

4. Сергієнко В.Г., Миколаєвський В.П. Моніторинг хвороб сої в Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2014. № 10. С. 9–11.

5. Невмержицька О. М., Плотницька Н. М., Гурманчук О. В., Сколуб С. М. Ефективність застосування ґрунтових гербіцидів у посівах сої. *Таврійський науковий вісник*. № 109. Ч. 1. 2019. С. 90–94.

6. Ananda Y. Bandara, Dilooshi K. Weerasooriya, Carl A. Bradley, Tom W. Allen, Paul D. Eske (2020). Dissecting the economic impact of soybean diseases in the United States over two decades. *Journal.pone*. 0231141. Published: April 2, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231>

7. Mitchell G Roth, Richard W Webster, Daren S. Mueller. (2020). Integrated Management of Important Soybean Pathogens of the United States in Changing Climate. *Journal of Integrated Pest Management*, Vol. 11, Issue 1, 2020, 17. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa013/>

8. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості ДСТУ 4138-2002. Видання офіційне. К. : Держспоживстандарт України, 2023. 173 с.

9. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П., Іващенко О.О. та ін. Методики випробування і застосування ; за ред. проф. С. О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.

10. Хвороби сої: діагностика, особливості розвитку та заходи захисту / М. Кирик, М. Піковський, Ю. Тарануха та ін. *Пропозиція*. 2014. № 1. С. 96–98.

УДК 633.11:631.95:575.21

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.11>

ЗНИЖЕННЯ ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ У СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ПРИ ДІЇ ЕПІМУТАГЕНУ

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

Мутагенна депресія як явище, що спостерігається в першому поколінні при дії генетично-активними чинниками обумовлює придатність певного агенту та його відповідної концентрації до практичних завдань з генетичного поліпшення. Перспективним є випробування агентів, котрі викликають суттєво меншу кількість значимих порушень у спадковому апараті, але призводять до ефективного процесу генетичного поліпшення існуючих сортів та гібридів культурних рослин. Насіння 4 сортів пшениці озимої Перспектива Одеська, Соната Полтавська, Шпалівка та МП Лада обробляли водним розчином Тритон-Х-305 у концентраціях 0,01%, 0,05%, 0,1%, 0,5%, контролем була вода. Експозиція була 24 години. В першому поколінні проводили моніторинг схожості та виживання після зимового періоду. Рівень стерильності визначали фарбуванням зразків тилку ацетокарміном. Для визначення депресійного впливу проводили структурний аналіз елементів врожайності. Факторний аналіз показав, що при дії епімутагену ключовим чинником мінливості (схожості та виживання) був генотип зразка, але також впливав і мутагенний чинник. Значимою була також і генотип-середовищна взаємодія, але в суттєво меншому ступені. Для усіх досліджених зразків характерна значима віддалена загибель. При попарному порівнянні статистично достовірно і по характеру реакції на агент відрізнявся

лише генотип МП Лادا. Показники схожості та виживання в цілому достовірно відтворюють динаміку дії чинника. Концентрації в своїй дії залишилися на рівні помірних та високих. Показник фертильності значимо більш відображає підвищення концентрації мутагену та не залежить від генотипу. Дія чинника була навіть слабшою та зупинилася на рівні помірних концентрацій. При дослідженні структури врожайності та за класифікаційним аналізом достовірно успішно можна виділити усі концентрації, з деякої змішаністю у активності другої та третьої, але ступінь групування показує, що чим вища концентрація епімутагену тим вища розрідженість групи у її реакції. За результатами аналізу виділилися ознаки схожості, виживання, фертильності, висоти рослини, ваги зерна з головного колосу та МТЗ. Тритон-Х-305 як чинник що викликає мутагенну депресію показав себе в цілому в діапазоні застосованих концентрацій як агент помірної дії, рівень ЛД₅₀ або РД₅₀ не досягнутий за жодною з ознак. Чинник проявлює вищу активність впливу на деякі ознаки (виживання, фертильність).

Ключові слова: пшениця озима, епімутаген, мутагенна депресія, перше покоління.

