# АНОТАЦІЯ

*Діденко В. В.* Створення нових форм у пшениці озимої за дії хімічних чинників на базі адаптованого місцевого матеріалу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агрономія. – Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, 2026.

У дисертаційній роботі показано реальні можливості формування високопродуктивних агроценозів озимої пшениці з поліпшеними показниками якості зерна за рахунок використання високоактивних хімічних супермутагенів — азиду натрію (АН) та етилметансульфонату (ЕМС). Наголошено на актуальності пошуку нових підходів до індукції штучного біорізноманіття в сучасних сортів озимої пшениці.

Метою дослідження було з'ясувати особливості дії високоактивних хімічних супермутагенів і визначити оптимальні умови їхнього застосування для отримання стабільних, продуктивних та якісних агроценозів озимої пшениці з прогнозованими параметрами зернової якості.

Озима пшениця залишається стратегічною культурою для регіонів із контрастними й нестійкими агрокліматичними умовами. Використання мутагенів щодо різноманітного еколого-географічного матеріалу створює підґрунтя для формування цінних малих спадкових змін у конкретних генотипах. Такі модифікації здатні спричиняти приховані комплексні зрушення, що підвищують біохімічну цінність зерна без небажаних кореляцій між ознаками. У цьому контексті перспективним напрямом є поглиблене вивчення індукторів спадкової мінливості, насамперед високоактивних хімічних супермутагенів.

Для обох хімічних мутагенів дія в першому поколінні супроводжувалася вираженою мутагенною депресією, що проявлялася вже на ранніх етапах онтогенезу як зниження польової схожості та подальше зменшення частки рослин, які доживали до формування продуктивних стебел.

Азид натрію виявився більш жорстким за дією, ніж ЕМС, оскільки за порівнюваних рівнів концентрацій показав сильніший спад як схожості, так і виживання. Найвищі концентрації, особливо азиду натрію, фактично наближали режими обробки до напівлетальних, втрати рослин ставали визначальним обмеженням обсягу популяції, доступної для дослідження. Загальна тенденція однакова в обох сортів, але Ігриста реагувала чутливіше, тоді як Вежа загалом зберігала вищу польову витривалість на відповідних концентраціях (особливо помітно на верхніх дозових рівнях).

Фертильність пилку була надійним інтегральним індикатором мутагенної депресії. В обох сортів вона статистично значуще знижувалася вже на мінімальних концентраціях і послідовно зменшувалася зі зростанням концентрації як за дії ЕМС, так і за азиду натрію.

Серед елементів структури врожайності найбільш чутливими до мутагенної депресії виявилися показники, пов’язані з реальним виходом зерна: маса зерна з колоса, маса зерна з рослини та маса 1000 зерен. Вони реагували узгоджено, зі зростанням концентрації спостерігалося послідовне зниження показників, причому азид натрію формував глибший спад і раніше переводив популяцію в зону критичних втрат продуктивності.

Оптимальний діапазон концентрацій для формування численної, репрезентативної популяції в межах наведених варіантів найбільш логічно пов’язувати з нижчими та середніми концентраціями: для ЕМС — 0,025–0,05%, для АН — 0,01–0,025%. Вищі концентрації (ЕМС 0,1% та АН 0,05–0,1%) доцільні лише тоді, коли свідомо приймаються втрати заради варіативності добору та максимальної контрастності матеріалу.

Фоновий рівень цитогенетичної мінливості в контролі був мінімальним і стабільним, що підтверджує коректність тест-системи й придатність обох сортів (Вежа та Ігриста) для порівняльної оцінки мутагенної дії. Відповідно, зареєстровані зрушення у варіантах обробки можна інтерпретувати саме як наслідок впливу мутагенів.

Етилметансульфонат формував чітку дозозалежну реакцію: зі зростанням концентрації послідовно збільшувалися загальна частота хромосомних порушень і частота основних типів аберацій. Для ЕМС характерний ефект насичення на верхній дозі (плато для утворення фрагментів), підвищення концентрації до 0,1% збільшувало загальний рівень ушкоджень, але вже не давало пропорційного приросту деяких маркерних ушкоджень хромосомного апарату (насамперед, фрагментів).

