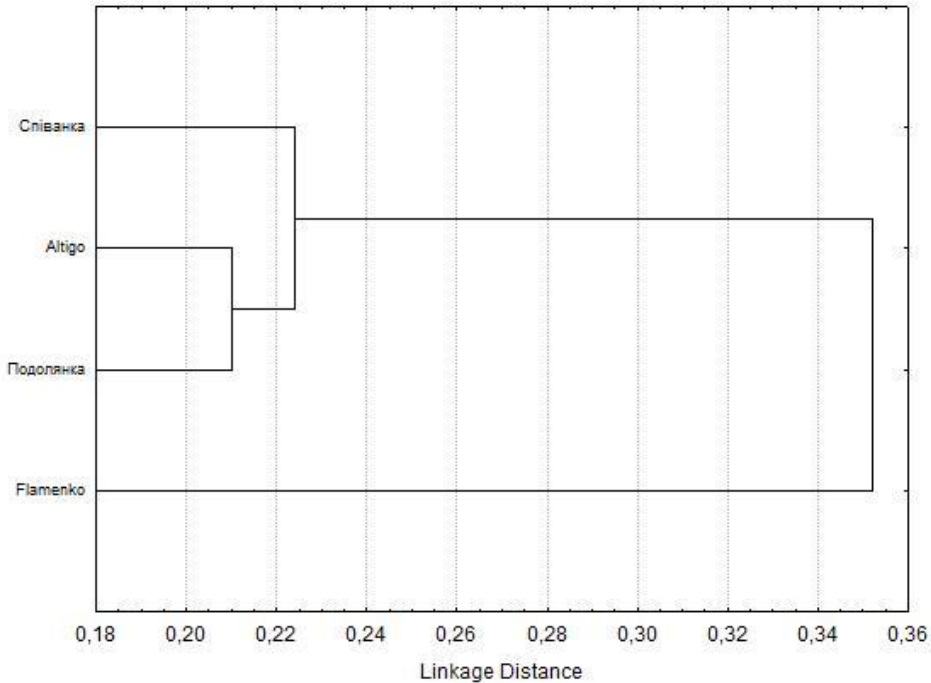


Рис. 2. Класифікація за кластерним аналізом. Рівень мінливості

Другу групу складають мутанти за розміром і формою зерна. Мутації рідкі та немодельні. Третю групу складають мутації за структурою колосу. Більшість цих змін є вищою за частотою при підвищенні концентрації. Група модельна, мутації середньочастотні.

Таблиця 3

Результати дискримінантного аналізу за параметрами мінливості

Параметри в моделі	Лямбда Уїлкса	Часткова	F _{remove} (4,14)	p-рівень
Частота мутацій	0,08	0,47	8,19	0,01
Рівень мінливості	0,07	0,42	10,24	0,01
Перша група	0,05	0,34	14,23	0,01
Друга група	0,09	0,53	6,67	0,02
Третя група	0,13	0,68	3,09	0,07
Четверта група	0,09	0,54	6,47	0,02
П'ята група	0,28	0,72	1,54	0,12
Шоста група	0,27	0,69	1,93	0,11

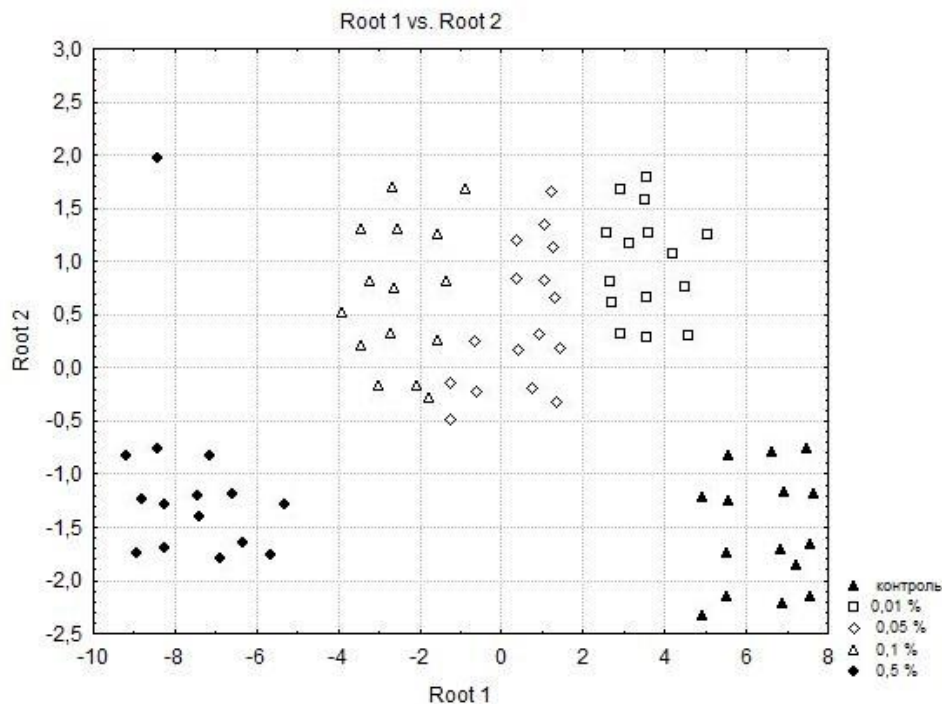


Рис. 3. Класифікація у факторному просторі

Четверту групу складають мутантні форми зі змінами фізіології росту і розвитку рослин: стерильність (характерна лише для останньої концентрації), ранньостиглість, пізньостиглість (середньочастотні), стійкість до хвороб. Модельна група. П'ята – група системних мутацій. Фактично відсутні, крім невеликої кількості переважно спельтоїдних форм при високих концентраціях. Група немодельна. До шостої групи належать господарсько-цінні форми з високою врожайністю зерна або здатністю до кушення. Цей тип мутацій доволі рідкий. Група немодельна.

Висновки і пропозиції. Досліджуваний епімутаген прогнозовано показав невисоку активність у індукції видимих мутацій, причому дія його зосереджена на користь менш масштабних змін. Переважно дія цього чинника проявляється у виникненні таких змін, деякі мутації, менш різкі по фенотипу за структурою колосу, індукція невеликої кількості господарсько-цінних форм. Доволі високою є опосередкованість у дії генотип-мутагенною компонентою при відсутності різниці у дії за сортами, але можлива низька толерантність у окремих генотипів, що й є основним проявом цієї взаємодії. У подальших планах вивчення мікромутацій за мінливістю по біохімічних показниках отриманих форм, зокрема вмісту білка та клейковини в зерні, якості білкових компонентів, наявності біологічно активних речовин і цінних мікроелементів. Вважається, що даний тип чинників може бути більше перспективним у дії для цього напрямку.

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, 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.