

## ЦИТОГЕНЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ НІТРОЗОМЕТИЛСЕЧОВИНИ У ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

ГОРЩАР В.І. – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0001-9175-9749](https://orcid.org/0000-0001-9175-9749)

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

НАЗАРЕНКО М.М. – доктор сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0002-6604-0123](https://orcid.org/0000-0002-6604-0123)

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Постановка проблеми.** Хімічні супермутагени алкільної групи відносяться до високогенотоксичних сполук, індукція мутацій в котрих істотно підвищена, але й доволі суттєвий вже вплив на життєздатність рослин і за цим показником виграш в порівнянні з фізичними мутагенними чинниками вже не такий вагомий. Але даний чинник здатен проявляти високу сайт-специфічність та індукувати окремі типи мутацій (строки стиглості, висота стебла, структура колосу) з підвищеною частотою (у 1,5–2 рази більше від споріднених речовин) [1, 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При моніторингових дослідженнях особливостей активності хімічного супермутагену особливе значення мають такі параметри як загальна частота хромосомних порушень, пропорції окремих типів перебудов, наявність окремих типів аберацій [2]. Досліджуючи динаміку частоти аберацій можна робити висновки щодо порогового значення даного агента для практичного застосування з метою поліпшення властивостей даного генотипу [6, 7].

Специфікою дії хімічних агентів є їх висока спорідненість до структури ДНК окремих ділянок геному, що виражається і більш високому рівні генотип-мутагенної взаємодії [4, 5].

Окремі генотипи здатні демонструвати різні механізми генетично-обумовленої стійкості до ушкоджувальної дії хімічних супермутагенів та, таким чином, специфічний тип мінливості [8, 9].

Коректний добір концентрації та природи мутагенного чинника починається зі встановлення особливостей його цитогенетичної активності при застосуванні для конкретного суб'єкту та може доволі суттєво варіювати в залежності від особливостей генетичного контролю [10].

**Мета.** Метою було показати відмінності в цитогенетичній активності за частотами та спектром хромосомних перебудов у клітинах меристеми первинної кореневої системи у пшениці озимої в першому поколінні, показати ключові параметри в залежності від генотипу та концентрації.

**Матеріали та методика досліджень.** Насіння 8 сортів пшениці озимої Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна обробляли розчином хімічного мутагену нітрозометилсечовини (НМС) у концентраціях 0,0125 та 0,025%. Для кожної обробки були використані 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії мутагену становила 18 годин.

Методом світлової мікроскопії проводили аналіз хромосомних аберацій на препаратах мітозів верхі-

вок первинних коренів сортів озимої пшениці на пізній стадії метафази та ранній анафазі. Після обробки НЕС частини верхівок коренів культивували в чашках Петрі на фільтрувальному папері з дистильованою водою в термостаті за температури + 20–22°C. Після цього частину зразків довжиною 0,8–1,0 см зрізали та фіксували протягом 24 годин у розчині Кларка, який складається з 3 частин 96% етилового спирту та 1 частини очної кислоти. Для кожного варіанту готували близько 25–30 коренів. Цитологічні дослідження забезпечували тимчасовими препаратами, забарвленими ацетокарміном. Зразки оцінювали за допомогою світлового мікроскопа Micromed XS-3330 (множення в 600 разів) з камерою 5М. У кожному варіанті міститься приблизно 1000 рослинних клітин на відповідних стадіях. Статистичний аналіз даних проводився програмою Statistica 10.0. Відмінності між відборами визначали за допомогою однофакторного аналізу (ANOVA) і вважали надійними при  $P < 0,05$ . Відмінності між зразками оцінювали за допомогою тесту Тьюкі HSD.