Азид натрію загалом проявив себе як більш активний чинник: у робочому діапазоні концентрацій він забезпечував високий рівень цитогенетичної активності, проте на максимальній дозі проявлялися ознаки цитотоксичності (у Вежі — тенденція до зниження частоти аберацій на рівні 0,1% як типова реакція на летальні наслідки для частини клітин із важкими ушкодженнями). За дії ЕМС різниця між сортами була помірною: Ігриста зазвичай демонструвала дещо більшу чутливість, але загальний тренд залишався подібним у обох генотипів. За АН генотиповий компонент проявлявся виразніше, а також була статистично значущою взаємодія генотип−концентрація, тобто сортова реакція на зростання концентрації була неоднаковою.

Рідкісні аберації (мікроядра, відстаючі хромосоми) загалом підтвердили характер індукції від концентрації, однак генотиповий внесок для них був менш вираженим, ніж для фрагментів. Пік таких порушень формувався переважно за підвищених концентрацій. Комплексні перебудови (клітини з двома і більше аберраціями) різко зростали зі збільшенням концентрації, що є індикатором переходу від робочої мутагенної дії до зони підвищеної геномної нестабільності. Дискримінантний аналіз підтвердив, що найбільш інформативними індикаторами мутагенної дії є: загальна частота хромосомних перебудов, кількість фрагментів (і подвійних фрагментів).

Загальна частота мутацій у $M_2$–$M_3$ є чітко дозозалежною для обох мутагенів. За ЕМС частота мутантних сімей зростала зі збільшенням концентрації в обох сортів. Азид натрію в середньому індукував вищий вихід мутантних сімей, ніж ЕМС. Максимальна концентрація АН 0,1% у Ігристої

супроводжувалася зменшенням обсягу матеріалу (450 сімей), що вказує на наближення до межі практичної доцільності.

Генотип є значущим фактором, що зумовлює частоту мутацій. Виявлено достовірний вплив концентрації та сорту на загальну частоту мутацій: Вежа загалом формувала вищий вихід мутантних сімей, ніж Ігриста, за однакових концентрацій. Інтегративний показник «рівень мінливості» є інформативнішим за просту частоту мутацій, бо враховує ще й різноманіття спектра змінених ознак. Найбільш чутливими (і частотними) виявилися ознаки першої (архітектура пагона) та четвертої групи (ознаки росту та розвитку). Для ЕМС максимальні частоти часто знаходимо в сорту Вежі за вищої концентрації (висота, восковість), а для дії АН характерні зміни більше для першої групи ознак. Оптимальним діапазоном є АН 0,025–0,05% та ЕМС 0,05%. Сорт Вежа — більш придатний об’єкт для отримання широкого пулу спадкових змін у помірних концентраціях. Сорт Ігриста може потребувати обережнішого підбору режимів за високих доз. Загалом місцеві форми цілком придатні як вихідний матеріал для мутаційного процесу.

Азид натрію в помірних дозах є ефективним інструментом для поліпшення біохімічної якості зерна пшениці озимої за вмістом та якістю білка, наявністю корисних мікроелементів. За вдалого підбору вихідної форми (сорт Ігриста) можливе отримання порівняно високої кількості таких форм. Лінії 41 і 44 поєднують відмінні показники технологічної якості (підвищений уміст білка, сильна клейковина, високий рівень високомолекулярних глютенінів за помірного рівня низькомолекулярних) із високою врожайністю, що робить їх реальними кандидатами для районування як сортів. Лінії 32, 35 теж оптимальні за якістю та вищі за стандарт за врожайністю переважно більше заслуговують на увагу як донори для генетичного поліпшення пшениці озимої.

**Ключові слова:** озима пшениця, екологічна генетика, злаки, етилметансульфонат, азид натрію, спадкова варіабельність, мутагенез.

## ABSTRACT

*Didenko V. V.* Creation of new forms in winter wheat under the action of chemical factors based on adapted local material. – Qualification scientific work (manuscript).

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy by specialty 210 – Agronomy. – Dnipro State Agrarian and Economic university, Dnipro, 2026.

The dissertation demonstrates the practical feasibility of forming highly productive winter wheat agrocenoses with improved grain quality traits through the use of highly active chemical supermutagens—sodium azide and ethyl methanesulfonate (EMS). The work emphasizes the relevance of developing new approaches to induce artificial biodiversity in modern winter wheat varieties.

The aim of the study was to clarify the specific effects of highly active chemical supermutagens and to determine optimal application conditions for obtaining stable, productive, high-quality winter wheat agrocenoses with predictable grain-quality parameters.

Winter wheat remains a strategic crop for regions with contrasting and unstable agroclimatic conditions. Applying mutagens to diverse eco-geographical material provides a basis for generating valuable minor heritable changes in specific genotypes. Such modifications may cause hidden, complex shifts that increase the biochemical value of grain without undesirable trait correlations. In this context, an in-depth study of inducers of heritable variability—primarily highly active chemical supermutagens—is a promising direction.

For both chemical mutagens, the first generation was characterized by pronounced mutagenic depression, manifested at early ontogenetic stages as reduced field germination and a further decrease in the proportion of plants surviving to produce productive stems.

Sodium azide proved to be harsher in action than EMS: at comparable concentration ranges it caused stronger declines in both germination and survival. The highest concentrations—especially for sodium azide—brought the treatment regimes close to semi-lethal levels, where plant losses became the key limitation for the size of

the population available for analysis. The general trend was similar in both varieties, but Igrysta responded more sensitively, whereas Vezha generally retained higher field endurance at the corresponding concentrations (most clearly at the upper dose levels).

Pollen fertility served as a reliable integral indicator of mutagenic depression. In both varieties, it decreased significantly already at the lowest concentrations and declined consistently with increasing concentration under both EMS and sodium azide.

Among yield-structure elements, the most sensitive to mutagenic depression were traits directly determining grain output—grain weight per spike, grain weight per plant, and thousand-kernel weight. These traits responded coherently: increasing concentrations led to a stepwise reduction, and sodium azide produced a deeper decline and earlier shifted the population into a zone of critical productivity losses.

Within the tested variants, the most reasonable concentration range for maintaining a numerous, representative population is associated with lower and medium concentrations of EMS (0.025–0.05%) and SA (0.01–0.025%). Higher concentrations (EMS 0.1% and SA 0.05–0.1%) are justified only when losses are deliberately accepted in exchange for stronger contrast and broader selection variability.

The background level of cytogenetic variability in the control was minimal and stable, confirming the adequacy of the test system and the suitability of both varieties (Vezha and Igrysta) for comparative assessment of mutagenic effects. Accordingly, the shifts recorded in treated variants can be interpreted as consequences of mutagen action.

EMS produced a clear dose-dependent response: increasing concentration consistently increased the overall frequency of chromosomal abnormalities and the frequencies of the main aberration types. For EMS, a saturation effect at the highest dose was observed (a plateau for fragment formation): raising concentration to 0.1% increased the overall damage level but did not yield a proportional increase in some marker lesions of the chromosomal apparatus, especially fragments.

Sodium azide (SA) generally behaved as the more active factor: within the working concentration range it provided high cytogenetic activity, but at the maximum

dose signs of cytotoxicity appeared (in Vezha, a tendency toward decreased aberration frequency at 0.1%, typical of lethal effects on a portion of cells carrying severe damage). Under EMS, varietal differences were moderate: Igrysta usually showed slightly higher sensitivity, while the overall trend remained similar for both genotypes. Under SA, the genotype component was more pronounced, and the genotype × concentration interaction was statistically significant, indicating that varietal responses to increasing concentration were not identical.

Rare aberrations (micronuclei, lagging chromosomes) generally confirmed concentration-dependent induction, but genotype effects were weaker than for fragments. Peaks for these lesions were mainly formed at elevated concentrations. Complex rearrangements (cells with two or more aberrations) increased sharply with concentration, indicating a transition from a working mutagenic regime to a zone of elevated genomic instability. Discriminant analysis confirmed that the most informative indicators of mutagenic action are the overall frequency of chromosomal rearrangements and the number of fragments (including double fragments).

The overall mutation frequency in $M_2$–$M_3$ is clearly dose-dependent for both mutagens. Under EMS, the frequency of mutant families increased with concentration in both varieties. On average, sodium azide induced a higher output of mutant families than EMS. For Igrysta, the maximum concentration SA 0.1% was accompanied by a reduced material volume (450 families), indicating approach to the limit of practical feasibility.

Genotype is a significant factor determining mutation frequency. A reliable effect of concentration and variety on the total mutation frequency was found; Vezha generally produced a higher output of mutant families than Igrysta at the same concentrations. The integrative indicator “variability level” is more informative than simple mutation frequency because it also reflects the diversity of the spectrum of altered traits. The most sensitive (and frequent) were traits of the first (shoot architecture) and fourth (growth and development traits) groups. For EMS, maximum frequencies were often observed in Vezha at the higher concentration (height, waxiness), whereas for SA, changes were more typical for the first trait group. The

optimal range is SA 0.025–0.05% and EMS 0.05%. Vezha is a more suitable object for obtaining a broad pool of heritable changes at moderate concentrations. Igrysta may require more cautious selection of regimes at high doses. Overall, local forms are suitable as starting material for mutation breeding.

Sodium azide at moderate doses is an effective tool for improving the biochemical quality of winter wheat grain in terms of protein content and quality and the presence of beneficial microelements. With a well-chosen initial form (Igrysta), a comparatively high number of such forms can be obtained. Lines 41 and 44 combine excellent technological quality traits (increased protein content, strong gluten, high levels of high-molecular-weight glutenins with moderate levels of low-molecular-weight fractions) with high yield, making them realistic candidates for regional release as varieties. Lines 32 and 35 are also optimal in quality and exceed the standard in yield, but are primarily of interest as donors for genetic improvement of winter wheat.

**Key words:** winter wheat, ecological genetics, cereals, ethyl methanesulfonate, sodium azide, heritable variability, mutagenesis.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті в наукових фахових виданнях України:

1. **Діденко В. В.**, Назаренко М. М. Депресія вихідного матеріалу пшениці озимої в залежності від сорту та типу чинника. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 132. С. 47–53. Режим доступу: *https://doi.org/*10.32782/2226-0099.2023.132.6 *(Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)*

2. **Didenko V.**, Nazarenko M. Impact of ecogenetic factors on cytogenetic variability of winter wheat. *Agrology*. 2025. Vol. 8, No. 1. P. 16–24. DOI: 10.32819/202503. *(Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)*

3. **Діденко В. В.**, Назаренко М. М. Особливості індукції мутацій у пшениці озимої степового екотипу. *Аграрні інновації*. 2025. Вип. 31. С. 167–111. Режим доступу: *https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.26 (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)*

4. **Didenko V.**, Nazarenko M. Advantageous of chemical high genetic active mutagens action on well local-adapted bread wheat germplasm. *Agrology*. 2025. Vol. 8, No. 4. P. 209–215. DOI: 10.32819/202524. *(Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)*

### Тези наукових доповідей:

5. **Didenko V.**, Nazarenko M. Mutagen depression effects on the first stages of winter wheat plants development. *Досягнення та концептуальні напрями розвитку сільськогосподарської науки в сучасному світі*: матеріали IV Всеукр. науково-практ. конф., присвяченої пам’яті вченого-селекціонера в галузі баштанництва І. І. Колесника (29 листопада 2022 р., с. Олександрівка, Дніпропетровська обл., Україна). Дніпро, 2022. С. 92-95. *(Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).*

6. **Didenko V.**, Nazarenko M., Izhboldin O. Mutagen depression effects on the winter wheat varieties depending on the type of variety and interaction with mutagen

factor. *Матеріали VII Міжнар. науково-практ. конф. «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур»* (м. Дніпро, 21–22 листопада 2023 р.). Дніпро: ДДАЕУ, 2023. С. 48-49. *(Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).*

7. **Didenko V.**, Nazarenko M. Cytologycal variabiliyt under EMS and AN action. *Матеріали VIII Міжнар. науково-практ. конф. «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур»* (м. Дніпро, 19–20 листопада 2024 р.). Дніпро : ДДАЕУ, 2024. С. 109-110. *(Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті).*

8. **Didenko V.**, Nazarenko M. Influence of ecogenetic factors on cytogenetic variability of winter wheat. *Досягнення та концептуальні напрями розвитку сільськогосподарської науки в сучасному світі*: матеріали V Всеукр. науково-практ. конф. (10 квітня 2025 р., с. Олександрівка, Дніпропетровська обл., Україна). С. 105–110. *(Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті).*

9. **Didenko V.**, Nazarenko M. Generating useful variation in winter wheat via sodium azide. *Матеріали IX Міжнар. науково-практ. конф. «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур»* (м. Дніпро, 19–20 листопада 2025 р.). Дніпро: ДДАЕУ, 2025. С. 99-102. *(Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті).*