

УДК 633.11:631.95:575.21

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.4>

МУТАГЕНА ДЕПРЕСІЯ ПРИ ДІЇ ХІМІЧНОГО ЧИННИКА З НИЗЬКОЮ УШКОДЖУВАЛЬНОЮ ЗДАТНІСТЮ

Горщар В.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри рослинництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Назаренко М.М. – д.с.-г.н.,

професор кафедри селекції і насінництва,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Використання різноманіття сортових ресурсів різного походження для генетичного поліпшення шляхом мутаційної мінливості є значимим пріоритетом у сучасних дослідженнях для різних галузей сільськогосподарської науки. Застосування мутагенних чинників низької ушкоджувальної на новому вихідному матеріалі дозволяє не лише суттєво прискорити процес поліпшення, але й отримати суттєве розширення варіативності існуючих форм, що можна досить успішно використати для широко спектру досліджень як екогенетичного так і селекційного напрямку в якості вихідного матеріалу або безпосередньо як майбутні сорти. Роботи проводили на дослідних полях Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Були використані вісім сортів селекції провідних установ України Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна. Зерно обробляли розчином хімічного мутагену ДАБ (1,4-бисдіазоацетилбутан) у концентраціях 0,1, 0,2 та 0,3%. Для кожної обробки були використані 1000 зерен пшениці озимої. Досліджували такі параметри як схожість, виживання після періоду перезимівлі, рівень фертильності окремих сортів, елементи структури врожайності висота рослин, загальна та продуктивна куцистість, довжина, кількість колосків, озерненість головного колосу, вага зерна з головного колосу та рослини, маса тисячі зерен. Встановлено, що необхідним рівнем варіативності володіють такі параметри як схожість, виживання, рівень фертильності, висота рослин, маса тисячі зерен, що достовірно відтворюють рівень мутагенної депресії за підвищенням концентрації ДАБ, що підтверджено дискримінантним аналізом. В окремих випадках можливе також використання таких показників як вага зерна з головного колосу та вага зерна з рослини. Встановлено, що генотип-мутагенна взаємодія доволі чітко проявляється при дії ДАБ особливо за показниками схожості та виживання та високомінливими елементами структури врожайності. Мутаген продемонстрував низьку ушкоджувальну дію. Генотипи Балатон та Зелений Гай продемонстрували більш низький рівень мінливості. Визначено, що саме з концентрації ДАБ 0,3% проявляється мутагенна депресія в будь-яких випадках за будь-якими показниками. Планується провести вивчення мінливості отриманого матеріалу як на клітинному рівні за хромосомними абераціями, так і мутаційну мінливість рослин в наступних поколіннях.

Ключові слова: пшениця озима, хімічний мутагенез, мутагенна депресія, перше покоління.

Horshchar V.I., Nazarenko M.M. Mutagen depression under agent with low-damage ability action

The use of a variety of varietal resources of different origins for genetic improvement through mutational variability is a significant priority in modern research for various branches of agricultural science. The use of low-damage mutagenic factors on the new source material allows not only to significantly accelerate the improvement process, but also to obtain a significant expansion of the variability of existing forms, which can be used quite successfully for a wide range of research in both ecogenetic and breeding directions as source material or directly as future varieties. The work was carried out at the research fields of the Educational and Scientific Center of the Dnipro State Agrarian and Economic University. Eight varieties selected by the leading institutions of Ukraine were used: Balaton, Borovytsia, Zeleny Gai, Zoloto Ukrainy, Kalancha, Niva Odeska, Polyanka, Pochayna. The seeds was treated with a solution of the chemical mutagen DAB (1,4-bis(diazoacetyl)butane) in concentrations of 0.1, 0.2, and 0.3%. 1000 grains

of winter wheat were used for each treatment. Such parameters as germination, survival after the overwintering period, the level of fertility of individual varieties, elements of the yield structure, plant height, general and productive bushiness, length, number of ears, grain size from the main spike, weight of grain from the main spike and plant, weight of a thousand grains were studied. It was established that such parameters as germination, survival, fertility level, plant height, weight of thousand grains have the necessary level of variability, which reliably reproduce the level of mutagenic depression with increasing DAB concentration, which was confirmed by discriminant analysis. In some cases, it is also possible to use such indicators as the weight of grain from the main spike and the weight of grain from the plant. It was established that the genotype-mutagenic interaction is quite clearly manifested under the action of DAB, especially in terms of similarity and survival indicators and highly variable elements of the yield structure. The mutagen showed a low damaging effect. The genotypes Balaton and Zeleny Gai showed a lower level of variability. It was determined that it is from the DAB concentration of 0.3% that mutagenic depression is manifested in any cases according to any indicators. It is planned to study the variability of the obtained material both at the cellular level according to chromosomal aberrations and the mutational variability of plants in next generations.

