

## ПОРУШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ОНТОГЕНЕЗУ У ПЕРШОМУ ПОКОЛІННІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ПРИ ДІЇ АЗИДУ НАТРІЮ

**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 хімічного мутагенезу з урахуванням механізму дії конкретного агента дозволяє в стислі терміни отримати нові змінні форми зі сталими корисними з селекційної або генетичної точки зору властивостями та ознаками, зокрема цінними змінами біохімічної структури в стислі терміни [2]. Таке отримання суттєво обмежено особливостями активностей та хімічної реактивності конкретної сполуки. Ці чинники проявляють суттєву сайт-специфічність, спорідненість до окремих ділянок спадкової речовини, що призводить до переважної індукції лише окремих типів ознак. Це може бути як бажаним (якщо ці ознаки відносяться до корисних), так і негативним [1, 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивчення специфічної дії мутагенів проводиться починаючи з першого покоління, оскільки вплив на показники росту та розвитку, формування рослинного організму, визначення характеру онтогенезу, отримання необхідної кількості мутантного матеріалу відбувається якраз на цьому етапі [6, 7].

Вирішальне значення при визначенні впливу хімічної ДНК-активної речовини має її вплив на фертильність рослини, урахування високі можливості саме хімічних речовин в підвищенні стерильності у рослин, утворені домінують мутацій по цій ознаці вже в першому поколінні [5, 14, 15].

Використання хімічних мутагенів для обробки насіння пшениці призводить переважно до депресійних наслідків, хоча, на відміну від фізичних мутагенів, особливо с сублетальним характером дії, іноді окремі хімічні агенти демонструють при дії низьких концентрацій стимулюючий ефект [8, 13].

Більш вживаним при сучасних дослідженнях є саме можливість отримати великі вибірки матеріалу при умові низької ушкоджувальної здатності без використання речовин с високою суцільною активністю, але для окремих речовин тенденція протилежна [9, 12].

Ключовим є процес взаємодії генотип сорту та природи та концентрації мутагену, урахування порогову дію концентрацій агента з більш низькою ушкоджувальною активністю. Навіть можна не лише не дозволити зниження кількості цінних спадкових змін, але воно може й бути більш високим. І все це за рахунок комплексності дії нових мутагенів [10, 11].

**Мета.** Метою було показати вірогідні депресивні наслідки при дії мутагену азиду натрію (з сильним більш суцільним характером дії) для першої генерації сортів

рослин пшениці озимої м'якої по показниках схожості, виживання, стерильності, параметрів структури врожайності для встановлення задовільного протоколу дії окремих концентрацій мутагену для отримання необхідної кількості рослинного матеріалу.

**Матеріали та методика досліджень.** Обробку проводили супермутагеном азидом натрію, що відноситься до неорганічних високотоксичних речовин (формула  $\text{NaN}_3$ ), котре здатне впливати на ДНК-структури з утворенням спадкових змін, здатен індукувати мутагену депресію з високим рівнем, вважається одним з найбільш активних мутагенних речовин, з істотним рівнем хромосомних порушень на клітинному рівні.

Насіння 8 сортів пшениці озимої Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна обробляли водним розчином хімічного мутагену азиду натрію у концентраціях 0,01%, 0,025%, 0,05%, 0,1%. Для кожної обробки були використані 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії мутагену становила 24 години. Для контролю використовували необроблені вихідні ініціальні форми (зерна сортів, замочені у воді).

У першому поколінні мутантів сортів, що отримали мутагенну дію була проведена оцінка таких онтогенетичних показників як схожість, виживання після періоду перезимівлі, фертильність, ознаки структури врожайності. 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, повторність однократна. Стерильність пилку визначали світловим мікроскопуванням пофарбованих зразків (20-25 препаратів). Після збирання варіантів проводили аналіз 25-30 рослин, оцінювали ознаки висоту рослин, загальну та продуктивну кущистість, довжину головного колосу, кількість колосків в головному колосі, озерненість головного колосу, вага зерна з головного колосу, вага зерна з 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 10.0.

**Результати досліджень.** Всього було висіяно 40 варіанти, оцінка перших етапів онтогенезу, таких як схожість та виживання після зимового періоду, наведені в таблиці 1. При аналізі отриманого матеріалу по факторам генотип суб'єкту дії (сорт) та підвищення концентрації мутагену (азид натрію) знаходимо що перший фактор діяв з набагато більш високим рівнем для схожості ( $F=111,11$ ;  $F_{0,05}=2,99$ ;  $P < 0,01$ ) та виживання ( $F=82,14$ ;  $F_{0,05}=2,99$ ;  $P < 0,01$ ), але фактор підвищення концентрації також мав вагоме значення для схожості ( $F=41,34$ ;  $F_{0,05}=2,33$ ;  $P < 0,01$ ) та виживання ( $F=34,14$ ;  $F_{0,05}=2,33$ ;  $P < 0,01$ ), причому доволі значимо була взаємодія генотипу та мутагену, хоча сорти за деяким виключенням (більш витривалими були сорти Почайна та Каланча) демонструвала доволі подібну реакцію. В усіх випадках для усіх сортів схожість та виживаність знижувалась зі статистичною достовірністю, тобто факт мутагенної депресії був достовірним. Концентрація азиду натрію 0,1% для всіх генотипів, крім двох була напівлетальною.