Okselenko O.M., Nazarenko M.M. Reduction of life activity for winter wheat varieties under the action of epimutagen

Mutagenic depression as a phenomenon observed in the first generation under the action of genetically active factors determines the suitability of a certain agent and its corresponding concentration for practical tasks of genetic improvement. It is promising to test agents that cause a significantly smaller number of significant violations in the hereditary apparatus, but lead to an effective process of genetic improvement of existing varieties and hybrids of cultivated plants. Seeds of 4 winter wheat varieties Perspektiva Odeska, Sonata Poltavska, Shpalivka and MIP Lada were treated with an aqueous solution of Triton-X-305 in concentrations of 0.01%, 0.05%, 0.1%, 0.5%, the control was water. Exposure was 24 hours. Germination and survival after the winter period were monitored in the first generation. The level of sterility was determined by staining pollen samples with acetocarmine. Structural analysis of yield elements was carried out to determine the depressive effect. Factor analysis showed that the key factor of variability (similarity and survival) during epimutagen action was the genotype of the sample, but the mutagenic factor also influenced it. The genotype-environment interaction was also significant, but to a significantly lesser degree. All the studied samples were characterized by a significant remote death. In a pairwise comparison, only the genotype MIP Lada differed statistically reliably and in terms of the nature of the reaction to the agent. Similarity and survival indicators in general reliably reproduce the dynamics of the factor's action. Concentrations in their effect remained at the level of moderate and high. The trait of fertility significantly more reflects the increase in the concentration of the mutagen and does not depend on the genotype. The effect of the factor was even weaker and stopped at the level of moderate concentrations. When studying the yield structure and according to the classification analysis all concentrations can be reliably isolated successfully, with some mixing in the activity of the second and third, but the degree of grouping shows that the higher the concentration of the epimutagen, the higher the group's rarity in its reaction. Based on the results of the analysis, the characteristics of germination, survival, fertility, plant height, grain weight from the main spike and TGW were distinguished. Triton-X-305 as a factor causing mutagenic depression showed itself in general in the range of applied concentrations as an agent of moderate action, the level of LD₅₀ or RD₅₀ was not reached by any of the signs. The factor will show a higher activity of influence on some signs (survival, fertility).

Key words: winter wheat, epimutagen, mutagen depression, first generation.

Постановка проблеми. Мутагенна депресія як явище, що спостерігається в першому поколінні при дії генетично-активними чинниками обумовлює придатність певного агенту та його відповідної концентрації до практичних завдань з генетичного поліпшення [1; 2]. Суттєвим моментом є механізм дії даного агенту, якщо виникнення мутацій безпосередньо та токсична дія мутагенних речовин вивчені в цілому непогано, то негативні наслідки агентів, котрі діють через модифікацію, а не через зміни ДНК та їх токсичні ефекти на рівні клітини ідентифіковані обмежено [3; 4].

При дослідженні переважно об'єктами для нас є можливість підвищення стерильності зразків, фізіологічні наслідки, що знижують життєздатність, проблеми з зерновою продуктивністю зразків [5; 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з напрямків, котрі активно досліджують в експериментальному мутагенезу сільськогосподарських культур є зниження негативної активності в першому поколінні. Існують декілька загальних напрямів – використання нових мутагенних чинників, зниження негативних наслідків при комплексному вживанні з антимутагенами, підбір більш толерантного вихідного матеріалу, підвищення сайт-специфічності при дії [8].

Основною проблемою було та залишається необхідність отримання доволі великої кількості зразків для визначення в подальшому перспективних мутантних форм [7]. Новим, вагомим напрямком є виявлення речовин, котрі здатні суттєво обмежувати ушкодження, що безпосередньо впливають на структуру ДНК, ураховуючи їх комплексність та високу токсичність для клітини. Речовинами, котрі не демонструють такі ефекти є епімутагени різного характеру дії [9; 10].

Проведені дослідження вказують на наявність перспективних форм, котрі викликають суттєво меншу кількість значимих порушень у спадковому апараті, але призводять до ефективного процесу генетичного поліпшення існуючих сортів та гібридів культурних рослин [11].

Постановка завдання. Застосували епімутаген Тритон-Х-305 (далі тут та по тексту – ТХ-305), відноситься до класу так званих білкових детергентів, вважається та перевірено на практиці щодо пшениці озимої, що за рахунок дії на структуру гістонів викликає стійкі епімутаційні зміни з високою частотою.