Key words: winter wheat, chemical mutagenesis, mutagen depression, first generation.

Постановка проблеми. Основним наслідком дії різних екогенетичних або мутагенних чинників в рамках нашого дослідження є прояв мутагенної депресії або комплексного зниження основних онтогенетичних параметрів у рослин пшениці озимої. За дії агентів різної природи та профілю такі властивості опосередковані по-перше генетичною природою матеріалу, що піддається дії агентами [2], а по-друге природою мутагенного чинника. Генотип-мутагенна взаємодія визначає яким чином проявляться наслідки післядії – через депресію або, вкрай нечасто, через мутагенну стимуляцію низьких доз чи концентрацій чинників [1, 3].

Дія вивчається через параметри схожості рослин в осінній період, виживання після періоду перезимівлі, настанні окремих фенофаз, вивчення врожайності та елементів її структури, фертильності отриманого матеріалу [6, 7].

Значення має не просто той матеріал, що вижив, але й здатний залишити по собі фертильне, повноцінне, плодюче потомство без суттєвих проблем з ростом та розвитком. Інакше таким матеріал неможливо застосовувати в майбутніх дослідженнях [5, 14, 15].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тривалий час дослідницькі програми з експериментального мутагенезу були зосереджені на дії критичних та напівлетальних доз та концентрацій. При цьому суттєво зростало генетичне різноманіття отриманого матеріалу але виникали доволі великі проблеми по-перше з депресивними наслідками, а по-друге з комплексністю змін. Це призводило до того, що хоча й вдалося отримати доволі велику кількість цінних генотипів як для прямого використання так і для опосередкованого як компонентів селекційного процесу, але вибірка сягала дуже великих розмірів [8, 13].

Зараз фоку інтересів дослідників все більше зосереджується як на використанні більш низьких доз чи концентрацій відомих мутагенних чинників, так і на використанні різних нових речовин та факторів з низькою ушкоджувальною здатністю при збереженні рівня індукованого біорізноманіття, або, хоча б, ключових елементів спектру мутаційних змін [9, 12].

Проведені дослідження показують, що такий шлях є перспективним для скерованого генетичного поліпшення основних сільськогосподарських культур. Вже вдалося при використанні перспективних чинників різної природи ряд цінних форм та отримати базові протоколи для застосування таких речовин з огляду як на кількість чинника так і на необхідні часові межі використання окремих факторів, фізіологічної та генетичної природи суб'єкту мутагенної дії [9, 10].

Особливо цікавим є процес генотип-мутагенної з огляду на порогову дії концентрацій речовин зі зниженою ушкоджувальною здатністю. Іноді вдається не лише уникнути зниження частоти цінних мутацій, але й підвищити його, суттєво змінити спектр дії. І все це в комплексі з послабленням ефектів мутагенної депресії [11].

Постановка завдання. Застосували мутаген 1,4-біддіазаоацетилбутан (далі тут та по тексту – ДАБ), що відноситься до класу алкілюючих агентів, група діазосполук та відомий своєю низькою здатністю викликати мутагену депресію разом з відсутністю зниження відсотка хромосомних аберацій.

Насіння 8 сортів пшениці озимої Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна обробляли розчином хімічного мутагену ДАБ у концентраціях 0,1, 0,2 та 0,3%. Для кожної обробки були використані 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії мутагену становила 18 годин. Для контролю використовували необроблені вихідні ініціальні форми (зерна сортів, замочені у воді).

У поколінні M_1 була оцінена схожість, виживання після зимнього періоду. Посів проводили вручну, в кінці вересня, на глибину 4-5 см і з нормою 100 життєздатних насінин в рядок (довжина 1,5 м), міжряддя 15 см, ділянка 10 рядків між зразками 30 см, контроль на початку для кожного сорту (4 варіанти), повторність однакратна. Визначали фертильність зерен пилку за мікроскопування пофарбованих зразків, відібраних під час цвітіння колосу (досліджували не менш 20 препаратів за кожним варіантом). Під час збирання достиглих варіантів проводили аналіз 25 рослин на основні параметри структури врожайності – 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). Математичну обробку результатів проводили факторним аналізом за допомогою модуля ANOVA, ідентифікацію модельних параметрів мутагенної депресії здійснювали дискримінантним аналізом. У всіх випадках використовували стандартні засоби програми Statistica 8.0.

Виклад основного матеріалу дослідження. Всього було висіяно 32 варіанти, дані щодо схожості та виживання рослин сортів пшениці озимої, що отримали мутагену дію наведені в таблиці 1.

При аналізі отриманого матеріалу по факторам генотип суб'єкту дії (сорт) та підвищення концентрації мутагену (ДАБ) знаходимо що перший фактор діяв з набагато більш високим рівнем для схожості ($F = 77,62$; $F_{0,05} = 3,07$; $P < 0,01$) та виживання ($F = 91,17$; $F_{0,05} = 3,07$; $P < 0,01$), але фактор підвищення концентрації також мав вагоме значення для схожості ($F = 16,22$; $F_{0,05} = 2,49$; $P < 0,01$) та виживання ($F = 21,17$; $F_{0,05} = 2,49$; $P < 0,01$), причому дуже високою була саме генотип-мутагенна взаємодія, сорти демонструвала суттєві відмінності в реакції. Так, не можна сказати, що якась концентрація дуже відзначилась, крім ДАБ 0,3%, чия дія значно відрізнялась в будь-яких випадках.

Щодо депресії по схожості значно відрізнявся сорт Балатон, виживання завжди значимо відрізнялось від схожості, тобто віддалена загибель рослин як наслідок дії мутагену був завжди значимим, але тут більш вразливим виявилися сорти Полянка та Почайна ($F = 9,15$; $F_{0,05} = 2,11$; $P = 0,02$). В деяких випадках дія попарно концентрація 0,1 та 0,2, 0,2 та 0,3% не відрізнялась, що залежало від сорту. Але завжди навіть при дії концентрації 0,1%, що має низьку ушкоджувальну здатність, спостерігали статистично достовірну різницю з контролем.

Таким чином, можна зробити висновок, що показники схожості та виживання доволі надійні індикатори мутагенної депресії в першому поколінні для дії ДАБ. В жодному випадку не спостерігалось напівлетальності або критичності навіть найвищої концентрації – рівень сягав щонайменше 70% від загального обсягу посіяного матеріалу.