Щодо депресії по схожості значно відрізнялися сорти Почайна та Каланча, виживання завжди значимо відрізнялось від схожості, тобто віддалена загибель рослин як наслідок дії мутагену був завжди значимим, але тут більш вразливим виявилися сорти Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Нива Одеська, Полянка ( $F=22,05$ ;  $F_{0,05}=2,01$ ;  $P < 0,01$ ). Суттєво відрізнялась за характером дії по різниці між схожістю та виживанням концентрація азид натрію 0,05% ( $F=19,17$ ;  $F_{0,05}=2,87$ ;  $P < 0,01$ )

Таким чином, можна зробити висновок, що показники схожості та виживання високонадійним параметром для моніторингу мутагенної депресії в першому поколінні для дії азиду натрію. Схожість та виживання знижується поступово, починаючи з першої концентрації, для всіх варіантів характерна значима, але невисока загибель в результаті перезимівлі, крім варіанту азид натрію 0,05% для сортів Зелений Гай, Золото України, Нива Одеська, Полянка, Почайна та азиду натрію 0,025% для сорту Почайна.

Щодо особливостей проходження онтогенезу, то основні фази при дії помірних концентрацій азиду натрію запізнювались в порівнянні із контролем на 3-4 дні (в залежності від концентрації мутагену), що було статистично значимим для другої та третьої концентрації, та на 4-5 днів для напівлетальної концентрації. Даний агент викликає істотне зниження життєздатності рослин.

Результати аналізу стерильності пилку пшениці озимої представлені в таблиці 2. Цей показник значимо відображає підвищення концентрації мутагену ( $F=176,89$ ;  $F_{0,05}=2,99$ ;  $P < 0,01$ ) та менш залежить від генотипу ( $F=82,44$ ;  $F_{0,05}=2,41$ ;  $P < 0,01$ ).

В усіх випадках для усіх сортів фертильність статистично значимо знижувалась при дії усіх концентрацій. Параметр є повністю надійним показником мутагенної депресії, хоча й не настільки сильним, як у показників схожості та виживання та не було обмежуючим для отримання достатньої кількості рослинного матеріалу.

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 варіативність спостерігалась значимо лише при дії четвертої та, не завжди третьої концентрації (таблиця 4, результати дискримінантного аналізу).

Наведені лише середньо- та високоваріативні ознаки висота рослин, озерненість головного колосу, вага зерна з головного колосу та рослини, маса тисячі зерен. Аналіз за наведеними ознаками показав, що висота рослини статистично достовірно відрізняється дія кожної концентрації від контролю та один від одної. В усіх випадках чітко ідентифікується дія азиду натрію ( $F=98,23$ ;  $F_{0,05}=2,89$ ;  $P < 0,01$ ). Різниця між сортами набагато нижча та обмовлена характеристиками вихідної форми ( $F=11,34$ ;  $F_{0,05}=2,47$ ;  $P = 0,01$ ).

Ознака кількість зерен з головного колосу найменш варіативна, але все ж таки різниця для генотипів ( $F=6,17$ ;  $F_{0,05}=2,47$ ;  $P = 0,02$ ) та різних концентрацій ( $F=11,10$ ;  $F_{0,05}=2,89$ ;  $P = 0,01$ ) статистично достовірна. Так у сортів (крім Боровиця та Почайна) фактично спостерігається лише дві градації за дії мутагену, доволі часто не було різниці між контролем та першою концентрацією, другою, третьою та четвертою концентраціями. Ознака була низьковаріативна.

Ознаки вага зерно з головного колосу та вага зерна з рослини в цілому змінюються подібно та реагують на зміну концентрації мутагену, але іноді їх реакція відрізняється в межах окремого генотипу ( $F=4,51$ ;  $F_{0,05}=2,89$ ;  $P = 0,03$ ). Так, більш низька варіативність у ознаки вага зерна з рослини для сортів Балатон та Боровиця, між контролем та азид натрію 0,01% для цих генотипів різниця недостовірна. Різниця для генотипів ( $F=9,34$ ;  $F_{0,05}=2,47$ ;  $P = 0,01$ ) та різних концентрацій ( $F=45,17$ ;  $F_{0,05}=2,89$ ;  $P < 0,01$ ) статистично достовірна.

МТЗ як ознака в усіх випадках чітко демонструє статистично достовірне зниження параметру з підвищенням концентрації азиду натрію і реагує на рівні висоти рослин як ознака, що відтворює депресивні ефекти. Різниця для генотипів ( $F=9,34$ ;  $F_{0,05}=2,47$ ;  $P = 0,01$ ) та різних концентрацій ( $F=45,17$ ;  $F_{0,05}=2,89$ ;  $P < 0,01$ ) статистично достовірна.

Для виявлення наявності окремих параметрів з огляду на відображення факту прояву мутагенної депресії був проведений дискримінантний аналіз за усіма параметрами, що досліджувались у генотипів, що отримали мутагену дію (таблиця 4).