Насіння 4 сортів пшениці озимої Перспектива Одеська, Соната Полтавська, Шпалівка та МПП Лада обробляли водним розчином ТХ-305 у концентраціях 0,01%, 0,05%, 0,1%, 0,5%, щодо котрих експериментально доведена ефективність, контролем була вода. Для кожної обробки були використані 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії епімутагену була 24 години.

Дослід висівався вручну, в останню декаду вересня, на глибину 4–5 см і з нормою 100 життєздатних насінин в рядок (довжина 1,5 м), міжряддя 0,15 м, ділянка 10 рядків, між ділянками 0,3 м, контроль на початку для кожного сорту. В першому поколінні проводили моніторинг схожості та виживання після зимового періоду за окремими варіантами. Рівень стерильності визначали фарбуванням зразків пилку ацетокарміном (до 20 зразків з варіанту, до 500 пилкових зерен). Для визначення депресійного впливу для продуктивності отриманих рослин проводили аналіз структури врожайності, відбирали 25–30 рослин з варіанту для визначення наступних показників висота рослин, загальна та продуктивна кущистість, довжина, кількість колосків, озерненість головного колосу, вага зерна з головного колосу та рослини, маса тисячі зерен (далі – МТЗ).

Досліди проводили на дослідному полі Дніпровського державного аграрно-економічного університету (с. Олександрівка, Дніпровський район, Дніпропетровська область, Україна). Математико-статистичний аналіз проводили за модулями факторного та дискримінантного аналізу. В усіх випадках використовували засоби пакету мультиваріантних досліджень програми Statistica 10.0.

Виклад основного матеріалу дослідження. Загальний обсяг дослідженого матеріалу складав 20000 рослин за всіма варіантами, з них після моніторингу виживання обсяг мутантної популяції становив 16878 сімей (таблиця 1).

Факторний аналіз показав, що при дії епімутагену ключовим чинником мінливості (схожості та виживання) був генотип зразка ($F = 91,32$; $F_{0,05} = 2,76$; $P < 0,01$), але також впливав і мутагенний чинник ($F = 65,12$; $F_{0,05} = 3,00$; $P < 0,01$). Значимою була також і генотип-середовищна взаємодія, але в суттєво меншому ступені.

Для усіх досліджених зразків характерна значима віддалена загибель ($F = 6,12$; $F_{0,05} = 2,76$; $P = 0,01$), причому відсутня якась специфіка щодо генотипів ($F = 3,05$; $F_{0,05} = 3,11$; $P = 0,06$), котрі в цілому демонструють однакову реакцію (тобто, це властивість самої речовини як епімутагену).

Таблиця 1

Онтогенетичні показники сортів пшениці озимої у першому поколінні
($x \pm SD$, $n = 1000$)

Сорт	Обробка	Схожість		Вживання	
		шт.	%	шт.	%
Перспектива Одеська	вода	994	99,4 ± 1,1 ^a	987	98,7 ± 1,0 ^a
	ТХ-305 0,01%	925	92,5 ± 1,2 ^b	897	89,7 ± 1,1 ^b
	ТХ-305 0,05%	891	89,1 ± 1,0 ^b	845	84,5 ± 1,1 ^c
	ТХ-305 0,1%	834	83,4 ± 1,1 ^c	758	75,8 ± 1,2 ^d
	ТХ-305 0,5%	713	71,3 ± 1,1 ^d	610	61,0 ± 1,1 ^e
Сонага Полтавська	вода	997	99,7 ± 1,2 ^a	989	99,7 ± 1,0 ^a
	ТХ-305 0,01%	939	93,9 ± 1,0 ^b	908	90,8 ± 0,8 ^b
	ТХ-305 0,05%	899	89,9 ± 0,8 ^c	860	86,0 ± 1,2 ^c
	ТХ-305 0,1%	845	84,5 ± 1,2 ^d	778	77,8 ± 1,0 ^d
	ТХ-305 0,5%	756	75,6 ± 1,1 ^e	680	68,0 ± 1,2 ^e
Шпалівка	вода	991	99,1 ± 1,0 ^a	988	98,8 ± 0,8 ^a
	ТХ-305 0,01%	936	93,6 ± 1,0 ^b	919	91,9 ± 1,1 ^b
	ТХ-305 0,05%	887	88,7 ± 1,1 ^c	847	84,7 ± 1,0 ^c
	ТХ-305 0,1%	845	84,5 ± 1,1 ^d	798	79,8 ± 1,1 ^d
	ТХ-305 0,5%	735	73,5 ± 1,0 ^e	657	65,7 ± 1,0 ^e
МІП Лада	вода	997	99,7 ± 1,1 ^a	991	99,1 ± 1,1 ^a
	ТХ-305 0,01%	941	94,1 ± 1,2 ^b	920	92,0 ± 0,9 ^b
	ТХ-305 0,05%	899	89,9 ± 1,1 ^c	863	86,3 ± 1,1 ^c
	ТХ-305 0,1%	874	87,4 ± 1,2 ^c	842	84,2 ± 1,1 ^c
	ТХ-305 0,5%	780	78,0 ± 1,0 ^d	741	74,1 ± 1,2 ^d

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

Щодо показника схожості, то він змінюється з високою достовірністю при зростанні концентрації речовини, крім сортів Перспектива Одеська між першою та другою концентрацією ($F = 2,24$; $F_{0,05} = 2,85$; $P = 0,07$), МІП Лада між другою та третьою концентраціями ($F = 2,56$; $F_{0,05} = 2,85$; $P = 0,06$). У показника виживання після несприятливих умов зимового періоду статистично достовірна різниця у всіх варіантах по всіх сортах з показником схожості крім контролю, що підтверджує вищенаведений факторний аналіз про високу значимість віддаленої загибелі. Щодо прояву показнику при збільшенні концентрації, то знову в переважній більшості варіантів спостерігалось статистично достовірне зниження, крім МІП Лада знов між другою та третьою концентраціями ($F = 2,80$; $F_{0,05} = 2,85$; $P = 0,06$).

При попарному порівнянні статистично достовірно за результати тесту Тьюкі по характеру реакції на ТХ-305 відрізнявся лише генотип МІП Лада ($F = 3,90$; $F_{0,05} = 3,11$; $P = 0,03$), інші сорти не відрізнялись між собою. Показники схожості та виживання в цілому достовірно відтворюють динаміку дії чинника. В жодному

випадку застосовані кількості речовини не призвели до падіння життєздатності до рівня $ЛД_{50}$, або $РД_{50}$. Навіть максимальне зниження призвело до того, що параметр становив на менш 60% від контролю (Перспектива Одеська), суттєво більш стійким був сорт МП Лада, для якого концентрації в своїй дії залишилися на рівні помірних, для інших сортів були високими (від $ЛД_{50}$ до 70%).

При дії будь-якого мутагенного чинника суттєвою проблемою, що обмежує розміри мутантної популяції є зниження фертильності (таблиця 2). Дія ТХ-305 виключенням не стала, але тут ми вже спостерігаємо трохи інші закономірності ніж для попередніх показників. Тобто, бачимо певну різницю по взаємодії генотипу та епімутану. Вже виділився при попарному порівнянні ($F = 4,32$; $F_{0,05} = 3,11$; $P = 0,02$) та за дією окремих концентрацій сорт Перспектива Одеська, для якого не було різниці між контролем та першою концентрацією ($F = 2,72$; $F_{0,05} = 2,98$; $P = 0,06$). Показник значимо більш відображає підвищення концентрації мутагену ($F = 88,89$; $F_{0,05} = 2,55$; $P < 0,01$) та не залежить від генотипу ($F = 2,32$; $F_{0,05} = 3,07$; $P = 0,07$), на відміну від онтогенетичних показників. Але на цей показник дія чинника була навіть слабшою та зупинилася на рівні 75% від контролю. Тобто знову не досягла значень напівлетальною, залишившись в цілому в діапазоні помірних значень (70–80% від контролю).

При дослідженні структури врожайності (таблиця 3) показано лише більш-менш стабільні за реакцією досліджувані ознаки. Так, не включені загальна та продуктивна кущистість. Наведені лише середньо- (озерненість головного колосу) та високоваріативні ознаки (висота рослин, озерненість головного колосу, вага зерна з головного колосу та рослини, маса тисячі зерен).

Таблиця 2

Негативний вплив на рівень фертильності ($x \pm SD$, $n = 20$)

Сорт	Контроль	ТХ-305 0,01%	ТХ-305 0,05%	ТХ-305 0,1%	ТХ-305 0,5%
Перспектива Одеська	98,2 ± 0,7 ^a	95,0 ± 0,7 ^a	89,8 ± 0,7 ^b	82,2 ± 1,0 ^c	75,7 ± 0,8 ^d
Соната Полтавська	97,4 ± 0,5 ^a	92,6 ± 1,1 ^b	87,1 ± 0,7 ^c	81,1 ± 0,7 ^d	76,2 ± 0,7 ^e
Шпалівка	98,2 ± 0,7 ^a	93,0 ± 1,3 ^b	86,0 ± 0,8 ^c	80,3 ± 0,5 ^d	76,0 ± 0,6 ^e
МП Лада	98,3 ± 0,6 ^a	94,1 ± 1,1 ^b	88,2 ± 0,8 ^c	82,4 ± 1,2 ^d	76,9 ± 0,7 ^e

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

Ознака висоти рослини значимо знижувалась з кожним зростанням концентрації для усіх сортів ($F = 45,12$; $F_{0,05} = 2,35$; $P < 0,01$), специфіка за генотипом була відсутня ($F = 2,02$; $F_{0,05} = 2,44$; $P = 0,07$). Жоден сорт при попарному порівнянні не виділився, концентрації ефектом зі зниження ознаки можна класифікувати як помірні. Ознака кількості зерен варіювали набагато слабше, вплив зростання концентрації все ж таки достовірний ($F = 3,49$; $F_{0,05} = 2,35$; $P = 0,03$), фактично різниця починає проявлятися лише при дії третьої-четвертої концентрації, з деякими недостовірними відмінностями за сортами, усі концентрації діють як помірні, не досягаючи рівня $РД_{50}$.

Показник ваги зерна з головного колосу знов достовірно відтворює кожне зростання концентрації за виключенням МП Лада, у якого немає різниці між першою концентрацією та контролем ($F = 2,99$; $F_{0,05} = 3,11$; $P = 0,06$). Щодо ваги зерна з рослини, то вона знов менш варіативна. Істотно відрізняються лише сорти Перспектива Одеська і Шпалівка з меншою варіативністю від сортів Соната

Полтавська та МПП Лада з вищою. В більшості випадків дія першої концентрації статистично недостовірна. Обидві ознаки демонструють помірність застосованих концентрацій з точки зору життєздатності рослин.

Таблиця 3
Негативний вплив епімутагену на структуру врожайності ($x \pm SD$, $n = 25-30$)

Сорт	Варіант	Висота, см.	Кількість зерен, шт	Вага зерна, г.		МТЗ, г.
				з колосу	з рослини	
Перспектива Одеська	вода	92,2 ^a	33,0 ^a	1,47 ^a	3,34 ^a	45,9 ^a
	ТХ-305 0,01%	90,1 ^b	32,0 ^a	1,31 ^b	3,15 ^a	42,1 ^b
	ТХ-305 0,05%	86,0 ^b	31,0 ^a	0,19 ^c	2,87 ^b	39,4 ^c
	ТХ-305 0,1%	82,7 ^c	28,0 ^b	1,07 ^d	2,73 ^b	35,1 ^d
	ТХ-305 0,5%	79,4 ^a	25,0 ^b	0,84 ^e	2,29 ^c	32,2 ^e
Соната Полтавська	вода	93,2 ^a	41,0 ^a	1,86 ^b	4,01 ^a	54,1 ^a
	ТХ-305 0,01%	89,7 ^b	38,0 ^a	1,62 ^b	3,88 ^a	51,2 ^b
	ТХ-305 0,05%	86,2 ^c	37,0 ^a	1,41 ^c	3,36 ^b	48,1 ^c
	ТХ-305 0,1%	81,2 ^d	34,0 ^b	1,15 ^d	3,05 ^c	46,0 ^d
	ТХ-305 0,5%	76,1 ^d	32,0 ^b	0,91 ^e	2,59 ^d	43,4 ^e
Шпалівка	вода	98,2 ^a	37,0 ^a	1,52 ^a	4,11 ^a	48,4 ^a
	ТХ-305 0,01%	94,1 ^b	34,0 ^b	1,29 ^b	3,97 ^a	45,5 ^b
	ТХ-305 0,05%	89,4 ^c	33,0 ^{bc}	1,12 ^c	3,62 ^b	43,1 ^c
	ТХ-305 0,1%	84,5 ^d	32,0 ^{bc}	0,95 ^d	3,46 ^b	41,0 ^d
	ТХ-305 0,5%	80,8 ^c	29,0 ^c	0,80 ^e	3,10 ^c	38,2 ^e
МПП Лада	вода	111,1 ^a	39,0 ^a	1,53 ^a	3,91 ^a	47,9 ^a
	ТХ-305 0,01%	108,6 ^b	38,0 ^a	1,43 ^a	3,51 ^b	45,1 ^b
	ТХ-305 0,05%	99,9 ^c	37,0 ^a	1,18 ^b	3,43 ^b	43,0 ^c
	ТХ-305 0,1%	94,2 ^d	34,0 ^a	0,94 ^c	2,99 ^c	41,1 ^d
	ТХ-305 0,5%	87,7 ^c	31,0 ^b	0,79 ^d	2,51 ^d	39,2 ^e

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

МТЗ як ознака в усіх випадках чітко демонструє статистично достовірне зниження з підвищенням концентрації ТХ-305, для всіх сортів ($F = 56,11$; $F_{0,05} = 2,35$; $P < 0,01$), специфіка за генотипом знов була відсутня ($F = 2,22$; $F_{0,05} = 2,44$; $P = 0,06$). Тобто на відміну від фертильності виділити якісь сорт окремо за параметрами мутагенної депресії тут неможливо. Є сенс використовувати для ідентифікації за мінливістю висоту рослин, вагу зерна з головного колосу та МТЗ. Генотипову варіативність показала лише ознака ваги зерна з головного колосу.

Класифікаційний аналіз отриманих об'єктів мутагенної дії (Рис. 1) показує, що достовірно успішно можна виділити усі концентрації, з деякої змішаністю у активності другої та третьої, але ступінь групування показує, що чим вища концентрація епімутагену тим вища розрідженість групи у її реакції. Можливі варіанти пояснення генетична різноманітність або розмаїтість ефектів на рівні модифікації генотипу. Ураховуючи стабільність контролю, більш вірогідним є друге припущення.

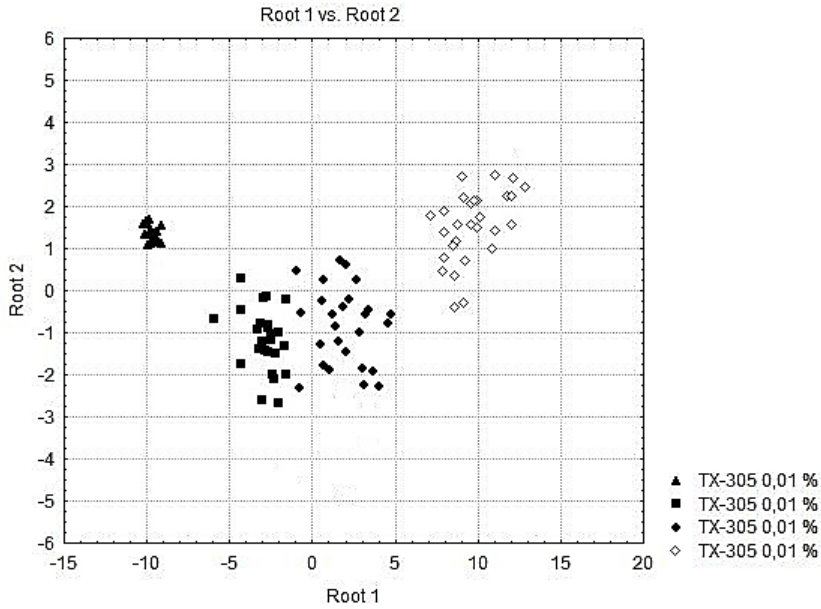


Рис. 1. Класифікаційний аналіз за окремими концентраціями

Дискримінантний аналіз в свою чергу показав, що достовірно демонстрували зниження у системі чинник-суб'єкт дії показники схожості, виживання, фертильності, висота рослин, вага зерна з колосу та МТЗ (таблиця 4).

Таблиця 4

Результати дискримінантного аналізу за даними епімутагенної депресії

Змінні в моделі	Коефіцієнт Уїлкса λ	F-remove (4,00)	p-level
Схожість, шт.	0,39	15,12	<0,01
Виживання, шт.	0,40	16,21	<0,01
Фертильність,%	0,51	18,97	<0,01
Висота, см	0,45	17,17	<0,01
Загальна кущистість	0,02	0,93	0,19
Продуктивна кущистість	0,01	0,54	0,20
Довжина головного колосу	0,01	0,34	0,22
Кількість колосків	0,01	0,23	0,27
Зерна з головного колосу	0,47	17,93	<0,01
Вага зерна з головного колосу	0,24	6,98	0,004
Вага зерна з рослини	0,19	4,11	0,04
МТЗ	0,56	19,96	<0,01

За результатами аналізу знов виділилися ознаки схожості, виживання, фертильності, висоти рослини, ваги зерна з головного колосу та МТЗ. Також достовірним є використання ваги зерна з рослини, але доволі обмежено.

Висновки і пропозиції. ТХ-305 як чинник що викликає мутагенну депресію показав себе в цілому в діапазоні застосованих концентрацій як агент помірної дії, за параметрами виживання для найвищої концентрації з можливістю класифікації до високої активності. Рівень LD_{50} або RD_{50} не досягнутий за жодною з ознак. Можна вважати, що чинник як епімутаген проявлю вищу активність впливу на деякі ознаки (виживання, фертильність), але демонструє суттєвий рівень генотип-мутагенної взаємодії тільки у випадку трохи вищої толерантності до дії у сорту МПП Лада. Це вже є доволі цікавим фактом і раніше досліджувані речовини, що відносяться до класу супермутагенів, не демонстрували такої залежності як і відстроченого характеру дії на онтогенез рослин. В подальшому планується вивчення спадкових змін у другому-третьому поколінні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Abdoun A., Mekki L., Hamwiche A., Badr A. Effects of γ -radiation on chickpea (*Cicer arietinum*) varieties and their tolerance to salinity stress. *Acta agriculturae Slovenica*. 2022. 118(2). P. 1–16.
2. Abdel-Hamed A., El-Sheikh Aly M., Saber S. Effect of some mutagens for induced mutation and detected variation by SSR marker in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Archives of Agricultural Sciences*. 2021. 4(2). P. 80–92.
3. 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.
4. Bezie Y., Tilahun T., Atnaf M., Taye M. The potential applications of site-directed mutagenesis for crop improvement: A review. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2020. 24. P. 229–244.
5. Lal R., Chanotiya C., Gupta P. Induced mutation breeding for qualitative and quantitative traits and varietal development in medicinal and aromatic crops at CSIR-CIM-AP, Lucknow (India): past and recent accomplishment. *International Journal of Radiation Biology*. 96(12). (2020). P. 1513–1527.
6. 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.
7. Nazarenko M., Izhboldin O., Izhboldina O. Study of variability of winter wheat varieties and lines in terms of winter hardness and drought resistance. *AgroLife Scientific Journal*. 11(2). (2022). P. 116–123.
8. OlaOlorun B., Shimelis H., Mathew I. Variability and selection among mutant families of wheat for biomass allocation, yield and yield-related traits under drought stressed and non-stressed conditions. *Journal of Agronomy and Crop Sciences*. 2021. 207. P. 404–421.
9. Ram H., Soni P., Salvi P., Gandass N., Sharma A., Kaur A., Sharma T. Insertional mutagenesis approaches and their use in rice for functional genomics. *Plants*. 2019. 8. 310.
10. Shabani M., Alemzadeh A., Nakhoda B., Razi H., Houshmandpanah Z., Hildebrand D., Optimized gamma radiation produces physiological and morphological changes that improve seed yield in wheat. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. (2022). 28(8). P. 1571–1586.
11. Yali W., Mitiku T. Mutation breeding and its Importance in Modern Plant Breeding. *Journal of Plant Sciences*. 2022. 10. P. 64–70.