

БІОТЕХНОЛОГІЯ

УДК 633.11:577.1

DOI: <https://doi.org/10.47414/np.33.2025.349439>

Отримання поліплоїдних форм буряків залежно від тривалості обробки насіння оризалином

 О. С. Гораш*,  Р. І. Климишена

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», вул. Шевченка, 12, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., 32316, Україна, *e-mail: GorashAS@gmail.com

Мета. Оцінити вплив тривалості обробки насіння буряків оризалином на його посівні якості, ранній розвиток проростків та індукцію поліплоїдії. **Методи.** Дослідження проведено на насінні чотирьох сортів буряків: цукрових – ‘Білоцерківський 65’ та ‘Український ЧС 90’, напівцукрових – ‘Поліський напівцукровий’ та ‘Уманський напівцукровий’. Насіння обробляли оризалином протягом 3, 6 та 12 годин; контроль – необроблене насіння. Після обробки насіння промивали водою і висушували до повітряно-сухого стану. Оцінювали посівні якості насіння (енергія проростання на 4-ту та схожість на 10-ту добу), біометричні (довжина корінця та проростка, частка загиблих проростків) та цитологічні показники (частка міксо-, анеу- і тетраплоїдних клітин). Пророщували насіння на зволоженому фільтрувальному папері за температури 20–22 °С та відносної вологості повітря 70–75 %.

Результати. Зі збільшенням тривалості обробки оризалином спостерігалось поступове зниження енергії проростання та схожості насіння: за тригодинної обробки вони залишалися високими (цукрові – 91–92 %, напівцукрові – 89–90 %), тоді як 12-годинна експозиція зменшувала їх до 63–66 % та 70–74 % відповідно. Вживаність проростків на 21-шу добу знижувалася з 88–91 % у контролі до 61–64 % за 12-годинної обробки, водночас частка загиблих проростків зростала до 26–30 %, а довжина проростка та корінця скорочувалася на 27–32 % і 32–37 % відповідно. Тривалість обробки оризалином прямо впливала на формування клітин з підвищеним рівнем плоїдності: вже після короткочасної обробки з’являлися міксоплоїдні (3–5 %), анеуплоїдні (2–3 %) та тетраплоїдні клітини (8–11 %), тоді як 12-годинна експозиція збільшувала їх частку до 10–11, 7–9 та 18–21 % відповідно. Цукрові сорти демонстрували дещо вищу стійкість до дії оризалину порівняно з напівцукровими. **Висновки.** Вживаність проростків та ростові процеси буряків закономірно знижуються зі збільшенням тривалості обробки оризалином. Тривала експозиція ефективно індукуює поліплоїдизацію, формуючи міксо-, анеу- та тетраплоїдні клітини. Максимальний ефект індукованої поліплоїдизації досягається у разі 12-годинної обробки, що підтверджує доцільність використання оризалину в селекційних програмах буряків.

Ключові слова: проростки; стрес; сорти; поліплоїдизація; мутаген.

Як цитувати: Гораш О. С., Климишена Р. І. Отримання поліплоїдних форм буряків залежно від тривалості обробки насіння оризалином. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2025. Вип. 33. С. 137–145. <https://doi.org/10.47414/np.33.2025.349439>



© The Author(s) 2025. Published by Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS of Ukraine. This is an open access article distributed under the terms of the license CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Вступ

Поліплоїдизація є одним із ключових методів індукції генетичної мінливості у рослин, що дає змогу створювати нові генотипи з підвищеною продуктивністю, поліпшеними морфометричними характеристиками та підвищеною стійкістю до біо- та абіотичних чинників. Особливо ефективним є застосування хімічних поліплоїдизуючих агентів для отримання поліплоїдних форм буряків, оскільки збільшення кількості хромосом може істотно впливати на масу насіння, врожайність та якісні показники, зокрема цукристість коренеплодів [1].

Оризалін (дітрикарбамід) належить до перспективних хімічних мутагенів, здатних ефективно індукувати поліплоїдизацію у сільськогосподарських культур. Водночас дія оризаліну має чітко виражений дозо- та часозалежний характер, а тривалість обробки насіння істотно впливає на частоту утворення поліплоїдних форм, життєздатність проростків і морфометричні параметри рослин [2].

Сучасна селекція буряків спрямована на підвищення продуктивності, поліпшення якості насіння та формування стійкості до стресових факторів. Одним із ефективних підходів до досягнення цих завдань є індуквана поліплоїдизація, що дає змогу отримувати форми з новими морфологічними та фізіологічними властивостями. Відомо, що поліплоїдизація сприяє збільшенню розмірів клітин, зростанню маси насіння та поліпшенню господарсько-цінних ознак рослин [3, 4].

Для індукції поліплоїдизації та створення форм із різним рівнем плоїдності традиційно застосовують хімічні мутагени, насамперед колхіцин [5, 6]. Результати досліджень [7, 8] свідчать, що ефективність дії мутагенів визначається їхньою природою, концентрацією та тривалістю обробки, що безпосередньо відбивається на життєздатності проростків і формуванні морфометричних ознак у поколіннях M_1 і M_2 .

В Україні проблематика отримання поліплоїдних форм буряків залишається недостатньо вивченою і в більшості робіт обмежується застосуванням колхіцину [9]. При цьому основну увагу приділяють цукровим сортам, тоді як напівцукрові форми та оцінювання впливу різної тривалості обробки насіння хімічними агентами залишаються малодослідженими [10–13]. Наявні публікації засвідчують, що використання високих концентрацій мутагенів істотно знижує енергію проростання й польову схожість насіння, проте водночас сприяє утворенню тетра- та анеуплоїдних форм, які можуть мати значну селекційну цінність [14–17].

Отже, актуальність подібних досліджень зумовлена необхідністю визначення оптимальних умов обробки насіння буряків оризаліном з метою отримання поліплоїдних форм із високим селекційним потенціалом, а також оцінювання впливу такої обробки на морфометричні, фізіологічні та лабораторні показники насіння різних сортів.

Мета досліджень – оцінити вплив тривалості обробки насіння буряків оризаліном на його посівні якості, ранній розвиток проростків та індукцію поліплоїдії.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили на насінні буряків чотирьох сортів: двох цукрових – ‘Білоцерківський 65’ та ‘Український ЧС 90’, і двох напівцукрових – ‘Поліський напівцукровий’ та ‘Уманський напівцукровий’.

Насіння обробляли хімічним мутагеном оризаліном за різної експозиції (3, 6 і 12 годин). Контрольні зразки оризаліном не обробляли. Після завершення обробки насіння промивали проточною водою впродовж однієї години та висушували до повітряно-сухого стану.

Для оцінки впливу тривалості обробки оризаліном на якість насіння визначали такі показники, як посівні якості – енергія проростання (на 4-ту добу) та схожість насіння (на 10-ту добу) у стандартних умовах; біометричні показники – довжина корінця та проростка, частка загиблих проростків, а також ефективність індукції поліплоїдії – частка міксо-, анеу- і тетраплоїдних клітин у проростках.

Пророщування насіння здійснювали в лабораторних умовах на зволоженому фільтрувальному папері за температури 20–22 °С та відносної вологості повітря 70–75 %. Кожен варіант досліду включав 100 насінин, повторність – чотириразова [18].

Ефективність індукованої поліплоїдизації оцінювали за результатами цитологічного аналізу проростків. Частку клітин з різним рівнем плоідності визначали методом мікроскопічного аналізу кореневих меристем після фарбування ядер ацетокарміном. Ураховували клітини міксоплоїдні (з неоднорідним хромосомним набором), анеуплоїдні (зі зменшеною або збільшеною кількістю хромосом порівняно з диплоїдним набором) і тетраплоїдні (з подвоєним хромосомним набором).

Підрахунок здійснювали не менш як у 50 клітинах для кожного варіанта обробки. Частку клітин кожного типу визначали у відсотках від загальної кількості проаналізованих клітин [19, 20].

Статистичну обробку експериментальних даних виконували методом дисперсійного аналізу з обчисленням $HP_{0,05}$ для оцінки достовірності різниць між дослідними варіантами.

Результати досліджень

Результати досліджень свідчать, що зі збільшенням тривалості обробки насіння оризалином з 3 до 12 годин відбувалося поступове зниження як енергії проростання, так і лабораторної схожості у всіх досліджуваних сортів буряків.

Найвищі показники схожості насіння відмічено за тривалості обробки три години: у цукрових сортів вони становили 91–92 %, а у напівцукрових – 89–90 %. За такої експозиції зниження посівних якостей порівняно з контролем мало незначний характер.

Найвираженіше пригнічення проростання зафіксовано за тривалості обробки 12 годин, коли енергія проростання зменшувалася до 63–66 %, а схожість насіння – до 70–74 %. При цьому цукрові сорти ('Білоцерківський 65' та 'Український ЧС 90') виявили дещо вищу стійкість до дії оризалину порівняно з напівцукровими формами.

Дисперсійний аналіз показав, що різниця між контролем та варіантами обробки тривалістю 6 і 12 годин є статистично достовірною для всіх досліджуваних сортів як за енергією проростання, так і за схожістю насіння. Водночас варіанти з тригодинною обробкою у ряді сортів не мали статистично значущих відмітностей порівняно з контролем, що свідчить про помірний вплив короточасної дії оризалину на життєздатність насіння (табл. 1).

Таблиця 1

Посівні якості насіння буряків залежно від тривалості обробки оризалином

Сорт	Тривалість обробки	Енергія проростання, %	Схожість, %
'Білоцерківський 65'	Контроль	92	96
	3 год	87	91
	6 год	78	83
	12 год	64	72
'Український ЧС 90'	Контроль	93	97
	3 год	88	92
	6 год	79	85
	12 год	66	74
'Поліський напівцукровий'	Контроль	90	95
	3 год	85	89
	6 год	77	82
	12 год	63	70
'Уманський напівцукровий'	Контроль	91	95
	3 год	86	90
	6 год	78	83
	12 год	65	72
$HP_{0,05}$		3,2	3,5

Результати досліджень засвідчили, що на 21-шу добу після обробки насіння оризалином виживаність проростків зменшувалася пропорційно зі збільшенням тривалості експозиції.

Найкритичнішим виявився варіант з 12-годинною обробкою, за якого виживаність становила 61–64 %, тоді як частка нежиттєздатних проростків досягала 38–39 %. Паралельно зі зростанням тривалості обробки відмічалася істотне зменшення середньої довжини проростка, що свідчить про пригнічення ростових процесів.

Цукрові сорти характеризувалися дещо вищою стійкістю до дії мутагену порівняно з напівцукровими формами, що узгоджується з раніше отриманими результатами щодо морфометричних показників насіння та частки пошкоджених насінин (табл. 2).

Таблиця 2

Проростання насіння буряків після обробки оризалином на 21-шу добу

Сорт	Тривалість обробки	Вживаність проростків, %	Частка нежиттєздатних проростків, %	Середня довжина проростка, см
‘Білоцерківський 65’	Контроль	90	10	6,2
	3 год	85	15	5,8
	6 год	75	25	5,1
	12 год	62	38	4,3
‘Український ЧС 90’	Контроль	91	9	6,3
	3 год	86	14	5,9
	6 год	76	24	5,2
	12 год	64	36	4,4
‘Поліський напівцукровий’	Контроль	88	12	5,9
	3 год	83	17	5,5
	6 год	73	27	4,9
	12 год	61	39	4,1
‘Уманський напівцукровий’	Контроль	89	11	6,0
	3 год	84	16	5,6
	6 год	74	26	5,0
	12 год	62	38	4,2
НІР _{0,05}		2,4	3,0	1,2

Дослідження показали, що тривалість обробки насіння оризалином суттєво впливає на виживаність проростків, частку нежиттєздатних рослин і середню довжину проростка на 21-шу добу після проростання (табл. 2).

Найвищі показники виживаності та максимальні значення довжини проростка зафіксовано у контрольних варіантах для всіх досліджуваних сортів. Вживаність проростків у контролі становила 62–91 %, а середня довжина проростка – 6,0–6,3 см.

Зі збільшенням тривалості обробки насіння оризалином відмічено чітку тенденцію до зниження виживаності проростків і скорочення їх довжини, водночас зростала частка нежиттєздатних рослин. Найбільш чутливими виявилися проростки за обробки тривалістю 12 годин, коли виживаність знижувалася до 61–64 %, а довжина проростка – до 4,1–4,4 см. Установлена закономірність свідчить про пряму залежність між тривалістю обробки оризалином і ступенем депресії проростків.

Аналіз фізіологічних показників показав, що тривалість обробки насіння оризалином істотно впливає на ріст і життєздатність проростків буряків. У контрольних варіантах для всіх сортів відзначено максимальні значення довжини корінця (5,0–5,2 см) і довжини проростка (5,3–5,5 см) за відсутності загиблих рослин.

За тривалості обробки насіння оризалином три години у цукрових сортів довжина корінця становила 4,7–4,8 см, а довжина проростка – 5,0–5,1 см. У напівцукрових форм відповідні показники були дещо нижчими – 4,6–4,9 см. Подальше збільшення тривалості обробки до 12 годин зумовлювало істотне зменшення довжини корінця та проростка, а також зростання частки загиблих проростків до 26–30 %.

Найбільший відсоток загиблих проростків відмічено за обробки насіння оризалином упродовж 12 годин – 18–21 %, тоді як за тригодинної обробки цей показник був мінімальним і становив 6–8 %. Загалом встановлено, що зі збільшенням тривалості обробки оризалином як у цукрових, так і у напівцукрових буряків закономірно зростає кількість загиблих проростків (табл. 3).

Таблиця 3

**Біометричні показники проростків буряків
за різної тривалості обробки насіння оризалином**

Сорт	Тривалість обробки	Довжина корінця, см	Довжина проростка, см	Загиблі, %
‘Білоцерківський 65’	Контроль	5,1	5,4	0
	3 год	4,7	5,0	7
	6 год	4,0	4,4	15
	12 год	3,2	3,7	29
‘Український ЧС 90’	Контроль	5,2	5,5	0
	3 год	4,8	5,1	8
	6 год	4,1	4,5	17
	12 год	3,3	3,8	30
‘Поліський напівцукровий’	Контроль	5,0	5,3	0
	3 год	4,6	4,9	6
	6 год	4,0	4,4	13
	12 год	3,4	3,8	26
‘Уманський напівцукровий’	Контроль	5,1	5,4	0
	3 год	4,7	5,0	7
	6 год	4,1	4,5	14
	12 год	3,3	3,7	28
НІР _{0,05}		0,2	0,4	3,0

Отримані результати свідчать про поступове зростання частки клітин з підвищеним рівнем плоідності у проростках буряків зі збільшенням тривалості обробки насіння оризалином. У контрольних варіантах міксоплоїдні, анеуплоїдні та тетраплоїдні клітини не виявлялися.

Після тригодинної обробки оризалином у проростках з’являлися перші міксоплоїдні та анеуплоїдні клітини, частка яких становила 3–5 %, тоді як частка тетраплоїдних клітин досягала 8–11 %.

Максимальні значення клітин з підвищеним рівнем плоідності зафіксовано у варіантах з 12-годинною обробкою насіння: частка міксоплоїдних клітин становила 10–11 %, анеуплоїдних – 7–9 %, тетраплоїдних – 18–21 % (табл. 4).

Незалежно від сортових особливостей буряків встановлено, що зі збільшенням тривалості обробки насіння оризалином істотно зростала частка міксоплоїдних і анеуплоїдних клітин у проростках, що підтверджує дозо- та часозалежний характер індукованої поліплоїдизації.

Отже, отримані дані підтверджують ефективність оризалину як поліплоїдизувального агента та свідчать про наявність чіткої дозо- і часозалежної закономірності утворення клітин із підвищеним рівнем хромосомного набору в проростках буряків.

**Частка формування міксо-, анеу- і тетраплоїдів
залежно від тривалості обробки насіння оризалином**

Сорт	Тривалість обробки	Міксоплоїди, %	Анеуплоїди, %	Тетраплоїди, %
‘Білоцерківський 65’	Контроль	0	0	0
	3 год	4	3	8
	6 год	6	5	15
	12 год	10	9	18
‘Український ЧС 90’	Контроль	0	0	0
	3 год	3	2	9
	6 год	6	4	16
	12 год	9	8	19
‘Поліський напівцукровий’	Контроль	0	0	0
	3 год	5	2	11
	6 год	8	4	17
	12 год	10	7	20
‘Уманський напівцукровий’	Контроль	0	0	0
	3 год	4	3	10
	6 год	7	5	16
	12 год	11	8	21
НІР _{0,05}		2,0	1,6	3,0

Висновки

Зі збільшенням тривалості обробки оризалином спостерігалось поступове зниження енергії проростання та схожості насіння: за тригодинної обробки вони залишалися високими (цукрові – 91–92 %, напівцукрові – 89–90 %), тоді як 12-годинна експозиція зменшувала їх до 63–66 % та 70–74 % відповідно.

Вживаність проростків буряків закономірно зменшується зі збільшенням тривалості обробки насіння оризалином – від 88–91 % у контролі до 61–62 % за 12-годинної експозиції, тоді як частка нежиттєздатних проростків зростає з 9–12 до 38–39 %. Найбільш виражений негативний ефект відмічено у напівцукрових сортів.

Тривала обробка оризалином призводить до істотного пригнічення ростових процесів: довжина проростка скорочується на 27–32 %, а довжина корінця – на 32–37 %. Частка загиблих проростків після 12 годин обробки досягає 26–30 %, при цьому більш чутливими виявилися сорти ‘Український ЧС 90’ та ‘Уманський напівцукровий’.

Аналіз розподілу хромосомних наборів у клітинах проростків підтверджує високу поліплоїдизувальну ефективність оризалину. Уже після короточасної обробки формуються міксоплоїдні (3–5 %), анеуплоїдні (2–3 %) та тетраплоїдні клітини (8–11 %), тоді як за 12-годинної обробки їхня частка зростає відповідно до 10–11, 7–9 і 18–21 %.

Тривалість обробки оризалином має прямий вплив на показники насіння і проростків буряків, а також на частоту утворення клітин із підвищеним рівнем плоїдності. Найбільш інтенсивні зміни зафіксовано після 12 годин обробки, при цьому максимальний ефект індукованої поліплоїдизації (формування міксоплоїдних і тетраплоїдних клітин) спостерігається у всіх досліджуваних сортів, що підтверджує доцільність використання оризалину в селекційних програмах.

Використана література

1. Hu T., Wei Q., Wang W. et al. Genome-wide identification and characterization of CONSTANS-like gene family in radish (*Raphanus sativus*). *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13, Iss. 9. Article e0204137. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204137>

2. Тігова А. В., Сорока А. І. Використання нових похідних диметилсульфату для отримання спадкових змін у льону олійного. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 4. С. 52–59. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201904-08>
3. Куліш О. Ю., Парій М. Ф. Новий морфотип овочевої кукурудзи, отриманий методом експериментального мутагенезу. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 10. С. 39–47. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202010-06>
4. Yun Pei, Yao N., He L. et al. Comparative study of the morphological, physiological and molecular characteristics between diploid and tetraploid radish (*Raphanus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 257. Article 108739. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108739>
5. Kim K. H., Moon E., Kim S. Y. et al. 4-Methylthiobutanyl derivatives from the seeds of *Raphanus sativus* and their biological evaluation on anti-inflammatory and antitumor activities. *Journal of Ethnopharmacology*. 2014. Vol. 151, Iss. 1. P. 503–508. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.003>
6. Сабадин В. Я. Дія мутагенів на генотипи ячменю ярого і формування цінних господарських ознак. *Збірник праць XI Міжнародної наукової конференції «Science progress in European countries: new concepts and modern solutions»*. Штутгарт, Німеччина, 2019. С. 154–161.
7. Тігова А. В., Сорока А. І., Дульнев П. Г. Спрямованість генетичних змін під впливом нових похідних диметилсульфату у льону олійного. *Цитологія і генетика*. 2022. Т. 56, № 1. С. 46–56.
8. Plant mutation breeding and biotechnology / ed. by Q. Y. Shu, B. P. Forster, H. Nakagawa. Vienna : IAEA, 2011. 801 p.
9. Козаченко М. Р. Ефективність способів індукування і використання мутацій в селекції ярого ячменю : автореф. ... дис. д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.05. Дніпропетровськ, 2001. 36 с.
10. Nazarenko M. Identification and characterization of mutants induced by gamma radiation in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2016. Vol. LIX. P. 350–353.
11. Назаренко М. М., Лихолат Ю. В., Хромих Н. О. Мутації у пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) під дією диметилсульфату. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2019. № 1. <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.007>
12. Бланковська Т. П., Трочинська Т. А. Розвиток зародкового мішка у другого та третього поколінь пшенично-житніх гібридів. *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2002. Т. 7, № 1. С. 243–248. URL: <http://visbio.onu.edu.ua/article/view/261477>
13. Козаченко М. Р. Експериментальний мутагенез в селекції ячменю. Харків : Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2010. 296 с.
14. Дем'яненко В. В., Логвиненко В. Ф., Семерунь Т. Б. Вивчення цитогенетичної активності мутагенних чинників на прикладі озимої пшениці. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2005. Т. 37, № 4. С. 313–319.
15. Wulansari A., Martin A. F., Ermayanti T. M. Induksi tanaman poliploid talas (*Colocasia esculenta* L.) dengan perlakuan orizalin secara *in vitro*. *Jurnal Biologi Indonesia*. 2017. Vol. 12, No 2. P. 297–305. URL: <https://jurnalbiologi.perbiol.or.id/home/article/aaa4ccff-dae7-44f6-a254-9b1b076bdc99>
16. Rahmi P., Witjaksono, Ratnadewi D. Induksi poliploidi tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica* Forssk.) kultivar salina *in vitro* dengan oryzalin. *Jurnal Biologi Indonesia*. 2019. Vol. 15, Iss. 1. P. 1–8. <https://doi.org/10.47349/jbi/15012019/1>
17. Sales W. S., Rêgo M. M., Araújo J. K. P. et al. Orizalin-induced polyploidy in *Capsicum annuum* L.: stress-responsive proteins and breeding potential. *Brazilian Journal of Biology*. 2025. Vol. 85. Article e294803. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.294803>
18. Пирог Т. П., Ігнатова О. А. Загальна біотехнологія. Київ : НУХТ, 2009. 336 с.
19. Юлевич О. І., Ковтун С. І., Гиль М. І. Біотехнологія. Миколаїв : МДАУ, 2012. 476 с.

20. Івченко Т. В., Корнієнко С. І., Віцєня Т. І. та ін. Клітинні технології створення вихідного селекційного матеріалу основних овочевих рослин в культурі *in vitro* : методичні рекомендації. Харків : Плеяда, 2013. 48 с.

References

1. Hu, T., Wei, Q., Wang, W., Hu, H., Mao, W., Zhu, Q., & Bao, C. (2018). Genome-wide identification and characterization of CONSTANS-like gene family in radish (*Raphanus sativus*). *PLoS ONE*, *13*(9), Article e0204137. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204137>
2. Tihova, A. V., & Soroka, A. I. (2019). Use of new derivatives of dimethyl sulphate for deriving hereditary variations at oil flax. *Bulletin of Agricultural Science*, *4*, 52–59. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201904-08> [In Ukrainian]
3. Kulish, O. Yu., & Parii, M. F. (2020). New morphotype of vegetable corn obtained by the method of experimental mutagenesis. *Bulletin of Agricultural Science*, *10*, 39–47. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202010-06> [In Ukrainian]
4. Pei, Y., Yao, N., He, L., Deng, D., Li, W., & Zhang, W. (2019). Comparative study of the morphological, physiological and molecular characteristics between diploid and tetraploid radish (*Raphanus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, *257*, Article 108739. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108739>
5. Kim, K. H., Moon, E., Kim, S. Y., Choi, S. U., Lee, J. H., & Lee, K. R. (2014). 4-Methylthiobutanyl derivatives from the seeds of *Raphanus sativus* and their biological evaluation on anti-inflammatory and antitumor activities. *Journal of Ethnopharmacology*, *151*(1), 503–508. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.003>
6. Sabadyn, V. Ya. (2019, May). Effect of mutagens on spring barley genotypes and formation of valuable economic traits. *Science progress in European countries: New concepts and modern solutions: Proceedings of the XI International Scientific Conference*, Stuttgart, Germany.
7. Tihova, A. V., Soroka, A. I., & Dulnev, P. H. (2022). Direction of genetic changes under the influence of new dimethyl sulfate derivatives in oil flax. *Cytology and Genetics*, *56*(1), 46–56. [In Ukrainian]
8. Shu, Q. Y., Forster, B. P., & Nakagawa, H. (Eds.). (2011). *Plant mutation breeding and biotechnology*. IAEA.
9. Kozachenko, M. R. (2001). *Efficiency of methods for inducing and using mutations in spring barley breeding* (Doctoral dissertation abstract). Dnipro. [In Ukrainian]
10. 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.
11. Nazarenko, M. M., Lykholat, Yu. V., & Khromykh, N. O. (2019). Mutations in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under the dimethyl sulfate action. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, *1*. <https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.007> [In Ukrainian]
12. Blankovska, T. P., & Trochynska, T. A. (2002). Development of embryo sac of wheat-rye hybrids of the second and third generations. *Odesa National University Herald. Biology*, *7*(1), 243–248. <http://visbio.onu.edu.ua/article/view/261477> [In Ukrainian]
13. Kozachenko, M. R. (2010). *Experimental mutagenesis in barley breeding*. V. Ya. Yuriev Institute of Plant Production. [In Ukrainian]
14. Demianenko, V. V., Lohvynenko, V. F., & Semerun, T. B. (2005). Study of cytogenetic activity of mutagenic factors on the example of winter wheat. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, *37*(4), 313–319. [In Ukrainian]
15. Wulansari, A., Martin, A. F., & Ermayanti, T. M. (2017). Induksi tanaman poliploid talas (*Colocasia esculenta* L.) dengan perlakuan orizalin secara *in vitro*. *Jurnal Biologi Indonesia*, *12*(2), 297–305.

16. Rahmi, P., Witjaksono, & Ratnadewi, D. (2019). Induksi poliploidi tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica* Forssk.) kultivar salina *in vitro* dengan oryzalin. *Jurnal Biologi Indonesia*, 15(1), 1–8. <https://doi.org/10.47349/jbi/15012019/1>
17. Sales, W. S., Rêgo, M. M., Araújo, J. K. P., Santos, A. M. S., Martins, F. B., Lima, J. A. M., Barbosa, J. M. S., Silva, S. T. P., Santos, C. A. L., & Rêgo, E. R. (2025). Oryzalin-induced polyploidy in *Capsicum annuum* L.: Stress-responsive proteins and breeding potential. *Brazilian Journal of Biology*, 85, Article e294803. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.294803>
18. Pyroh, T. P., & Ihnatova, O. A. (2009). *General biotechnology*. NUKHT. [In Ukrainian]
19. Yulevych, O. I., Kovtun, S. I., & Hyl, M. I. (2012). *Biotechnology*. MSAU. [In Ukrainian]
20. Ivchenko, T. V., Korniienko, S. I., & