

ДЕПРЕСИВНІ НАСЛІДКИ ДІЇ НІТРОЗОАЛКІЛСЕЧОВИН У ПЕРШОМУ ПОКОЛІННІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

ГОРЩАР В.І. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0001-9175-9749

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

НАЗАРЕНКО М.М. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-6604-0123

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Використання екогенетичних чинників різної природи дії дозволило вже створити велике розмаїття господарсько-цінних форм, що активно використовують у створенні нових сортів культурних рослин, при генетичних дослідженнях з контролю цінних ознак, програмах зі зворотної генетики, для створення принципово нових комбінацій ознак та властивостей, швидкого перетворення вихідного рослинного матеріалу. Залишаються проблемними моменти з ушкоджувальною дією супермутагенів, котра призводить до суттєвого зниження життєздатності отриманої популяції, особливо в першому поколінні [1; 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пшениця озима є ключовою продовольчою культурою для України та світу в цілому. Ураховуючи проблематику зміни клімату, поступово міграції та просування культур на південь в зони, котрі раніше не гарантували стабільно-високих врожаїв генетичне поліпшення цієї культури набуває нового стратегічного значення. Одним з варіантів стабільного стрімкого поліпшення є індуковане біорізноманіття через використання відповідних мутагенних чинників [9; 10].

Використання чинників, що індукують генетичне різноманіття пов'язане з ефектом так званої мутагенної депресії, що призводить до суттєвих проблем з підвищення дози чи концентрації цього чинника з огляду на необхідність отримати достатню кількість життєздатного фертильного матеріалу для дослідження [2; 3].

Основними шляхами вирішення цієї проблеми є застосування менш шкочинних хімічних речовин (так званих супермутагенів), котрі при підвищенні мутаційної активності в 20 – 60 разів за рівнем фізіологічних наслідків не перевищують більш традиційні чинники на кшталт гамма-променів або швидких нейтронів [4; 5].

Іншим шляхом є розробка нових протоколів обробки з урахуванням фізіологічного стану вихідного матеріалу [8], використанням генетично-обумовлених механізмів стійкості до депресивних явищ, викликаних певними факторами, урахування сайт-специфічної природи мінливості при застосуванні хімічних генетично-активних речовин [6; 7].

Мета. За мету ставили виявити можливі депресивні наслідки при застосуванні мутагенів групи нітрузоалкілсечовин (так званих супермутагенів) у першого покоління рослин сортів пшениці озимої м'якої за показниками схожості, виживання, фертильності, структури врожайності для визначення оптимального протоколу

обробки з огляду на отримання необхідної кількості матеріалу для подальших досліджень.

Матеріали та методика досліджень. Застосували як мутагени нітрузоалкілсечовини нітрузоетилсечовину та нітрузометилсечовину (далі тут та по тексті – НЕС та НМС), що відносяться до класу алкілуєчих агентів та відомий своєю здатністю викликати мутагену депресії, але в окремих концентраціях та для окремих генотипів у НЕС стимуляцію та здатність підвищувати частоту мутацій без збільшення рівня фізіологічних порушень.

Насіння 8 сортів пшениці озимої Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна обробляли розчином хімічного мутагену НЕС у концентраціях 0,01 та 0,025%, НМС у концентраціях 0,0125 та 0,025%. Для кожної обробки були використані 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії мутагену становила 18 годин. Для контролю використовували необроблені вихідні ініціальні форми (зерно вихідних форм, замочені у воді).

У поколінні М1 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 однократна. 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.

Результати досліджень. Депресивні наслідки в першому поколінні були на початку досліджень проаналізовані за показниками схожості (через два тижні після посіву оброблених зразків) та виживання (після

закінчення періоду перезимівлі та початку активної вегетації рослин) (таблиця 1). Встановлено, що дія НЕС була менш шкідливою ніж дія НМС ($F = 8,17$; $F_{0,05} = 2,88$; $P = 0,01$). Доволі часто для більшості зразків дії НЕС 0,025% відповідала концентрація НМС 0,0125% (вдвічі менша) та статистичної різниці по загибелі рослин між ними не було ($F = 2,36$; $F_{0,05} = 3,11$; $P = 0,12$).

Також слід зауважити, що при дії НЕС віддалена загибель була набагато менш ймовірною і для багатьох сортів при дії концентрації 0,01% різниця не була статистично достовірною ($F = 2,19$; $F_{0,05} = 3,11$; $P = 0,09$), у той час як НМС характеризувалася високою загибеллю під час перезимівлі зі статистичною значущістю для обох

варіантів ($F = 11,22$; $F_{0,05} = 3,88$; $P = 0,01$). В цілому показники схожості та виживання достовірно демонстрували депресивні наслідки дії як НЕС так і НМС зі зростанням концентрації ($F = 19,45$; $F_{0,05} = 3,62$; $P < 0,01$) та у відповідності для усіх генотипів ($F = 8,16$; $F_{0,05} = 4,11$; $P = 0,01$), що дозволяє нам віднести ці ознаки до тих, що надійно відтворюють факт мутагенної дії для досліджуваних чинників. Зелений Гай, Золото України, Нива Одеська та Полянка були більш вразливі до дії нітрузоалкілсечовин, сорт Почайна – найменш з вагомим відривом.

В таблиці 2 наведені дані щодо дослідження особливостей впливу екогенетичних чинників на фертильність пилку сортів пшениці. Показник більш варіабельний при

Таблиця 1

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

Варіант	Схожість		Вживання	
	шт.	%	шт.	%
Балатон, кт.	987	98,7 ± 1,4 ^a	949	94,9 ± 1,1 ^a
Балатон, НЕС 0,01%	806	80,6 ± 1,2 ^b	797	79,7 ± 1,1 ^b
Балатон, НЕС 0,025%	743	74,3 ± 0,9 ^c	731	73,1 ± 1,4 ^c
Балатон, НМС 0,0125%	752	75,2 ± 1,1 ^c	701	70,1 ± 1,2 ^d
Балатон, НМС 0,025%	689	68,9 ± 1,0 ^d	642	64,2 ± 0,9 ^e
Боровиця, кт.	992	99,2 ± 1,6 ^a	990	99,0 ± 1,5 ^a
Боровиця, НЕС 0,01%	855	85,5 ± 1,0 ^b	843	84,3 ± 1,1 ^b
Боровиця, НЕС 0,025%	792	79,2 ± 1,3 ^c	769	76,9 ± 1,1 ^c
Боровиця, НМС 0,0125%	799	79,9 ± 1,2 ^c	754	75,4 ± 1,1 ^c
Боровиця, НМС 0,025%	706	70,6 ± 1,1 ^d	650	65,0 ± 1,2 ^d
Зелений Гай, кт.	997	99,7 ± 1,6 ^a	981	98,1 ± 0,9 ^a
Зелений Гай, НЕС 0,01%	849	84,9 ± 1,3 ^b	831	83,1 ± 1,0 ^b
Зелений Гай, НЕС 0,025%	788	78,8 ± 1,2 ^c	761	76,1 ± 1,1 ^c
Зелений Гай, НМС 0,0125%	776	77,6 ± 1,2 ^c	730	73,0 ± 1,1 ^d
Зелений Гай, НМС 0,025%	701	70,1 ± 1,0 ^d	614	61,4 ± 1,1 ^e
Золото України, кт.	992	99,2 ± 1,3 ^a	984	98,4 ± 1,1 ^a
Золото України, НЕС 0,01%	845	84,5 ± 0,9 ^b	833	83,3 ± 1,3 ^b
Золото України, НЕС 0,025%	764	76,4 ± 1,4 ^c	743	74,3 ± 1,7 ^c
Золото України, НМС 0,0125%	771	77,1 ± 1,0 ^c	716	71,6 ± 1,0 ^d
Золото України, НМС 0,025%	701	70,1 ± 1,9 ^d	613	61,3 ± 1,3 ^e
Каланча, кт.	988	98,8 ± 1,5 ^a	980	98,0 ± 1,3 ^a
Каланча, НЕС 0,01%	855	85,5 ± 1,0 ^b	848	84,8 ± 1,1 ^b
Каланча, НЕС 0,025%	788	78,8 ± 1,1 ^c	764	76,4 ± 1,1 ^c
Каланча, НМС 0,0125%	777	77,7 ± 1,2 ^c	714	71,4 ± 1,3 ^d
Каланча, НМС 0,025%	716	71,6 ± 1,2 ^d	632	63,2 ± 1,3 ^e
Нива Одеська, кт.	991	99,1 ± 0,9 ^a	983	98,3 ± 1,3 ^a
Нива Одеська, НЕС 0,01%	855	85,5 ± 1,0 ^b	834	83,4 ± 1,2 ^b
Нива Одеська, НЕС 0,025%	799	79,9 ± 1,3 ^c	773	77,3 ± 1,1 ^c
Нива Одеська, НМС 0,0125%	783	78,3 ± 1,3 ^c	750	75,0 ± 0,7 ^c
Нива Одеська, НМС 0,025%	706	70,6 ± 1,8 ^d	614	61,4 ± 1,9 ^d
Полянка, кт.	990	99,0 ± 1,1 ^a	985	98,5 ± 1,2 ^a
Полянка, НЕС 0,01%	866	86,6 ± 1,4 ^b	835	83,5 ± 1,4 ^b
Полянка, НЕС 0,025%	788	78,8 ± 1,6 ^c	732	73,2 ± 1,3 ^c
Полянка, НМС 0,0125%	800	80,0 ± 1,7 ^c	714	71,4 ± 1,5 ^c
Полянка, НМС 0,025%	717	71,7 ± 1,3 ^d	614	61,4 ± 1,9 ^d
Почайна України, кт.	992	99,2 ± 1,5 ^a	983	98,3 ± 1,6 ^a
Почайна, НЕС 0,01%	842	84,2 ± 1,3 ^b	819	81,9 ± 1,0 ^b
Почайна, НЕС 0,025%	807	80,7 ± 1,2 ^c	779	77,9 ± 1,4 ^c
Почайна, НМС 0,0125%	782	78,2 ± 1,5 ^c	716	71,6 ± 1,3 ^d
Почайна, НМС 0,025%	744	74,4 ± 1,9 ^d	689	68,9 ± 1,8 ^e

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

Таблиця 2

Фертильність як наслідок дії мутагенів

Сорт	Контроль	НЕС 0,01%	НЕС 0,025%	НМС 0,0125%	НМС 0,025%
Балатон	94,8 ± 0,9 ^a	84,3 ± 1,2 ^b	79,6 ± 1,1 ^c	77,1 ± 1,4 ^c	70,5 ± 2,1 ^d
Боровиця	95,9 ± 0,7 ^a	83,2 ± 0,9 ^b	76,4 ± 0,9 ^c	77,0 ± 0,9 ^c	69,2 ± 1,4 ^d
Зелений Гай	97,2 ± 1,5 ^a	80,6 ± 1,7 ^b	75,9 ± 1,1 ^c	76,1 ± 0,9 ^c	71,2 ± 1,3 ^d
Золото України	98,0 ± 0,8 ^a	81,4 ± 1,2 ^b	76,7 ± 1,4 ^c	77,5 ± 1,4 ^c	68,8 ± 1,6 ^d
Каланча	96,3 ± 0,9 ^a	83,2 ± 1,2 ^b	74,7 ± 1,5 ^c	75,1 ± 1,3 ^c	70,7 ± 1,8 ^d
Нива Одеська	97,8 ± 1,0 ^a	81,8 ± 1,4 ^b	75,0 ± 1,7 ^c	76,4 ± 1,3 ^c	69,5 ± 1,2 ^d
Полянка	95,5 ± 0,8 ^a	82,5 ± 0,9 ^b	77,1 ± 1,4 ^c	79,2 ± 1,8 ^c	73,6 ± 1,5 ^d
Почайна	95,9 ± 0,9 ^a	82,4 ± 0,5 ^b	76,5 ± 1,3 ^c	78,5 ± 1,2 ^c	72,0 ± 1,1 ^d

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

Таблиця 3

Структур врожайності під впливом нітрозоалкілсечовин

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, НЕС 0,01%	72,3 ^b	30,0 ^b	0,82 ^b	2,10 ^a	31,0 ^b
Балатон, НЕС 0,025%	70,1 ^b	29,0 ^b	0,79 ^b	2,02 ^b	29,1 ^c
Балатон, НМС 0,0125%	70,0 ^b	28,0 ^b	0,80 ^b	1,99 ^b	28,9 ^c
Балатон, НМС 0,025%	67,5 ^c	26,0 ^{bc}	0,70 ^c	1,62 ^c	24,1 ^d
Боровиця, кт.	92,4 ^a	28,0 ^a	0,84 ^a	2,09 ^a	49,6 ^a
Боровиця, НЕС 0,01%	87,2 ^b	26,0 ^a	0,73 ^b	1,91 ^b	44,0 ^b
Боровиця, НЕС 0,025%	83,4 ^c	24,0 ^b	0,61 ^c	1,63 ^c	38,4 ^c
Боровиця, НМС 0,0125%	86,1 ^b	24,0 ^b	0,63 ^c	1,60 ^c	37,0 ^d
Боровиця, НМС 0,025%	80,3 ^d	23,0 ^b	0,50 ^d	1,41 ^d	35,1 ^e
Зелений Гай, кт.	94,2 ^a	27,0 ^a	1,05 ^a	2,45 ^a	49,0 ^a
Зелений Гай, НЕС 0,01%	85,0 ^b	26,0 ^a	0,80 ^b	1,75 ^b	37,9 ^b
Зелений Гай, НЕС 0,025%	82,4 ^c	24,0 ^b	0,71 ^b	1,61 ^c	35,0 ^c
Зелений Гай, НМС 0,0125%	82,0 ^c	23,0 ^b	0,72 ^b	1,52 ^c	35,1 ^c
Зелений Гай, НМС 0,025%	79,6 ^d	22,0 ^b	0,61 ^c	1,11 ^d	32,2 ^d
Золото України, кт.	89,9 ^a	22,0 ^a	1,02 ^a	2,67 ^a	43,5 ^a
Золото України, НЕС 0,01%	82,9 ^b	21,0 ^a	0,90 ^b	2,29 ^b	41,0 ^b
Золото України, НЕС 0,025%	80,2 ^c	20,0 ^a	0,81 ^c	2,01 ^c	38,1 ^b
Золото України, НМС 0,0125%	80,4 ^c	20,0 ^a	0,77 ^c	1,93 ^c	37,0 ^c
Золото України, НМС 0,025%	76,1 ^d	18,0 ^{ab}	0,50 ^d	1,41 ^d	34,1 ^d
Каланча, кт.	83,6 ^a	28,0 ^a	1,09 ^a	2,19 ^a	48,1 ^a
Каланча, НЕС 0,01%	80,9 ^b	26,0 ^a	0,91 ^b	2,00 ^b	42,6 ^b
Каланча, НЕС 0,025%	77,1 ^b	25,0 ^a	0,71 ^c	1,75 ^c	37,9 ^c
Каланча, НМС 0,0125%	74,3 ^c	21,0 ^b	0,72 ^c	1,47 ^d	34,8 ^d
Каланча, НМС 0,025%	70,9 ^d	21,0 ^b	0,62 ^d	1,23 ^e	30,1 ^e
Нива Одеська, кт.	82,0 ^a	21,0 ^a	1,18 ^a	2,59 ^a	45,1 ^a
Нива Одеська, НЕС 0,01%	75,6 ^b	20,0 ^a	0,94 ^b	2,21 ^b	41,7 ^b
Нива Одеська, НЕС 0,025%	72,5 ^c	21,0 ^a	0,81 ^c	1,91 ^c	38,1 ^c
Нива Одеська, НМС 0,0125%	72,3 ^c	20,0 ^a	0,85 ^c	1,78 ^d	36,0 ^d
Нива Одеська, НМС 0,025%	70,4 ^d	18,0 ^a	0,62 ^d	1,39 ^c	33,1 ^e
Полянка, кт.	78,3 ^a	27,0 ^a	0,96 ^a	2,17 ^a	37,3 ^a
Полянка, НЕС 0,01%	73,9 ^b	25,0 ^{ab}	0,81 ^b	1,81 ^b	33,6 ^b
Полянка, НЕС 0,025%	70,1 ^c	24,0 ^b	0,70 ^c	1,52 ^c	31,0 ^c
Полянка, НМС 0,0125%	70,2 ^c	23,0 ^b	0,72 ^c	1,41 ^c	31,5 ^c
Полянка, НМС 0,025%	68,0 ^d	20,0 ^c	0,56 ^d	1,15 ^d	28,1 ^d
Почайна України, кт.	71,3 ^a	27,0 ^a	1,10 ^a	2,89 ^a	49,8 ^a
Почайна, НЕС 0,01%	66,1 ^b	26,0 ^a	0,91 ^b	2,17 ^b	42,7 ^b
Почайна, НЕС 0,025%	62,9 ^c	25,0 ^a	0,82 ^c	1,79 ^c	39,4 ^c
Почайна, НМС 0,0125%	63,0 ^c	24,0 ^{ab}	0,58 ^d	1,60 ^d	36,5 ^d
Почайна, НМС 0,025%	60,3 ^d	20,0 ^c	0,42 ^e	1,00 ^e	34,0 ^e

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

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

Змінні в моделі	Коефіцієнт Уїлкса λ	F-remove (4,55)	p-level
Схожість, шт.	0,48	23,16	<0,01
Вживання, шт.	0,39	14,99	<0,01
Фертильність, %	0,49	22,10	<0,01
Висота, см	0,43	21,14	<0,01
Загальна кущистість	0,04	1,54	0,19
Продуктивна кущистість	0,04	1,76	0,18
Довжина головного колосу, см	0,03	1,56	0,19
Кількість колосків, шт.	0,06	2,18	0,13
Зерна з головного колосу, шт.	0,09	2,34	0,09
Вага зерна з головного колосу, гр.	0,21	7,19	0,01
Вага зерна з рослини, гр.	0,20	6,92	0,01
МТЗ, гр.	0,44	20,76	<0,01

дії кожної концентрації ніж попередній. Але, можна сказати, що мутагени менш впливають на фертильність досліджуваних генотипів ніж вплинули на виживання. Крім того, вплив більш рівномірний з огляду на окремі генотипи, хоча й цей чинник був вагомим при факторному аналізі ($F = 5,07$; $F_{0,05} = 4,11$; $P = 0,03$), в той час як для фактору концентрація ($F = 25,17$; $F_{0,05} = 3,62$; $P < 0,01$). НМС більш сильно підвищив стерильність отриманого матеріалу, ніж НЕС ($F = 17,83$; $F_{0,05} = 3,88$; $P < 0,01$).

Таким чином як показник фертильність пилку значано перевищує за мінливістю по концентраціях попередній варіант. Разом з тим, значення генотипу суттєво падає. Так, в цілому для варіанту НЕС 0,01% характерна фертильність на рівні 80–85%, для НЕС 0,025% рівне фертильності становив 75–80%, для НМС 0,0125% 75–80%, у НМС 0,025% 68–74%. Тобто з одного боку достатньо, щоб забезпечити ефективне запилення, з іншого – дія концентрацій НЕС 0,025% та НМС 0,0125% знову суттєво не відрізнялась в усіх випадках.

В таблиці 3 наведені дані щодо впливу мутагенів на окремі елементи структури врожайності. Проводився аналіз за 9 ознаками, але загальна та продуктивна кущистість, довжина, кількість колосків головного колосу не наведені, оскільки якась варіативність спостерігалась значімо лише при дії НМС 0,025% та тільки в окремих випадках при дії менш активних концентрацій. Ці ознаки слабковаріативні, 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 – завжди відрізнялися від контролю дії усіх концентрацій, в деяких генотипів немає різниці між НЕС 0,01% та НЕС 0,025% ($F = 3,14$; $F_{0,05} = 3,55$; $P = 0,09$), НЕС 0,025% та НМС 0,0125% ($F = 1,93$; $F_{0,05} = 3,55$; $P = 0,11$). В усіх випадках чітко ідентифікується дія НМС 0,025% ($F = 93,17$; $F_{0,05} = 3,55$; $P < 0,01$). Підтверджено високий вплив генотипу ($F = 11,10$; $F_{0,05} = 3,55$; $P < 0,01$), зростання концентрації

($F = 29,19$; $F_{0,05} = 3,55$; $P < 0,01$) та природи мутагенного чинника ($F = 5,14$; $F_{0,05} = 3,55$; $P = 0,02$).