**Результати досліджень.** Представлені в таблиці 1 частоти хромосомних перебудов незначно перебували під впливом фактору генотипу ( $F = 2,17$ ;  $F_{0,05} = 2,76$ ;  $P = 0,08$ ), але підвищення концентрації НМС впливало з високою силою та достовірністю ( $F = 567,17$ ;  $F_{0,05} = 3,73$ ;  $P = 2,43 \cdot 10^{-17}$ ). Однак окремі генотипи все ж значимо виділилися при попарному порівнянні. Це стосується сорту Зелений Гай ( $F = 2,96$ ;  $F_{0,05} = 2,48$ ;  $P = 0,05$ ) та сорту Боровиця ( $F = 2,67$ ;  $F_{0,05} = 2,48$ ;  $P = 0,05$ ), які виявилися відповідно більш та менш стійкими ніж інші (нижча та вища частоти аберацій). Частота хромосомних аберацій змінювалася від 5,90% (сорт Зелений Гай) до 9,94% (сорт Боровиця) при дії НМС 0,0125%, за дії НМС 0,025% від 8,36% (сорт Зелений Гай) до 12,89% (сорт Боровиця). Таким чином, в цілому цитогенетична активність даного мутагену була більш високою, ніж інших типів.

Щодо спектру перебудов хромосомного апарату клітини (таблиці 2 та 3) досліджували такі показники як фрагменти (одинарні та подвійні, які в цілому більш характерні для дії хімічних супермутагенів), мости (також одинарні – хроматидні – та подвійні – хромосомні), а також інші, більш рідкісні аберації таких як мікроядра, відстаючі хромосоми. Окремо враховувалися клітини з множинними хромосомними абераціями (комплексними), які є досить потужним інтегративним показником впливу мутагену.

Для сумарної частоти фрагментів і подвійних фрагментів суттєвої різниці за фактором генотип не вияв-

Таблиця 1

Частота хромосомних аберацій при дії НМС ( $x \pm SD$ ,  $n = 25$ )

Сорт	Варіант	Мітозів, шт.	Хромосомних аберацій	
			шт.	%
Балатон	вода	1002	10	1,00 ± 0,12 <sup>a</sup>
Балатон	НМС 0,0125%	1003	80	7,98 ± 0,24 <sup>b</sup>
Балатон	НМС 0,025%	1002	113	11,28 ± 0,38 <sup>c</sup>
Зелений Гай	вода	1005	9	0,89 ± 0,32 <sup>a</sup>
Зелений Гай	НМС 0,0125%	1000	69	6,90 ± 0,26 <sup>b</sup>
Зелений Гай	НМС 0,025%	1005	84	8,36 ± 0,31 <sup>c</sup>
Золото України	вода	1001	8	0,80 ± 0,21 <sup>a</sup>
Золото України	НМС 0,0125%	1006	91	9,05 ± 0,25 <sup>b</sup>
Золото України	НМС 0,025%	1007	115	11,42 ± 0,34 <sup>c</sup>
Нива Одеська	вода	1009	8	0,79 ± 0,23 <sup>a</sup>
Нива Одеська	НМС 0,0125%	1003	88	8,77 ± 0,22 <sup>b</sup>
Нива Одеська	НМС 0,025%	1003	107	10,67 ± 0,29 <sup>c</sup>
Боровиця	вода	1001	7	0,70 ± 0,20 <sup>a</sup>
Боровиця	НМС 0,0125%	1006	100	9,94 ± 0,29 <sup>b</sup>
Боровиця	НМС 0,025%	1001	129	12,89 ± 0,38 <sup>c</sup>
Каланча	вода	1000	10	1,00 ± 0,15 <sup>a</sup>
Каланча	НМС 0,0125%	1002	85	8,48 ± 0,28 <sup>b</sup>
Каланча	НМС 0,025%	1001	112	11,19 ± 0,39 <sup>c</sup>
Полянка	вода	1007	6	0,60 ± 0,26 <sup>a</sup>
Полянка	НМС 0,0125%	1000	91	9,10 ± 0,32 <sup>b</sup>
Полянка	НМС 0,025%	1009	114	11,30 ± 0,35 <sup>c</sup>
Почайна	вода	1005	8	0,80 ± 0,06 <sup>a</sup>
Почайна	НМС 0,0125%	1010	87	8,61 ± 0,22 <sup>b</sup>
Почайна	НМС 0,025%	1005	110	10,95 ± 0,25 <sup>c</sup>

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

Таблиця 2

Спектр хромосомних аберацій при дії НМС. Перша група ( $x$ ,  $n = 25$ )

Варіант	Фрагменти		Мости		фрагменти/ мости	інші		комплексні	
	шт.	%	шт.	%		шт.	%	шт.	%
Балатон	4 <sup>a</sup>	40,00	4 <sup>a</sup>	40,00	1,00	1 <sup>a</sup>	10,00	0 <sup>a</sup>	0,00
Балатон, НМС 0,0125%	46 <sup>b</sup>	57,50	20 <sup>b</sup>	25,00	2,30	14 <sup>b</sup>	17,50	23 <sup>b</sup>	28,75
Балатон, НМС 0,025%	62 <sup>c</sup>	54,87	32 <sup>c</sup>	28,32	1,94	19 <sup>b</sup>	16,81	28 <sup>b</sup>	24,78
Зелений Гай	4 <sup>a</sup>	44,44	3 <sup>a</sup>	33,33	1,33	2 <sup>a</sup>	22,22	0 <sup>a</sup>	0,00
Зелений Гай, НМС 0,0125%	35 <sup>b</sup>	50,72	21 <sup>b</sup>	30,43	1,67	13 <sup>b</sup>	18,84	17 <sup>b</sup>	24,64
Зелений Гай, НМС 0,025%	42 <sup>c</sup>	50,00	23 <sup>b</sup>	27,38	1,83	19 <sup>c</sup>	22,62	22 <sup>b</sup>	26,19
Золото України	5 <sup>a</sup>	62,50	3 <sup>a</sup>	37,50	1,67	0 <sup>a</sup>	0,00	0 <sup>a</sup>	0,00
Золото України, НМС 0,0125%	49 <sup>b</sup>	53,85	29 <sup>b</sup>	31,87	1,69	13 <sup>b</sup>	14,29	18 <sup>b</sup>	19,78
Золото України, НМС 0,025%	61 <sup>c</sup>	53,04	35 <sup>c</sup>	30,43	1,74	19 <sup>c</sup>	16,52	29 <sup>c</sup>	25,22
Нива Одеська	4 <sup>a</sup>	50,00	3 <sup>a</sup>	37,50	1,33	1 <sup>a</sup>	12,50	1 <sup>a</sup>	12,50
Нива Одеська, НМС 0,0125%	52 <sup>b</sup>	59,09	19 <sup>b</sup>	21,59	2,74	17 <sup>b</sup>	19,32	22 <sup>b</sup>	25,00
Нива Одеська, НМС 0,025%	63 <sup>c</sup>	58,88	22 <sup>b</sup>	20,56	2,86	22 <sup>b</sup>	20,56	29 <sup>c</sup>	27,10

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

Таблиця 3

## Спектр хромосомних аберацій при дії НМС. Друга група (x, n = 25)

Варіант	Фрагменти		Мости		фрагменти/ мости	інші		комплексні	
	шт.	%	шт.	%		шт.	%	шт.	%
Боровиця	3 <sup>a</sup>	42,9	3 <sup>a</sup>	42,9	1,0	1 <sup>a</sup>	14,3	0 <sup>a</sup>	0,0
Боровиця, НМС 0,0125%	55 <sup>b</sup>	55,0	22 <sup>b</sup>	22,0	2,5	23 <sup>b</sup>	23,0	23 <sup>b</sup>	23,0
Боровиця, НМС 0,025%	67 <sup>c</sup>	51,9	31 <sup>c</sup>	24,0	2,2	31 <sup>c</sup>	24,0	32 <sup>c</sup>	24,8
Каланча	4 <sup>a</sup>	40,0	5 <sup>a</sup>	50,0	0,8	1 <sup>a</sup>	10,0	0 <sup>a</sup>	0,0
Каланча, НМС 0,0125%	46 <sup>b</sup>	54,1	19 <sup>b</sup>	22,4	2,4	20 <sup>b</sup>	23,5	23 <sup>b</sup>	27,1
Каланча, НМС 0,025%	58 <sup>c</sup>	51,8	28 <sup>c</sup>	25,0	2,1	26 <sup>c</sup>	23,2	31 <sup>c</sup>	27,7
Полянка	2 <sup>a</sup>	33,3	2 <sup>a</sup>	33,3	1,0	2 <sup>a</sup>	33,3	0 <sup>a</sup>	0,0
Полянка, НМС 0,0125%	56 <sup>b</sup>	61,5	16 <sup>b</sup>	17,6	3,5	19 <sup>b</sup>	20,9	22 <sup>b</sup>	24,2
Полянка, НМС 0,025%	64 <sup>c</sup>	56,1	22 <sup>c</sup>	19,3	2,9	28 <sup>c</sup>	24,6	31 <sup>c</sup>	27,2
Почайна	3 <sup>a</sup>	37,5	5 <sup>a</sup>	62,5	0,6	0 <sup>a</sup>	0,00	0 <sup>a</sup>	0,0
Почайна, НМС 0,0125%	47 <sup>b</sup>	54,0	20 <sup>b</sup>	23,0	2,4	20 <sup>b</sup>	23,0	22 <sup>b</sup>	25,3
Почайна, НМС 0,025%	57 <sup>c</sup>	51,8	26 <sup>c</sup>	23,6	2,2	27 <sup>c</sup>	24,6	29 <sup>c</sup>	26,4

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

лено ( $F = 2,45$ ;  $F_{0,05} = 2,76$ ;  $P = 0,06$ ), за фактором концентрація різниця достовірна ( $F = 123,34$ ;  $F_{0,05} = 3,73$ ;  $P = 1,24 \cdot 10^{-8}$ ). Попарне порівняння показало, що при переході між окремими концентраціями різниця була достовірна завжди. Загалом, кількість фрагментів варіювала від 35 (сорт Зелений Гай) до 56 (сорт Полянка) при дії НМС 0,0125%, при концентрації НМС 0,025% від 42 (сорт Зелений Гай) до 67 (сорт Боровиця).

Для випадку з мостами хроматидними та хромосомними суттєвої різниці за фактором генотип знов не виявлено ( $F = 2,13$ ;  $F_{0,05} = 2,76$ ;  $P = 0,08$ ), за фактором концентрація різниця достовірна ( $F = 42,14$ ;  $F_{0,05} = 3,73$ ;  $P = 2,09 \cdot 10^{-3}$ ). Однак попарне порівняння показало, що хоча перша концентрація значуще діяла в порівнянні з контролем, при переході між окремими концентраціями різниця була достовірна не завжди (сорт Зелений Гай, Нива Одеська).

Загалом, кількість мостів варіювала від 16 (сорт Полянка) до 29 (сорт Золото України) при дії НМС 0,0125%, при концентрації НМС 0,025% від 22 (сорт Нива Одеська та Полянка) до 35 (сорт Золото України).

Що стосується інших типів хромосомних перебудов, таких відстаючі хромосоми та мікроядра, то для них фактор генотипу виявився незначним ( $F = 1,99$ ;  $F_{0,05} = 2,76$ ;  $P = 0,07$ ), проте суттєвим було і підвищення даного типу аберацій при підвищенні концентрації ( $F = 79,11$ ;  $F_{0,05} =$

$3,73$ ;  $P = 8,14 \cdot 10^{-6}$ ). При попарному порівнянні варіантів знаходимо, що всіх варіантів є статистично достовірні відмінності, крім сортів Балатон та Нива Одеська поміж першої та другої концентрації. Також значні відмінності від контролю у всіх випадках. Кількість інших аберацій варіювала від 17 (сорт Зелений Гай) до 23 (сорт Балатон, Каланча, Боровиця) при дії НМС 0,0125%, при концентрації НМС 0,025% від 19 (сорт Балатон, Зелений Гай, Золото України) до 28 (сорт Полянка).

Кількість клітин з двома і більше абераціями зазвичай є вкрай надійним і достовірним параметром, який відображає підвищення концентрації (дозу) мутагену. У той же час, вплив генотипу на цей процес значимий ( $F = 2,78$ ;  $F_{0,05} = 2,76$ ;  $P = 0,05$ ), збільшення концентрації веде до значного зростання частоти комплексних змін ( $F = 93,15$ ;  $F_{0,05} = 3,73$ ;  $P = 1,99 \cdot 10^{-7}$ ). Число клітин з двома і більше абераціями при дії НМС 0,0125% від 17 (сорт Зелений Гай) до 23 (сорт Балатон, Боровиця, Каланча), при концентрації НМС 0,025% від 22 (сорт Зелений Гай) до 32 (сорт Боровиця). При попарному порівнянні варіантів знаходимо, що всіх варіантів є статистично достовірні відмінності, Крім переходу між концентраціями у сортів Балатон та Зелений Гай. Значні відмінності від контролю у всіх випадках.

Факторний аналіз показав (таблиця 4), що значущими збільшення концентрації НМС були для всіх вивчених параметрів, генотип ж не вплинув зовсім.

Таблиця 4

## Результати факторного аналізу

Параметр	Концентрація	Генотип
Загальна частота	0,983347*	0,223177
Фрагментів	0,971009*	0,399062
Мостів	-0,596799*	0,400050
Інші аберації	0,771993*	0,414415
Комплексні	0,897110*	0,569993*
Варіативність пояснена	3,148551	1,414514
Не пояснена	1,217225	1,119298

Примітка: \* – статистично достовірно при  $P < 0,05$

Таблиця 5

## Результати дискримінантного аналізу

Параметр	Генотип			Концентрація		
	Лямбда Уїлкса	F критичне (4,14)	p	Лямбда Уїлкса	F критичне (2,66)	p
Загальна частота	0,011	2,34	0,10	0,029	5,95	0,01
Фрагментів	0,010	2,17	0,10	0,028	3,54	0,03
Мостів	0,009	1,98	0,11	0,022	2,98	0,05
Інші аберації	0,006	1,56	0,15	0,022	2,97	0,05
Комплексні	0,025	4,17	0,05	0,036	12,82	0,01