Таблиця 1

Схожість та виживання сортів пшениці озимої при дії ДАБ в першому поколінні

Варіант	Схожість		Вживання	
	шт.	%	шт.	%
Балатон, кт.	987	98,7 ± 1,4 ^a	949	94,9 ± 1,1 ^a
Балатон, ДАБ 0,1%	889	88,9 ± 1,6 ^b	862	86,2 ± 1,3 ^b
Балатон, ДАБ 0,2%	812	81,2 ± 1,1 ^c	781	78,1 ± 1,0 ^c
Балатон, ДАБ 0,3%	782	78,2 ± 1,0 ^c	763	76,3 ± 1,6 ^c
Боровиця, кт.	992	99,2 ± 1,6 ^a	990	99,0 ± 1,5 ^a
Боровиця, ДАБ 0,1%	911	91,1 ± 0,9 ^b	882	88,2 ± 1,5 ^b
Боровиця, ДАБ 0,2%	864	86,4 ± 1,2 ^b	804	80,4 ± 1,4 ^c
Боровиця, ДАБ 0,3%	809	80,9 ± 1,7 ^c	756	75,6 ± 1,0 ^d
Зелений Гай, кт.	997	99,7 ± 1,6 ^a	981	98,1 ± 0,9 ^a
Зелений Гай, ДАБ 0,1%	917	91,7 ± 1,2 ^b	892	89,2 ± 0,8 ^b
Зелений Гай, ДАБ 0,2%	865	86,5 ± 1,9 ^b	814	81,4 ± 1,1 ^c
Зелений Гай, ДАБ 0,3%	809	80,9 ± 1,4 ^c	759	75,9 ± 1,2 ^d
Золото України, кт.	992	99,2 ± 1,3 ^a	984	98,4 ± 1,1 ^a
Золото України, ДАБ 0,1%	931	93,1 ± 1,1 ^b	893	89,3 ± 1,2 ^d
Золото України, ДАБ 0,2%	881	88,1 ± 0,8 ^b	832	83,2 ± 1,7 ^c
Золото України, ДАБ 0,3%	803	80,3 ± 1,6 ^c	756	75,6 ± 1,1 ^d
Каланча, кт.	988	98,8 ± 1,5 ^a	980	98,0 ± 1,3 ^a
Каланча, ДАБ 0,1%	924	92,4 ± 1,6 ^b	871	87,1 ± 0,9 ^b
Каланча, ДАБ 0,2%	869	86,9 ± 1,1 ^c	841	84,1 ± 1,2 ^b
Каланча, ДАБ 0,3%	820	82,0 ± 1,0 ^d	760	76,0 ± 1,1 ^c
Нива Одеська, кт.	991	99,1 ± 0,9 ^a	983	98,3 ± 1,3 ^a
Нива Одеська, ДАБ 0,1%	907	90,7 ± 0,7 ^b	863	86,3 ± 1,4 ^b
Нива Одеська, ДАБ 0,2%	867	86,7 ± 1,1 ^c	819	81,9 ± 1,0 ^b
Нива Одеська, ДАБ 0,3%	803	80,3 ± 1,5 ^d	769	76,9 ± 0,9 ^c
Полянка, кт.	990	99,0 ± 1,1 ^a	985	98,5 ± 1,2 ^a
Полянка, ДАБ 0,1%	912	91,2 ± 1,6 ^b	866	86,6 ± 1,7 ^b
Полянка, ДАБ 0,2%	871	87,1 ± 1,3 ^b	817	81,7 ± 1,6 ^c
Полянка, ДАБ 0,3%	814	81,4 ± 1,3 ^c	716	71,6 ± 1,5 ^d
Почайна України, кт.	992	99,2 ± 1,5 ^a	983	98,3 ± 1,6 ^a
Почайна, ДАБ 0,1%	917	91,7 ± 1,7 ^b	865	86,5 ± 1,0 ^b
Почайна, ДАБ 0,2%	855	85,5 ± 0,9 ^b	801	80,1 ± 0,9 ^c
Почайна, ДАБ 0,3%	804	80,4 ± 1,6 ^c	734	73,4 ± 1,2 ^d

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

Слід зазначити, що проходження фенофаз у матеріалі, обробленого ДАБ навіть при дії найвищої концентрації не затримувалось більше ніж на 2–3 дні в порівнянні з контролем, що не можна вважати значимим. Таким чином, явно продемонстровано, що даний агент якраз не відноситься до тих, що викликають істотне зниження життєздатності організму рослини.

Результати аналізу фертильності пилку пшениці озимої наведені в таблиці 2. Можна відразу сказати, що цей показник значимо більш відображає підвищення концентрації мутагену ($F = 47,89$; $F_{0,05} = 2,49$; $P < 0,01$) та менш залежить від генотипу ($F = 8,02$; $F_{0,05} = 3,07$; $P = 0,01$).

Таблиця 2

Фертильність як прояв мутагенної депресії

Сорт	Контроль	ДАБ 0,1%	ДАБ 0,2%	ДАБ 0,3%
Балатон	94,8 ± 0,9 ^a	93,2 ± 0,7 ^a	87,1 ± 1,1 ^b	80,0 ± 1,0 ^c
Боровиця	95,9 ± 0,7 ^a	92,1 ± 1,1 ^b	86,5 ± 0,8 ^c	79,2 ± 0,7 ^d
Зелений Гай	97,2 ± 1,5 ^a	94,0 ± 1,3 ^a	84,9 ± 0,7 ^b	77,3 ± 0,5 ^c
Золото України	98,0 ± 0,8 ^a	92,9 ± 1,1 ^b	85,5 ± 0,9 ^c	78,9 ± 1,2 ^d
Каланча	96,3 ± 0,9 ^a	91,9 ± 1,1 ^b	86,1 ± 1,0 ^c	76,8 ± 1,4 ^d
Нива Одеська	97,8 ± 1,0 ^a	93,6 ± 0,9 ^b	86,6 ± 1,1 ^c	79,2 ± 1,5 ^d
Полянка	95,5 ± 0,8 ^a	94,1 ± 1,3 ^a	85,7 ± 0,8 ^b	78,7 ± 1,3 ^c
Почайна	95,9 ± 0,9 ^a	92,8 ± 0,8 ^b	84,8 ± 0,5 ^b	79,0 ± 1,1 ^c

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

В деяких випадках (сорта Балатон, Зелений Гай, Полянка) фертильність статистично значимо не знижувалась при дії концентрації 0,1% ($F=2,17$; $F_{0,05}=2,49$; $P = 0,07$). Тільки у випадку сорту Почайна не було різниці у дії концентрацій 0,1 та 0,2% ($F=2,26$; $F_{0,05}=2,49$; $P = 0,06$), в усіх варіантах концентрація ДАБ 0,3% значимо відрізнялася в дії від попередньої ($F=9,26$; $F_{0,05}=2,11$; $P = 0,01$). Параметр є надійним показником мутагенну депресії, але навіть в найвищій концентрації стерильність не була такою значною.

В таблиці 3 наведені дані щодо особливостей прояву впливу мутагену на елементи структури врожайності. Проводився аналіз за 9 ознаками, але загальна та продуктивна куцистість, довжина, кількість колосків головного колосу не наведені, оскільки якась варіативність спостерігалась значимо лише при дії ДАБ 0,3%, та й то не завжди.

Ці ознаки слабоваріативні, тому наведені лише середньо- та високоваріативні ознаки висота рослин, озерненість головного колосу, вага зерна з головного колосу та рослини, маса тисячі зерен.

Серед наведених ознак за відтворенням мутагенної депресії виділилися як найбільш достовірні (мінливі під впливом певного мутагену) висота рослини – не відрізняється дія 0,1% ДАБ від контролю в багатьох випадках, іноді дія концентрації ДАБ 0,1 та 0,2%. В усіх випадках чітко ідентифікується дія ДАБ 0,3% ($F=66,34$; $F_{0,05}=2,49$; $P < 0,01$). Лише для сорту Нива Одеська варіативність більш низька ($F=7,12$; $F_{0,05}=2,49$; $P = 0,02$).

МТЗ як ознака майже в усіх випадках чітко демонструє статистично достовірне зниження з підвищенням концентрації ДАБ, крім сортів Балатон та Зелений Гай ($F=16,99$; $F_{0,05}=2,49$; $P < 0,01$), де іноді немає достовірних відмінностей в мутагенної