МТЗ як ознака майже в усіх випадках чітко демонструє статистично достовірне зниження з підвищенням концентрації нітрозоалкілсечовин, крім окремих випадків при переході від концентрації НЕС 0,025% до НМС 0,0125% в одному випадку між концентраціями НЕС ($F = 11,33$; $F_{0,05} = 3,14$; $P = 0,01$), де іноді немає достовірних відмінностей в мутагенній депресії. Завжди відрізняється за проявом депресії з контролем ($F = 28,11$; $F_{0,05} = 2,49$; $P < 0,01$). Підтверджено високий вплив генотипу ($F = 31,92$; $F_{0,05} = 3,55$; $P < 0,01$), зростання концентрації ($F = 48,17$; $F_{0,05} = 3,55$; $P < 0,01$) та природи мутагенного чинника ($F = 9,77$; $F_{0,05} = 3,55$; $P < 0,01$). Таким чином, ці ознаки є надійним показником мутагенної депресії.

Ознака кількість зерне з колосу майже не варіює та лише дія концентрації НМС 0,025% завжди призводить до значимого зниження. Взагалі ознака відрізняється низькою мінливістю.

Ознаки вага зерно з головного колосу та вага зерна з рослини в цілому варіюють більш-менш подібно та подібно реагують по мутагенній депресії на підвищення концентрацій в цілому, але іноді їх реакція відрізняється в межах окремого генотипу. Підтверджено високий вплив генотипу ($F = 13,14$; $F_{0,05} = 3,55$; $P < 0,01$), зростання концентрації ($F = 18,96$; $F_{0,05} = 3,55$; $P < 0,01$) та природи мутагенного чинника ($F = 4,14$; $F_{0,05} = 3,55$; $P = 0,03$).

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

В результаті достовірно виділили такі ознаки як схожість, виживання, фертильність, висота рослин та МТЗ. Непогано також відтворюють мутагенну депресію показники вага зерна з головного колосу та вага зерна з рослини. Інші показники демонструють зниження лише при високих концентраціях нітрозоалкілсечовин.

Висновки. Нітрозоалкілсечовини як супермутагени показали суттєву більш високу депресію за показниками в першому поколінні ніж раніше досліджений 1,4-бідіазоацетилбутан (ДАБ), але навіть вищі концентрації з застосованих не призвели до критичного чи навіть напівлетального зниження показників онтогенезу у рослин першого покоління, тому застосовані концентрації слід вважати прийнятними до практичного використання. За своєю ушкоджувальною здатністю НЕС суттєво поступається НМС. Модельними для виявлення мутагенної депресії подібно до ДАБ виявились показники схожості, виживання (в меншій ступені ніж для ДАБ), фертильності, висоти рослини та маси тисячі зерен, але генотип-мутагенна специфічність суттєво знизилась, особливо для показника зниження фертильності, роль концентрації навпаки, виросла. Тобто добрані концентрації більш контрастні в дії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Abdoun A., Mekki L., Hamwiah A., Badr A. (2022). Effects of γ -radiation on chickpea (*Cicer arietinum*) varieties and their tolerance to salinity stress. *Acta Agriculturae Slovenica*, 118(2), 1–16. doi: 10.14720/aas.2022.118.2.2538
- Cann D., Hunt J., Rattey A., Porker K. (2022). Indirect early generation selection for yield in winter wheat. *Field Crops Research*, 282, 108505. doi: 10.1016/j.fcr.2022.108505
- Mamenko T. P., Yakymchuk R. A. (2019). Regulation of physiological processes in winter wheat by growth regulators in conditions of powdery mildew infection. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(3), 331–336. doi: 10.15421/021951
- Mangi N., Baloch A., Khaskheli N., Ali M., Afzal W. (2021). Multivariate Analysis for Evaluation of Mutant Bread Wheat Lines Using Metric Traits. *Integrative Plant Sciences*, 1(1), 29–34. <https://doi.org/10.52878/ipsci.2021.1.1.4>
- Nazarenko M. (2016). Identification and characterization of mutants induced by gamma radiation in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LIX, 350–353.
- Nazarenko M., Gorschar V., Lykholat Yu., Kovalenko I. (2020). Winter wheat mutations by plant height and structure caused by chemical supermutagens. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXIII(1), 443–449.
- Shu Q.Y., Forster B.P., Nakagava H., Plant mutation breeding and biotechnology. CABI publishing, Vienna, 2013. P. 611.
- 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.
- Yali W., Mitiku T. (2022). Mutation Breeding and Its Importance in Modern Plant Breeding. *Journal of Plant Sciences*, 10(2), 64–70. doi: 10.11648/j.jps.20221002.13
- Yakymchuk R. A., Valyuk V. F., Sobolenko, L. Y., Sorokina S. I. (2021). Induction of useful mutations in *Triticum aestivum* in the conditions of the radionuclide-contaminated alienation zone of the Chernobyl Power Plant. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12(3), 506–512. doi:10.15421/022169
- Xicun D., Xia Y., Wenjian L. (2016). Plant Mutation Breeding with Heavy Ion Irradiation at IMP. *Journal of Agricultural Science*, 8(5), 34–41. doi: 10.5539/jas.v8n5p34

REFERENCES:

- Abdoun A., Mekki L., Hamwiah A., Badr A. (2022). Effects of γ -radiation on chickpea (*Cicer arietinum*) varieties and their tolerance to salinity stress. *Acta Agriculturae Slovenica*, 118(2), 1–16. doi: 10.14720/aas.2022.118.2.2538
- Cann D., Hunt J., Rattey A., Porker K. (2022). Indirect early generation selection for yield in winter wheat. *Field Crops Research*, 282, 108505. doi: 10.1016/j.fcr.2022.108505
- Mamenko T. P., Yakymchuk R. A. (2019). Regulation of physiological processes in winter wheat by growth regulators in conditions of powdery mildew infection. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(3), 331–336. doi: 10.15421/021951
- Mangi N., Baloch A., Khaskheli N., Ali M., Afzal W. (2021). Multivariate Analysis for Evaluation of Mutant Bread Wheat Lines Using Metric Traits. *Integrative Plant Sciences*, 1(1), 29–34. <https://doi.org/10.52878/ipsci.2021.1.1.4>
- Nazarenko M. (2016). Identification and characterization of mutants induced by gamma radiation in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LIX, 350–353.
- Nazarenko M., Gorschar V., Lykholat Yu., Kovalenko I. (2020). Winter wheat mutations by plant height and structure caused by chemical supermutagens. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXIII(1), 443–449.
- Shu Q.Y., Forster B.P., Nakagava H., Plant mutation breeding and biotechnology. CABI publishing, Vienna, 2013. P. 611.
- 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.
- Yali W., Mitiku T. (2022). Mutation Breeding and Its Importance in Modern Plant Breeding. *Journal of Plant Sciences*, 10(2), 64–70. doi: 10.11648/j.jps.20221002.13
- Yakymchuk R. A., Valyuk V. F., Sobolenko, L. Y., Sorokina S. I. (2021). Induction of useful mutations in *Triticum aestivum* in the conditions of the radionuclide-contaminated alienation zone of the Chernobyl Power Plant. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12(3), 506–512. doi:10.15421/022169
- Xicun D., Xia Y., Wenjian L. (2016). Plant Mutation Breeding with Heavy Ion Irradiation at IMP. *Journal of Agricultural Science*, 8(5), 34–41. doi: 10.5539/jas.v8n5p34

Горщар В.І., Назаренко М.М. Депресивні наслідки дії нітрозоалкілсечовин у першому поколінні пшениці озимої

Генеральною тенденцією є генетичне поліпшення пшениці озимої, одним з варіантів котрого є індуковане біорізноманіття через використання відповідних мутагенних чинників. **Мета.** За мету ставили виявити можливі депресивні наслідки при застосування мутагенів групи нітрозоалкілсечовин у першого покоління рослин сортів пшениці озимої м'якої за показниками схожості, виживання, фертильності, структури врожайності для визна-