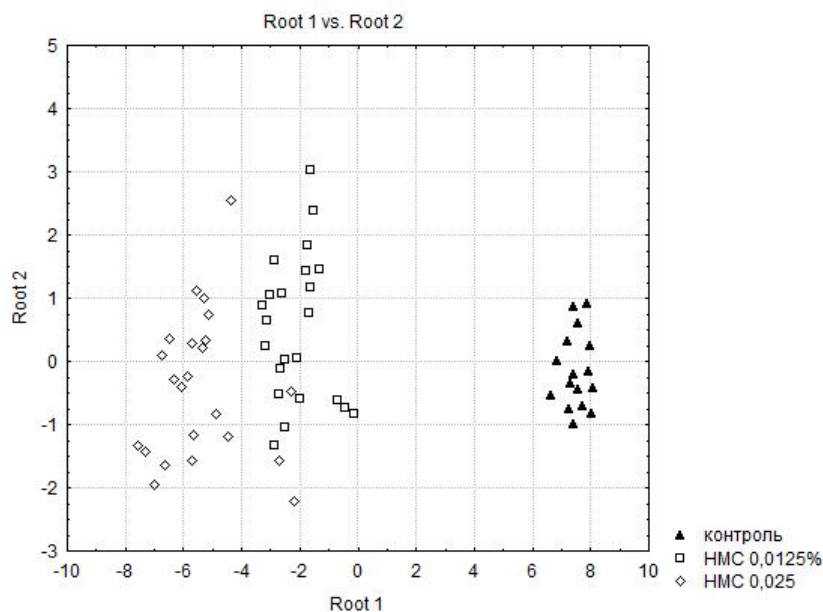


Рис. 1. Результати кластерного аналізу

Для визначення характеру впливу цитогенетичної активності залежно від факторів генотипу об'єкта впливу та концентрації мутагену було проведено дискримінантний аналіз (таблиця 5, рисунок 1). Як видно, у випадку з генотипом дискримінантний аналіз показав значущість для генотипу лише одного параметра моделі - комплексні аберації.

У разі концентрації картина характерна для дії хімічних супермутагенів (у модельні не увійшов параметри наявність мостів та інших аберацій). Таким чином, якщо роздільна здатність ознак достатня лише у разі збільшення концентрації для побудови моделі достатня (рис. 1). Однак це не означає неможливість моделювання та класифікації випадків для окремих сортів.

**Висновки.** Дослідження більш шкочинного мутагену показали, що для даної речовини в аспекті цитогенетичних параметрів більшу вагу набуває такий показник як наявність клітин з множинними (комплексними) перебудовами. Разом з тим, при підвищенні концентрації відбувається поступове підвищення (з деякими варіантами) за всіма показниками загальної частоти та більшості окремих показників спектру. Сайт-специфічність проявляється перш за все за частотою окремих параметрів спектру та стійкості окремих генотипів до впливу цих концентрацій алкілюючої сполуки. Слід відзначити, що класифікація за мутагенною

депресією у першому поколінні зберігає своє значення і для цитогенетичних параметрів з деякими корективами. Причому найвищу генетичну спорідненість в цьому плані до дії НМС показали генотипи Зелений Гай, Полянка, Боровиця. Поведінка інших суттєво від тої, що вони продемонстрували на рівні рослини в цілому не відрізнялась. Заявлені концентрації слід віднести до діапазону умовно-помірних – високих, але вони не досягли критичного рівня в жодного з сортів. Тому слід очікувати що дані концентрації входять до оптимальних з точки зору індукції мутацій в наступних поколіннях для всіх досліджених генотипів, що й буде встановлюватись під час майбутніх польових експериментів з їх ідентифікації та успадкування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Abaza G., Awaad A., Attia M., Abdellateif S., Gomaa A., Abaza S., Mansour E. Inducing potential mutants in bread wheat using different doses of certain physical and chemical mutagens. *Plant Breeding and Biotechnology*. 2020. 8(3). P. 252–264.
2. Beiko V., Nazarenko M. Occurrence of cytogenetic effects under the epimutagen action for winter wheat. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. 13(3). P. 294–300.
3. 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.
4. El-Azab E., Ahmed Soliman M., Soliman E., Badr, A. Cytogenetic impact of gamma irradiation and its effects on growth and yield of three soybean cultivars. *Egyptian Journal of Botany*. 2018. 58(3). P. 411–422.
  5. Horshchar V., Nazarenko M. Winter wheat cytogenetic variability under the action of a chemical supermutagen. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. 13(4). P. 373–378.
  6. Hussain M., Gul M., Kamal R., Iqbal M., Zulfiqar S., Abbas A., Röder M., Muqaddasi Q., Rahman M. Prospects of developing novel genetic resources by chemical and physical mutagenesis to enlarge the genetic window in bread wheat varieties. *Agriculture*. 2021. 11, article number 621.
  7. Khursheed S., Laskar R., Raina A., Amin R., Khan R. Comparative analysis of cytological abnormalities induced in *Vicia faba* L. geno-types using physical and chemical mutagenesis. *Chromosomal Science*. 2015. 18. P. 47–51.
  8. Nazarenko M. The influence of radio-mimetic chemical mutagen on the chromosomal complex of winter wheat cells. *Regulatory mechanisms in biosystems*. 2017. 8(2). P. 283–286.
  9. Oney-Birol S., Balkan A. Detection of cytogenetic and genotoxic effects of gamma radiation on M1 generation of three varieties of *Triticum aestivum* L. *Pakistan Journal of Botany*. 2019. 51(3), P. 887–894.
  10. Yali W., Mitiku T. Mutation Breeding and Its Importance in Modern Plant Breeding. *Journal of Plant Sciences*. 2022. 10(2). 64–70.