Проведене дослідження підтвердило класифікацію параметрів на основі факторного аналізу. Як видно, виділилися параметри схожості, виживання, висоти рослини, вага зерна з головного колосу та МТЗ. Також достовірним є використання ваги зерна з рослини, хоча їх відповідь на концентрацію азиду натрію 0,01% є не завжди статистично достовірною.

**Висновки.** Азид натрію як мутаген показав доволі високу для хімічного супермутагена ушкоджувальну здатність за проявом депресії по моніторинговим показникам. Надійними параметрами для встановлення факту мутагенної депресії в залежності від концентрації та генотипу є схожість та виживання, зростання стерильності пилку, висота рослини, вага зерна з головного

## Схожість та виживання першого покоління пшениці озимої, що отримала мутагенну дію

Варіант	Схожість		Вживання	
	шт.	%	шт.	%
Балатон, кт.	987	98,7 ± 1,4 <sup>a</sup>	949	94,9 ± 1,1 <sup>a</sup>
Балатон, азид натрію 0,01%	890	99,0 ± 1,2 <sup>b</sup>	853	85,3 ± 1,0 <sup>b</sup>
Балатон, азид натрію 0,025%	783	78,3 ± 1,2 <sup>c</sup>	719	71,9 ± 1,3 <sup>c</sup>
Балатон, азид натрію 0,05%	694	69,4 ± 1,0 <sup>d</sup>	639	63,9 ± 1,0 <sup>d</sup>
Балатон, азид натрію 0,1%	593	59,3 ± 1,4 <sup>e</sup>	560	56,0 ± 1,4 <sup>e</sup>
Боровиця, кт.	994	99,4 ± 1,6 <sup>a</sup>	991	99,1 ± 1,5 <sup>a</sup>
Боровиця, азид натрію 0,01%	862	86,2 ± 1,2 <sup>b</sup>	796	79,6 ± 1,1 <sup>b</sup>
Боровиця, азид натрію 0,025%	791	79,1 ± 1,3 <sup>c</sup>	744	74,4 ± 1,0 <sup>c</sup>
Боровиця, азид натрію 0,05%	711	71,1 ± 1,2 <sup>d</sup>	648	64,8 ± 1,1 <sup>d</sup>
Боровиця, азид натрію 0,1%	599	59,9 ± 1,1 <sup>e</sup>	551	55,1 ± 1,3 <sup>e</sup>
Зелений Гай, кт.	994	99,4 ± 1,5 <sup>a</sup>	976	97,6 ± 1,0 <sup>a</sup>
Зелений Гай, азид натрію 0,01%	843	84,3 ± 1,1 <sup>b</sup>	801	80,1 ± 1,2 <sup>b</sup>
Зелений Гай, азид натрію 0,025%	768	76,8 ± 1,1 <sup>c</sup>	722	72,2 ± 1,0 <sup>c</sup>
Зелений Гай, азид натрію 0,05%	701	70,1 ± 1,0 <sup>d</sup>	614	61,4 ± 1,1 <sup>d</sup>
Зелений Гай, азид натрію 0,1%	573	57,3 ± 1,3 <sup>e</sup>	522	52,2 ± 1,4 <sup>e</sup>
Золото України, кт.	993	99,3 ± 1,2 <sup>a</sup>	981	98,1 ± 1,0 <sup>a</sup>
Золото України, азид натрію 0,01%	851	85,1 ± 1,2 <sup>b</sup>	811	81,1 ± 1,1 <sup>b</sup>
Золото України, азид натрію 0,025%	769	76,9 ± 1,1 <sup>c</sup>	703	70,3 ± 1,1 <sup>c</sup>
Золото України, азид натрію 0,05%	685	68,5 ± 1,4 <sup>d</sup>	599	59,9 ± 1,1 <sup>d</sup>
Золото України, азид натрію 0,1%	567	56,7 ± 1,3 <sup>e</sup>	523	52,3 ± 1,4 <sup>e</sup>
Каланча, кт.	989	98,9 ± 1,4 <sup>a</sup>	979	97,9 ± 1,2 <sup>a</sup>
Каланча, азид натрію 0,01%	857	85,7 ± 1,3 <sup>b</sup>	801	80,1 ± 1,2 <sup>b</sup>
Каланча, азид натрію 0,025%	765	76,5 ± 1,3 <sup>c</sup>	703	70,3 ± 1,2 <sup>c</sup>
Каланча, азид натрію 0,05%	711	71,1 ± 1,2 <sup>d</sup>	652	65,2 ± 1,3 <sup>d</sup>
Каланча, азид натрію 0,1%	601	60,1 ± 1,4 <sup>e</sup>	534	53,4 ± 1,3 <sup>e</sup>
Нива Одеська, кт.	993	99,3 ± 1,0 <sup>a</sup>	982	98,2 ± 1,2 <sup>a</sup>
Нива Одеська, азид натрію 0,01%	852	85,2 ± 1,3 <sup>b</sup>	803	80,3 ± 1,1 <sup>b</sup>
Нива Одеська, азид натрію 0,025%	762	76,2 ± 1,2 <sup>c</sup>	732	73,2 ± 0,9 <sup>c</sup>
Нива Одеська, азид натрію 0,05%	686	68,6 ± 1,4 <sup>d</sup>	600	60,0 ± 1,4 <sup>d</sup>
Нива Одеська, азид натрію 0,1%	579	57,9 ± 1,3 <sup>e</sup>	513	51,3 ± 1,2 <sup>e</sup>
Полянка, кт.	991	99,1 ± 1,2 <sup>a</sup>	975	97,5 ± 1,1 <sup>a</sup>
Полянка, азид натрію 0,01%	832	83,2 ± 1,2 <sup>b</sup>	801	80,1 ± 1,2 <sup>b</sup>
Полянка, азид натрію 0,025%	778	77,8 ± 1,5 <sup>c</sup>	709	70,9 ± 1,4 <sup>c</sup>
Полянка, азид натрію 0,05%	711	71,1 ± 1,1 <sup>d</sup>	622	62,2 ± 1,5 <sup>d</sup>
Полянка, азид натрію 0,1%	634	63,4 ± 1,2 <sup>e</sup>	586	58,6 ± 1,1 <sup>e</sup>
Почайна України, кт.	993	99,3 ± 1,3 <sup>a</sup>	987	98,7 ± 1,4 <sup>a</sup>
Почайна, азид натрію 0,01%	842	84,2 ± 1,1 <sup>b</sup>	809	80,9 ± 1,3 <sup>b</sup>
Почайна, азид натрію 0,025%	791	79,1 ± 1,4 <sup>c</sup>	711	71,1 ± 1,2 <sup>c</sup>
Почайна, азид натрію 0,05%	741	74,1 ± 1,4 <sup>d</sup>	676	67,6 ± 1,6 <sup>d</sup>
Почайна, азид натрію 0,1%	623	62,3 ± 1,3 <sup>e</sup>	577	57,7 ± 1,2 <sup>e</sup>

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

колосу, маса тисячі зерен. Частково в цьому плані можна використовувати також показник ваги зерна з рослини, але не завжди достовірно про низьких концентраціях у деяких генотипах. Генотип-мутагенна взаємодія в плані прояву депресії визначається в двох ефектах – підвищення загібелі після періоду перезимівлі у деяких сортів та більш низької варіативності

у показника ваги зерна з рослини. Фактори генотип та концентрація мутагену при дії даного супермутагену завжди статистично вагомі для модельних показників. В подальшому планується дослідити мінливість на клітинному рівні за хромосомними абераціями та перейти до ідентифікації мутацій в другому-третьому поколінні за дії азиду натрію в тих же концентраціях.

Таблиця 2

## Стерильність пилку у першого покоління пшениці озимої

Сорт	Контроль	Азид натрію 0,01%	Азид натрію 0,025%	Азид натрію 0,05%	Азид натрію 0,1%
Балатон	94,5 ± 0,9 <sup>a</sup>	84,0 ± 1,0 <sup>b</sup>	76,1 ± 1,1 <sup>c</sup>	69,4 ± 1,7 <sup>d</sup>	58,9 ± 1,6 <sup>e</sup>
Боровиця	95,5 ± 0,9 <sup>a</sup>	85,3 ± 0,9 <sup>b</sup>	76,0 ± 0,8 <sup>c</sup>	68,6 ± 1,3 <sup>d</sup>	59,6 ± 1,5 <sup>e</sup>
Зелений Гай	97,4 ± 1,2 <sup>a</sup>	84,6 ± 0,9 <sup>b</sup>	76,6 ± 0,9 <sup>c</sup>	70,0 ± 1,1 <sup>d</sup>	61,3 ± 1,4 <sup>e</sup>
Золото України	98,2 ± 0,9 <sup>a</sup>	83,5 ± 1,1 <sup>b</sup>	76,5 ± 1,3 <sup>c</sup>	67,5 ± 1,5 <sup>d</sup>	58,9 ± 1,7 <sup>e</sup>
Каланча	96,5 ± 0,9 <sup>a</sup>	84,1 ± 1,1 <sup>b</sup>	76,1 ± 1,2 <sup>c</sup>	69,9 ± 1,4 <sup>d</sup>	57,6 ± 1,5 <sup>e</sup>
Нива Одеська	97,4 ± 1,0 <sup>a</sup>	85,3 ± 1,1 <sup>b</sup>	76,3 ± 1,1 <sup>c</sup>	68,9 ± 1,4 <sup>d</sup>	58,4 ± 1,5 <sup>e</sup>
Полянка	95,9 ± 0,8 <sup>a</sup>	87,1 ± 1,5 <sup>b</sup>	77,1 ± 1,7 <sup>c</sup>	72,0 ± 1,3 <sup>d</sup>	61,5 ± 1,4 <sup>e</sup>
Почайна	95,5 ± 0,8 <sup>a</sup>	87,3 ± 1,5 <sup>b</sup>	77,3 ± 1,4 <sup>c</sup>	71,2 ± 1,4 <sup>d</sup>	62,2 ± 1,5 <sup>e</sup>

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

Таблиця 3

## Елементи структури врожайності. Прояв мутагенної депресії

Варіант	Висота, см.	Кількість зерен, шт	Вага зерна, г.		МТЗ, г.
			з колосу	з рослини	
Балатон, кт.	76,2 <sup>a</sup>	33,0 <sup>a</sup>	1,01 <sup>a</sup>	2,14 <sup>a</sup>	34,9 <sup>a</sup>
Балатон, азид натрію 0,01%	73,3 <sup>b</sup>	32,0 <sup>a</sup>	0,93 <sup>b</sup>	2,09 <sup>a</sup>	31,8 <sup>b</sup>
Балатон, азид натрію 0,025%	70,9 <sup>c</sup>	28,0 <sup>b</sup>	0,81 <sup>c</sup>	1,97 <sup>b</sup>	28,6 <sup>c</sup>
Балатон, азид натрію 0,05%	67,9 <sup>d</sup>	27,0 <sup>b</sup>	0,70 <sup>d</sup>	1,65 <sup>c</sup>	24,2 <sup>d</sup>
Балатон, азид натрію 0,1%	60,3 <sup>e</sup>	20,0 <sup>c</sup>	0,52 <sup>e</sup>	0,92 <sup>d</sup>	19,7 <sup>e</sup>
Боровиця, кт.	92,4 <sup>a</sup>	28,0 <sup>a</sup>	0,84 <sup>a</sup>	2,09 <sup>a</sup>	49,6 <sup>a</sup>
Боровиця, азид натрію 0,01%	88,5 <sup>b</sup>	25,0 <sup>b</sup>	0,69 <sup>b</sup>	1,91 <sup>a</sup>	44,9 <sup>b</sup>
Боровиця, азид натрію 0,025%	86,1 <sup>c</sup>	24,0 <sup>b</sup>	0,54 <sup>c</sup>	1,68 <sup>b</sup>	40,2 <sup>c</sup>
Боровиця, азид натрію 0,05%	80,4 <sup>d</sup>	23,0 <sup>b</sup>	0,43 <sup>d</sup>	1,38 <sup>c</sup>	36,0 <sup>d</sup>
Боровиця, азид натрію 0,1%	74,5 <sup>e</sup>	18,0 <sup>c</sup>	0,21 <sup>e</sup>	0,81 <sup>d</sup>	22,2 <sup>e</sup>
Зелений Гай, кт.	94,2 <sup>a</sup>	27,0 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>	49,0 <sup>a</sup>
Зелений Гай, азид натрію 0,01%	88,1 <sup>b</sup>	25,0 <sup>a</sup>	0,89 <sup>b</sup>	2,21 <sup>b</sup>	40,9 <sup>b</sup>
Зелений Гай, азид натрію 0,025%	82,2 <sup>c</sup>	24,0 <sup>a</sup>	0,70 <sup>c</sup>	1,54 <sup>c</sup>	36,2 <sup>c</sup>
Зелений Гай, азид натрію 0,05%	76,2 <sup>d</sup>	21,0 <sup>b</sup>	0,43 <sup>d</sup>	1,01 <sup>d</sup>	31,1 <sup>d</sup>
Зелений Гай, азид натрію 0,1%	70,1 <sup>e</sup>	19,0 <sup>b</sup>	0,21 <sup>e</sup>	0,43 <sup>e</sup>	23,2 <sup>e</sup>
Золото України, кт.	89,9 <sup>a</sup>	22,0 <sup>a</sup>	1,02 <sup>a</sup>	2,67 <sup>a</sup>	43,5 <sup>a</sup>
Золото України, азид натрію 0,01%	85,5 <sup>b</sup>	21,0 <sup>a</sup>	0,89 <sup>b</sup>	2,34 <sup>b</sup>	39,9 <sup>b</sup>
Золото України, азид натрію 0,025%	81,1 <sup>c</sup>	20,0 <sup>a</sup>	0,75 <sup>c</sup>	1,91 <sup>c</sup>	36,5 <sup>c</sup>
Золото України, азид натрію 0,05%	75,5 <sup>d</sup>	17,0 <sup>ab</sup>	0,51 <sup>d</sup>	1,37 <sup>d</sup>	32,0 <sup>d</sup>
Золото України, азид натрію 0,1%	71,1 <sup>e</sup>	15,0 <sup>b</sup>	0,30 <sup>e</sup>	0,95 <sup>e</sup>	27,2 <sup>e</sup>
Каланча, кт.	83,6 <sup>a</sup>	28,0 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	2,19 <sup>a</sup>	48,1 <sup>a</sup>
Каланча, азид натрію 0,01%	79,1 <sup>b</sup>	26,0 <sup>a</sup>	0,91 <sup>b</sup>	1,92 <sup>b</sup>	43,0 <sup>b</sup>
Каланча, азид натрію 0,025%	75,0 <sup>c</sup>	24,0 <sup>ab</sup>	0,78 <sup>c</sup>	1,52 <sup>c</sup>	36,4 <sup>c</sup>
Каланча, азид натрію 0,05%	70,2 <sup>d</sup>	22,0 <sup>b</sup>	0,64 <sup>d</sup>	1,13 <sup>d</sup>	33,0 <sup>d</sup>
Каланча, азид натрію 0,1%	64,5 <sup>e</sup>	21,0 <sup>b</sup>	0,32 <sup>e</sup>	0,93 <sup>e</sup>	28,1 <sup>e</sup>
Нива Одеська, кт.	82,0 <sup>a</sup>	26,0 <sup>a</sup>	1,18 <sup>a</sup>	2,59 <sup>a</sup>	45,1 <sup>a</sup>
Нива Одеська, азид натрію 0,01%	77,5 <sup>b</sup>	24,0 <sup>a</sup>	1,05 <sup>b</sup>	2,21 <sup>d</sup>	41,0 <sup>b</sup>
Нива Одеська, азид натрію 0,025%	73,1 <sup>c</sup>	22,0 <sup>ab</sup>	0,84 <sup>c</sup>	1,84 <sup>c</sup>	36,9 <sup>c</sup>
Нива Одеська, азид натрію 0,05%	70,2 <sup>d</sup>	18,0 <sup>b</sup>	0,61 <sup>d</sup>	1,41 <sup>d</sup>	32,2 <sup>d</sup>
Нива Одеська, азид натрію 0,1%	65,4 <sup>e</sup>	17,0 <sup>b</sup>	0,32 <sup>e</sup>	1,00 <sup>e</sup>	27,0 <sup>e</sup>
Полянка, кт.	78,3 <sup>a</sup>	27,0 <sup>a</sup>	0,96 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>	37,3 <sup>a</sup>
Полянка, азид натрію 0,01%	74,4 <sup>b</sup>	24,0 <sup>a</sup>	0,84 <sup>b</sup>	1,98 <sup>b</sup>	34,4 <sup>b</sup>
Полянка, азид натрію 0,025%	70,3 <sup>c</sup>	24,0 <sup>a</sup>	0,71 <sup>c</sup>	1,51 <sup>c</sup>	31,4 <sup>c</sup>
Полянка, азид натрію 0,05%	67,0 <sup>d</sup>	20,0 <sup>b</sup>	0,54 <sup>d</sup>	1,18 <sup>d</sup>	27,9 <sup>d</sup>
Полянка, азид натрію 0,1%	64,1 <sup>e</sup>	17,0 <sup>b</sup>	0,31 <sup>e</sup>	0,95 <sup>e</sup>	24,0 <sup>e</sup>
Почайна України, кт.	71,3 <sup>a</sup>	26,0 <sup>a</sup>	1,10 <sup>a</sup>	2,89 <sup>a</sup>	49,8 <sup>a</sup>
Почайна, азид натрію 0,01%	67,1 <sup>b</sup>	24,0 <sup>a</sup>	0,92 <sup>b</sup>	2,40 <sup>b</sup>	44,2 <sup>b</sup>
Почайна, азид натрію 0,025%	63,2 <sup>c</sup>	23,0 <sup>ab</sup>	0,66 <sup>c</sup>	1,91 <sup>c</sup>	39,8 <sup>c</sup>
Почайна, азид натрію 0,05%	59,6 <sup>d</sup>	20,0 <sup>b</sup>	0,41 <sup>d</sup>	1,51 <sup>d</sup>	35,2 <sup>d</sup>
Почайна, азид натрію 0,1%	54,1 <sup>e</sup>	17,0 <sup>c</sup>	0,22 <sup>e</sup>	0,91 <sup>e</sup>	29,1 <sup>e</sup>

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

## Результати дискримінантного аналізу за даними онтогенезу пшениці озимої в першому поколінні

Змінні в моделі	Коефіцієнт Уїлкса $\lambda$	F-remove (4,11)	p-level
Схожість, шт.	0,44	18,14	<0,01
Вживання, шт.	0,52	20,17	<0,01
Фертильність, %	0,63	22,34	<0,01
Висота, см	0,56	20,97	<0,01
Загальна куцистість	0,02	1,00	0,19
Продуктивна куцистість	0,02	1,01	0,19
Довжина головного колосу, см	0,01	0,84	0,21
Кількість колосків, шт.	0,01	0,74	0,22
Зерна з головного колосу, шт.	0,07	2,22	0,08
Вага зерна з головного колосу, гр.	0,39	17,02	<0,01
Вага зерна з рослини, гр.	0,24	8,09	0,01
МТЗ, гр.	0,51	19,98	<0,01

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Abaza G., Awaad A., Attia M., Abdellateif S., Gomaa A., Abaza S., Mansour E. (2020). Inducing potential mutants in bread wheat using different doses of certain physical and chemical mutagens. *Plant Breeding and Biotechnology*, 8(3), 252-264. doi: 10.9787/PBB.2020.8.3.252
- Abdelsalam N., Kandil E., Al-Msari M., Al-Jaddadi M., Ali H., Salem M., Elshikh M. (2019). Effect of foliar application of NPK nanoparticle fertilization on yield and genotoxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Science of The Total Environment*, 653, 1128–1139. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.023.
- Han B., Gu J., Zhao L., Guo H., Xie Y., Zhao S., Song X., Han L., Liu L. (2016). Factors affecting the radiosensitivity of hexaploidy wheat to  $\gamma$ -irradiation: Radiosensitivity of hexaploidy wheat (*Triticum aestivum* L.). *PLOS ONE*, 11(10): e0165187. doi:10.1371/journal.pone.0161700
- Hasan N., Choudhary S., Laskar N., Sharma N. (2022). Comparative study of cadmium nitrate and lead nitrate [Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> and Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] stress in cytophysiological parameters of *Capsicum annuum* L. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 63, 627–641. doi: 10.1007/s13580-021-00417-z
- Hase Y., Satoh K., Seito H., Oono, Y. (2020). Genetic consequences of acute/chronic gamma and carbon ion irradiation of *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science*, 2020, 11, 336. doi: 10.3389/fpls.2020.00336
- Li F., Shimizu A., Nishio T., Tsutsumi N., Kato H. (2019). Comparison and characterization of mutations induced by gamma ray and carbon-ion irradiation in rice (*Oryza sativa* L.) using whole genome resequencing. *G3 Genes Genomes Genetic*, 9, 3743–3751. doi: 10.1534/g3.119.400555
- 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
- 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., Nakagawa 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.
- Udage A. (2021). Introduction to plant mutation breeding: different approaches and mutagenic agents. *Journal of Agricultural Sciences – Sri Lanka*. 16, 466. doi: 10.4038/jas.v16i03.9472
- Von Well E., Fossey A., Booyse M. (2018). Efficiency of energy conversion and growth of gamma irradiated embryos and young seedlings of *Triticum monococcum* L. cultivar Einkorn. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 11, 75–82. doi:10.1016/j.jrras.2017.09.004
- Wu J., Zhang J., Lan F., Fan W., Li W. (2019). Morphological, cytological, and molecular variations induced by gamma rays in ground-grown chrysanthemum 'Pinkling'. *Canadian Journal of Plant Science*, 2019, 100, 68–77. doi: 10.1139/cjps-2019-006

## REFERENCES:

- Abaza G., Awaad A., Attia M., Abdellateif S., Gomaa A., Abaza S., Mansour E. (2020). Inducing potential mutants in bread wheat using different doses of certain physical and chemical mutagens. *Plant Breeding and Biotechnology*, 8(3), 252-264. doi: 10.9787/PBB.2020.8.3.252
- Abdelsalam N., Kandil E., Al-Msari M., Al-Jaddadi M., Ali H., Salem M., Elshikh M. (2019). Effect of foliar application of NPK nanoparticle fertilization on yield and genotoxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Science of The Total Environment*, 653, 1128–1139. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.023.
- Han B., Gu J., Zhao L., Guo H., Xie Y., Zhao S., Song X., Han L., Liu L. (2016). Factors affecting the radiosensitivity of hexaploidy wheat to  $\gamma$ -irradiation: Radiosensitivity of hexaploidy wheat (*Triticum aestivum* L.). *PLOS ONE*, 11(10): e0165187. doi:10.1371/journal.pone.0161700
- Hasan N., Choudhary S., Laskar N., Sharma N. (2022). Comparative study of cadmium nitrate and lead nitrate [Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> and Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] stress in cytophysiological parameters of *Capsicum annuum* L. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 63, 627–641. doi: 10.1007/s13580-021-00417-z

5. Hase Y., Satoh K., Seito H., Oono, Y. (2020). Genetic consequences of acute/chronic gamma and carbon ion irradiation of *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science*, 2020, 11, 336. doi: 10.3389/fpls.2020.00336
6. Li F., Shimizu A., Nishio T., Tsutsumi N., Kato H. (2019). Comparison and characterization of mutations induced by gamma ray and carbon-ion irradiation in rice (*Oryza sativa* L.) using whole genome resequencing. *G3 Genes Genomes Genetic*, 9, 3743–3751. doi: 10.1534/g3.119.400555
7. 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
8. 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.
9. Shu Q.Y., Forster B.P., Nakagava H., Plant mutation breeding and biotechnology. CABI publishing, Vienna, 2013. P. 611.
10. 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.
11. Udage A. (2021). Introduction to plant mutation breeding: different approaches and mutagenic agents. *Journal of Agricultural Sciences – Sri Lanka*. 16, 466. doi: 10.4038/jas.v16i03.9472
12. Von Well E., Fossey A., Booyse M. (2018). Efficiency of energy conversion and growth of gamma irradiated embryos and young seedlings of *Triticum monococcum* L. cultivar Einkorn. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 11, 75–82. doi:10.1016/j.jrras.2017.09.004
13. Wu J., Zhang J., Lan F., Fan W., Li W. (2019). Morphological, cytological, and molecular variations induced by gamma rays in ground-grown chrysanthemum 'Pinkling'. *Canadian Journal of Plant Science*, 2019, 100, 68–77. doi: 10.1139/cjps-2019-006

**Горщар В.І., Назаренко М.М. Порушення показників онтогенезу у першому поколінні пшениці озимої при дії азиду натрію**

Використання та дослідження нових супермутагенів з метою індукції спадкових змін у злакових культур є актуальним для підвищення стабільності агроценозів колосових культур за продуктивністю та якістю. **Мета.** Метою було показати вірогідні депресивні наслідки при дії мутагену азиду натрію для першої генерації сортів рослин пшениці озимої м'якої по показниках схожості, виживання, стерильності, параметрів структури врожайності для встановлення задовільного протоколу дії окремих концентрацій мутагену для отримання необхідної кількості рослинного матеріалу. **Методи:** Насіння 8 сортів пшениці озимої Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна обробляли розчином хімічного мутагену азиду натрію у концентраціях 0,01%, 0,025%, 0,05%, 0,1%. У поколінні M1 була оцінена схожість, виживання, фертильність зерен пилку, проводили аналіз ознак структури врожайності. **Результати.** Встановлено, що дія азиду натрію суттєво сильніша с точку зору прояву мутагенної

депресії ніж у раніше досліджених хімічних мутагенів. Як правило, зі зростанням концентрації мутагену показники онтогенезу та структури врожайності лінійно знижуються, але можливі варіанти для деяких сортів при дії концентрації азиду натрію 0,01%. Також використання азиду натрію навіть в помірних концентраціях призводить до суттєвої затримки настання окремих фенофаз, без залежності від вихідної форми в характері дії. Азид натрію у концентрації 0,01% був визначений за дією як напівлетальний. Особливості протікання онтогенезу під впливом даного чинника здатні мати генотип-специфічний характер. Серед параметрів структури за відтворенням мутагенної депресії виділилися як найбільш достовірні висота рослини, МТЗ, вага зерна з головного колосу. Ознаки вага зерно з рослини в цілому варіює у відповідності з підвищенням концентрацій в цілому, але іноді її реакція відрізняється в межах окремого генотипу. **Висновки.** Азид натрію як мутаген показав доволі високу для хімічного супермутагена ушкоджувальну здатність за проявом депресії по моніторинговим показникам. Надійними параметрами для встановлення факту мутагенної депресії в залежності від концентрації та генотипу є схожість та виживання, зростання стерильність пилку, висота рослини, вага зерна з головного колосу, маса тисячі зерен. Генотип-мутагенна взаємодія в плані прояву депресії визначається в двох ефектах – підвищення загибелі після періоду Perezimivli у деяких сортів та більш низької варіативності у показника ваги зерна з рослини. Фактори генотипу та концентрація мутагену при дії даного супермутагену завжди статистично вагомі для модельних показників.

**Ключові слова:** пшениця озима, мутагенез, супермутаген, азид натрію.

**Horshchar V.I., Nazarenko M.M. Disturbance of ontogenesis parameters in the first generation of winter wheat under the action of sodium azide**

The use and research of new supermutagens for the purpose of inducing hereditary changes in cereal crops is relevant for increasing the stability of grain crops agrocenoses in terms of yield and quality. **Purpose.** The aim was to show the likely depressive consequences of the action of the mutagen sodium azide for the first generation of winter soft wheat plant varieties in terms of germination, survival, sterility, parameters of the yield structure in order to establish a satisfactory protocol for the action of individual concentrations of the mutagen to obtain the required amount of plant material. **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 sodium azide in concentrations 0,01%, 0,025%, 0,05%, 0,1%. Germination, survival, and fertility of pollen grains were evaluated in the M<sub>1</sub> generation, and the parameters of the yield structure were analyzed. **Results.** It was established that the action of sodium azide is significantly stronger from the point of view of manifestation of mutagenic depression than that of previously studied chemical mutagens. As a rule, with an increase in the concentration of the mutagen, the indicators of ontogenesis and yield structure decrease linearly, but options are possible for some varieties under the influence of a concentration of sodium azide of 0.01%. Also, the use of sodium azide even in moderate concentrations leads to a significant delay in the onset of individual phenophases, regardless of the nature of the action of the original form. Sodium azide in a concentration of 0.01%

was determined by its action as semi-lethal. Features of the course of ontogenesis under the influence of this factor can have a genotype-specific character. Among the parameters of the structure based on the reproduction of mutagenic depression, the most reliable plant height, TGW, and grain weight from the main spike stood out. The weight of the grain from the plant as a whole varies in accordance with the increase in concentration in general, but sometimes its reaction differs within the boundaries of a separate genotype. **Findings.** Sodium azide as a mutagen showed a rather high damaging capacity for a chemical supermutagen by the manifestation of depression according to monitoring indicators. Reliable parameters for

establishing the fact of mutagenic depression, depending on the concentration and genotype, are germination and survival, growth, pollen sterility, plant height, grain weight from the main spike, weight of a thousand grains. Genotype-mutagenic interaction in terms of the manifestation of depression is determined in two effects increased death after the overwintering period for some varieties and lower variability for the trait of grain weight from the plant. Factors genotype and mutagen concentration under the action of this supermutagen are always statistically significant for model traits.

**Key words:** winter wheat, mutagenesis, supermutagen, sodium azide.