Таблиця 3

Структур врожайності під впливом ДАБ

Варіант	Висота, см.	Кількість зерен, шт	Вага зерна, г.		МТЗ, г.
			з колосу	з рослини	
Балатон, кт.	76,2 ^a	33,0 ^a	1,01 ^a	2,14 ^a	34,9 ^a
Балатон, ДАБ 0,1 %	74,1 ^b	31,0 ^a	1,00 ^a	2,11 ^a	32,1 ^b
Балатон, ДАБ 0,2 %	73,0 ^b	30,0 ^a	0,89 ^b	2,07 ^a	30,0 ^b
Балатон, ДАБ 0,3 %	70,7 ^c	26,0 ^b	0,87 ^b	1,93 ^b	28,7 ^c
Боровиця, кт.	92,4 ^a	28,0 ^a	0,84 ^a	2,09 ^a	49,6 ^a
Боровиця, ДАБ 0,1 %	90,3 ^a	27,0 ^a	0,76 ^b	2,03 ^a	45,1 ^b
Боровиця, ДАБ 0,2 %	88,7 ^{ab}	27,0 ^a	0,72 ^b	1,90 ^b	42,2 ^c
Боровиця, ДАБ 0,3 %	84,9 ^c	23,0 ^c	0,49 ^c	1,76 ^c	39,1 ^d
Зелений Гай, кт.	94,2 ^a	27,0 ^a	1,05 ^a	2,45 ^a	49,0 ^a
Зелений Гай, ДАБ 0,1 %	93,1 ^a	26,0 ^a	0,93 ^b	2,29 ^a	44,5 ^b
Зелений Гай, ДАБ 0,2 %	90,4 ^b	26,0 ^a	0,82 ^c	2,11 ^{ab}	42,6 ^b
Зелений Гай, ДАБ 0,3 %	86,1 ^c	23,0 ^b	0,79 ^c	1,77 ^c	38,5 ^c
Золото України, кт.	89,9 ^a	22,0 ^a	1,02 ^a	2,67 ^a	43,5 ^a
Золото України, ДАБ 0,1 %	88,4 ^a	22,0 ^a	0,92 ^b	2,56 ^a	40,1 ^b
Золото України, ДАБ 0,2 %	84,8 ^b	21,0 ^a	0,85 ^b	2,41 ^{ab}	36,2 ^c
Золото України, ДАБ 0,3 %	81,7 ^c	19,0 ^a	0,60 ^c	1,91 ^c	32,1 ^d
Каланча, кт.	83,6 ^a	28,0 ^a	1,09 ^a	2,19 ^a	48,1 ^a
Каланча, ДАБ 0,1 %	82,0 ^a	27,0 ^a	0,97 ^b	2,03 ^a	43,0 ^b
Каланча, ДАБ 0,2 %	80,4 ^b	26,0 ^a	0,84 ^c	1,91 ^{ab}	39,1 ^c
Каланча, ДАБ 0,3 %	78,7 ^c	22,0 ^{ab}	0,70 ^d	1,54 ^c	35,2 ^d
Нива Одеська, кт.	82,0 ^a	26,0 ^a	1,18 ^a	2,59 ^a	45,1 ^a
Нива Одеська, ДАБ 0,1 %	81,2 ^a	25,0 ^a	1,02 ^b	2,34 ^a	41,1 ^b
Нива Одеська, ДАБ 0,2 %	79,9 ^{ab}	25,0 ^a	0,93 ^b	2,21 ^{ab}	37,6 ^c
Нива Одеська, ДАБ 0,3 %	76,4 ^c	20,0 ^b	0,79 ^{bc}	1,92 ^c	32,0 ^d
Полянка, кт.	78,3 ^a	27,0 ^a	0,96 ^a	2,17 ^a	37,3 ^a
Полянка, ДАБ 0,1 %	77,0 ^a	27,0 ^a	0,87 ^b	2,05 ^a	33,8 ^b
Полянка, ДАБ 0,2 %	74,2 ^b	23,0 ^{ab}	0,81 ^b	1,81 ^b	31,9 ^c
Полянка, ДАБ 0,3 %	70,1 ^c	22,0 ^b	0,56 ^c	1,19 ^c	27,6 ^d
Почайна, кт.	71,3 ^a	27,0 ^a	1,10 ^a	2,89 ^a	49,8 ^a
Почайна, ДАБ 0,1%	70,7 ^a	26,0 ^a	1,00 ^a	2,61 ^a	42,1 ^b
Почайна, ДАБ 0,2 %	69,2 ^b	25,0 ^a	0,92 ^{ab}	2,34 ^{ab}	36,2 ^c
Почайна, ДАБ 0,3 %	64,1 ^c	22,0 ^{ab}	0,51 ^c	1,72 ^c	34,0 ^d

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

депресії між концентраціями 0,1 та 0,2%. ДАБ 0,3% за проявом депресії як і контроль за відсутністю її відрізняються завжди ($F=34,17$; $F_{0,05}=2,49$; $P < 0,01$).

Ознака кількість зерне з колосу майже не варіює та лише дія концентрації ДАБ 0,3% призводить до значимого зниження та й то не завжди. Взагалі ознака відрізняється низькою мінливістю.

Ознаки вага зерно з головного колосу та вага зерна з рослини в цілому варіюють подібно та подібно реагують по мутагенній депресії на підвищення концентрацій

в цілому, але іноді їх реакція відрізняється в межах окремого генотипу. Низькою варіативністю за ознакою вага зерна з головного колосу відзначився сорт Балатон ($F = 8,69$; $F_{0,05} = 2,49$; $P = 0,01$, за вагою зерна з рослини яскравого прикладу не помічено. Майже в усіх випадках статистично достовірно вирізнялась дія концентрації ДАБ 0,3% як і в попередніх випадках ($F=59,34$; $F_{0,05}=2,49$; $P < 0,01$. Можна зробити висновок, що приблизно в межах цієї концентрації настає достовірно значима зона для депресії незалежно від індивідуальної реакції та стійкості до мутагену генотипу.

Для ідентифікації модельності окремих ознак з огляду на виявлення явища мутагенної депресії бу проведений дискримінантний аналіз за усіма ознаками, що досліджувались у сортів, що отримали мутагену дію (таблиця 4).

Таблиця 4

Результати дискримінантного аналізу за даними структури врожайності сортів, що отримали мутагенну дію (ДАБ)

Змінні в моделі	Коефіцієнт Уїлкса λ	F-remove (4,11)	p-level
Схожість, шт.	0,45	18,34	<0,01
Виживання, шт.	0,44	18,25	<0,01
Фертильність, %	0,52	19,17	<0,01
Висота, см	0,64	22,17	<0,01
Загальна кущистість	0,03	1,03	0,18
Продуктивна кущистість	0,05	1,16	0,19
Довжина головного колосу, см	0,02	1,01	0,19
Кількість колосків, шт.	0,03	0,11	0,14
Зерна з головного колосу, шт.	0,08	2,17	0,09
Вага зерна з головного колосу, гр.	0,20	5,54	0,01
Вага зерна з рослини, гр.	0,19	5,01	0,02
МТЗ, гр.	0,41	18,16	<0,01

В цілому цей аналіз підтвердив класифікацію параметрів на основі факторного аналізу. Як видно, виділилися параметри схожості, виживання, висоти рослини та МТЗ. Також достовірним є використання ваги зерна з головного колосу та ваги зерна з рослини, хоча їх відповідь на концентрацію є не завжди достовірною.

Висновки і пропозиції. ДАБ як мутаген показав доволі слабку ушкоджувальну дію. Прояв мутагенної депресії навіть у найвищій концентрації 0,3% не є значним та дозволяє отримати цілком достатньо життєздатного матеріалу для подальших досліджень. Надійними показниками в ідентифікації мутагенної дії є схожість та виживання, фертильність пилку, висота рослини, маса тисячі зерен. Частково в цьому плані можна використовувати деякі інші показники структури врожайності, але з меншою достовірністю. Ключовим джерелом мінливості для мутагенної депресії при дії ДАБ (чого раніше не відзначалося) є генотип-мутагенна взаємодія, причому фактори генотип та концентрація мутагену здатні варіювати за значимістю перш за все за параметром дослідження в залежності від того наскільки менш опосередкований дією генотипу певний параметр. В подальшому планується дослідити мінливість на клітинному рівні за хромосомними аберациями та перейти до ідентифікації мутацій в другому третьому поколінні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Abdoun A., Mekki L., Hamwiah 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. 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. Asif J. Effect of different pre-treatments on seed germination of *Prosopis juliflora* and *Dalbergia sissoo*: a step towards mutation breeding. *Journal of Forest Science*. 2020. 66. P. 80–88.
 4. Cann D., Hunt J., Rattey A., Porker K. Indirect early generation selection for yield in winter wheat. *Field Crops Research*. 2022. 282. 108505.
 5. Lykhovyd P. V. Seasonal dynamics of normalized difference vegetation index in some winter and spring crops in the South of Ukraine. *Agrology*. 2021. 4(4). P. 187–193.
 6. Mamenko T. P., Yakymchuk R. A. Regulation of physiological processes in winter wheat by growth regulators in conditions of powdery mildew infection. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2019. 10(3). P. 331–336.
 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. Negativnyie posledstviya mutagenного vozdeystviya. *Ecological Genetics*. 2015. 13(4). P. 25–26.
 9. Nazarenko M. Identification and characterization of mutants induced by gamma radiation in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2016. LIX. P. 350–353.
 10. Nazarenko M., Gorschar V., Lykholat Yu., Kovalenko I. Winter wheat mutations by plant height and structure caused by chemical supermutagens. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2020. LXIII (1). P. 443–449.
 11. Shu Q.Y., Forster B.P., Nakagava H., Plant mutation breeding and biotechnology. CABI publishing, Vienna, 2013. P. 611.
 12. Spencer-Lopes M.M., Forster B.P., Jankuloski L. Manual on mutation breeding. Third edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2018. P. 672.
 13. Yali W., Mitiku T. Mutation Breeding and Its Importance in Modern Plant Breeding. *Journal of Plant Sciences*. 2022. 10(2). P. 64–70.
 14. Yakymchuk R. A., Valyuk V. F., Sobolenko, L. Y., Sorokina S. I. Induction of useful mutations in *Triticum aestivum* in the conditions of the radionuclide-contaminated alienation zone of the Chornobyl Power Plant. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2021. 12(3). P. 506–512.
 15. Xicun D., Xia Y., Wenjian L. Plant Mutation Breeding with Heavy Ion Irradiation at IMP. *Journal of Agricultural Science*. 2016. 8(5). P. 34–41.
-