## REFERENCES:

1. Abaza G., Awaad A., Attia M., Abdellateif S., Gomaa A., Abaza S., Mansour E. Inducing potential mutants in bread wheat using different doses of certain physical and chemical mutagens. *Plant Breeding and Biotechnology*. 2020. 8(3). P. 252–264.
  2. Beiko V., Nazarenko M. Occurrence of cytogenetic effects under the epimutagen action for winter wheat. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. 13(3). P. 294–300.
  3. 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.
  4. El-Azab E., Ahmed Soliman M., Soliman E., Badr, A. Cytogenetic impact of gamma irradiation and its effects on growth and yield of three soybean cultivars. *Egyptian Journal of Botany*. 2018. 58(3). P. 411–422.
  5. Horshchar V., Nazarenko M. Winter wheat cytogenetic variability under the action of a chemical supermutagen. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. 13(4). P. 373–378.
  6. Hussain M., Gul M., Kamal R., Iqbal M., Zulfiqar S., Abbas A., Röder M., Muqaddasi Q., Rahman M. Prospects of developing novel genetic resources by chemical and physical mutagenesis to enlarge the genetic window in bread wheat varieties. *Agriculture*. 2021. 11, article number 621.
  7. Khursheed S., Laskar R., Raina A., Amin R., Khan R. Comparative analysis of cytological abnormalities induced in *Vicia faba* L. geno-types using physical and chemical mutagenesis. *Chromosomal Science*. 2015. 18. P. 47–51.
  8. Nazarenko M. The influence of radio-mimetic chemical mutagen on the chromosomal complex of winter wheat cells. *Regulatory mechanisms in biosystems*. 2017. 8(2). P. 283–286.
  9. Oney-Birol S., Balkan A. Detection of cytogenetic and genotoxic effects of gamma radiation on M1 generation of three varieties of *Triticum aestivum* L. *Pakistan Journal of Botany*. 2019. 51(3), P. 887–894.
  10. Yali W., Mitiku T. Mutation Breeding and Its Importance in Modern Plant Breeding. *Journal of Plant Sciences*. 2022. 10(2). 64–70.
- Горщар В.І., Назаренко М.М. Цитогенетична активність нітрозометилсечовини у пшениці озимої**  
 При моніторингових дослідженнях особливостей активності хімічного супермутагену особливе значення мають такі параметри як загальна частота хромосомних порушень, пропорції окремих типів перебудов, наявність окремих типів аберацій. **Мета.** Показати відмінності в цитогенетичній активності за частотами та спектром хромосомних перебудов у клітинах меристеми первинної кореневої системи у пшениці озимої в першому поколінні, показати ключові параметри в залежності від генотипу та концентрації. **Методи.** Насіння 8 сортів пшениці озимої Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна обробляли розчином хімічного мутагену нітрозометилсечовини (НМС) у концентраціях 0,0125 та 0,025%. Методом світлової мікроскопії проводили аналіз хромосомних аберацій на препаратах мітозів верхівок первинних коренів сортів озимої пшениці на пізній стадії метафази та ранній анафазі. **Результати.** В цілому цитогенетична активність нітрозометилсечовини була більш високою. Досліджували такі показники як загальна частота, фрагменти (одинарні та подвійні), мости (також одинарні – хроматидні – та подвійні – хромосомні), більш рідкісні аберації як мікроядра, відстаючі хромосоми. Окремо вважувалися клітини з множинними хромосомними абераціями (комплексними). Значимо підвищення концентрації вплинуло на всі показники, різниця по генотипу дії була значущою лише для кількості клітин з множинними перебудовами. Кількість клітин з двома і більше абераціями виявилась надійним і достовірним параметром, який відображає підвищення концентрації (дозу) мутагену та вплив суб'єкту дії (сорту). За модельними ознаками для генотипів відрізняються лише наявність комплексних аберацій, реакція на всі інші показники відсутня. Очевидно, саме ця частина спектра і зумовила зміни за загальною частотою цитогенетичних порушень, які вплинули на відмінності трьох сортів від інших за характером мінливості на клітинному рівні. **Висновки.** Більшу вагу набуває показник як клітин з множинними (комплексними) перебудовами. Найвищу генетичну спорідненість до дії НМС показали генотипи Зелений Гай, Полянка, Боровиця. Поведінка інших суттєво не відрізнялась. Концентрації слід віднести до діапазону умовно-помірних – високих. Вони входять до оптимальних з точки зору індукції мутацій в наступних поколіннях для всіх досліджених генотипів, що й буде встановлюватись під час майбутніх польових експериментів з їх ідентифікації та успадкування.
- Ключові слова:** пшениця озима, нітрозометилсечовина, мутації, частота, спектр.

**Horshchar V.I., Nazarenko M.M. Cytogenetic activity of nitrosomethylurea for winter wheat**

When monitoring the characteristics of the activity of a chemical supermutagen, such parameters as the general frequency of chromosomal disorders, the proportions of certain types of rearrangements, and the presence of certain types of aberrations are of particular importance. **Purpose.** To show the differences in cytogenetic activity according to the rate and spectrum of chromosomal rearrangements in the cells of the meristem of the primary root system for winter wheat at the first generation, to show the key parameters depending on the genotype and concentration. **Methods.** Seeds of 8 winter wheat varieties Balaton, Borovytsia, Zeleny Gai, Zoloto Ukrainy, Kalancha, Niva Odeska, Polyanka, Pochayna were treated with a solution of the chemical mutagen nitrosomethylurea (NMU) in concentrations of 0.0125 and 0.025%. Analysis of chromosomal aberrations was performed using light microscopy on preparations of mitoses of the tips of primary roots of winter wheat varieties at the late stage of metaphase and early anaphase. **Results.** In general, the cytogenetic activity of nitrosomethylurea was very high. We studied such indicators as the total frequency, fragments (single and double), bridges (also single – chromatid – and double – chromosomal), rarer aberrations such as micronuclei, lagging chromosomes. Cells with multiple chromosomal aberrations (complex)

were taken into account separately. A significant increase in concentration affected all indicators, the difference by genotype was significant only for the number of cells with multiple rearrangements. The number of cells with two or more aberrations turned out to be a reliable and reliable parameter that reflects an increase in the concentration (dose) of the mutagen and the effect of the subject of action (variety). According to the model features, only the presence of complex aberrations differs for the genotypes, there is no reaction to all other indicators. Obviously, it was this part of the spectrum that caused changes in the general frequency of cytogenetic disorders, which affected the differences of the three varieties from the others in the nature of variability at the cellular level. **Conclusions.** The indicator of cells with multiple (complex) rearrangements gains more weight. The highest genetic affinity to the action of NMU was shown by the genotypes Zeleny Gai, Polyanka, Borovytsia. The behavior of others did not differ significantly. Concentrations should be attributed to the range of conditionally moderate – high. They are among the optimal from the point of view of induction of mutations in subsequent generations for all studied genotypes, which will be established during future field experiments on their identification and inheritance.

**Key words:** winter wheat, nitrosomethylureas, mutations, rate, spectra.