чення оптимального протоколу обробки з огляду на отримання необхідної кількості матеріалу для подальших досліджень. **Методи:** Насіння 8 сортів пшениці озимої Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна обробляли розчином хімічного мутагену НЕС у концентраціях 0,01 та 0,025%, НМС у концентраціях 0,0125 та 0,025%. У поколінні M₁ була оцінена схожість, виживання, фертильність зерен пилку, проводили аналіз параметрів структури врожайності. **Результати.** Встановлено, що дія НЕС була менш шкідливою ніж дія НМС. Доволі часто для більшості зразків дії НЕС 0,025% відповідала концентрація НМС 0,0125%. При дії НЕС віддалена загибель була набагато менш ймовірною, у той час як НМС характеризувалася високою загибеллю під час перезимівлі. Мутагени менш впливають на фертильність досліджуваних генотипів ніж вплинули на виживання. Він більш рівномірний з огляду на окремі генотипи, НМС більш сильно підвищив стерильність отриманого матеріалу, ніж НЕС. Серед параметрів структури за відтворенням мутагенної депресії виділилися як найбільш достовірні висота рослини, МТЗ. Ознака кількість зерен з колосу майже не варіює. Ознаки вага зерно з головного колосу та вага зерна з рослини в цілому варіюють у відповідності з підвищенням концентрацій в цілому, але іноді їх реакція відрізняється в межах окремого генотипу. **Висновки.** Дія нітрозозалкілсечовини не призвела до критичного чи навіть напівлетального зниження показників онтогенезу у рослин першого покоління, тому застосовані концентрації слід вважати прийнятними до практичного використання. За своєю ушкоджувальною здатністю нітрозозалкілсечовина суттєво поступається нітрозометилсечовині. Модельними для виявлення мутагенної діяльності виявились показники схожості, виживання, фертильності, висоти рослини та маси тисячі зерен, але генотип-мутагенна специфічність суттєво знизилась.

Ключові слова: пшениця озима, мутагенна депресія, нітрозозалкілсечовини.

Horshchar V.I., Nazarenko M.M. Depressive effects of nitrosoalkylureas at the winter wheat first generation

The general trend is the genetic improvement of winter wheat, one of the variants of which is induced biodiversity

through the use of appropriate mutagenic factors. **Purpose.** The aim was to identify possible depressive effects when using mutagens of the nitrosoalkylureas group in the first generation of plants of soft winter wheat varieties based on indicators of germination, survival, fertility, and yield structure in order to determine the optimal processing protocol in view of obtaining the necessary amount of material for further research. **Methods:** Seeds 8 winter wheat varieties of Balaton, Borovytsia, Zeleny Gai, Zoloto Ukrainy, Kalancha, Niva Odeska, Polyanka, Pochayna were treated with a solution of the chemical mutagen NEU in concentrations of 0.01 and 0.025%, NMU in concentrations of 0.0125 and 0.025%. Germination, survival, and fertility of pollen grains were evaluated in the M₁ generation, and the parameters of the yield structure were analyzed. **Results.** It was established that the action of NEU was less harmful than the action of NMU. Quite often, for most samples, 0.025% HEU action corresponded to 0.0125% NMU concentration. With NEU, remote mortality was much less likely, while NMU was characterized by high mortality during overwintering. Mutagens have less influence on the fertility of the studied genotypes than they have on survival. It is more uniform with regard to individual genotypes, NMU increased the sterility of the obtained material more than HEU. Among the parameters of the structure based on the reproduction of mutagenic depression, the most reliable plant height and TGW stood out. The sign of the number of grains from an ear almost does not vary. Signs weight of grain from the main ear and weight of grain from the plant as a whole vary in accordance with the increase in concentrations as a whole, but sometimes their reaction differs within a separate genotype. **Findings.** The action of nitrosoalkylureas did not lead to a critical or even semilethal decrease in ontogenesis indicators in first-generation plants, so the applied concentrations should be considered acceptable for practical use. In terms of its damaging ability, nitrosoethylurea is significantly inferior to nitrosomethylurea. Indicators of germination, survival, fertility, plant height and weight of one thousand grains turned out to be model for detecting mutagenicity, but the genotype-mutagenic specificity decreased significantly.

Key words: winter wheat, mutagenic depression, nitrosoalkylureas.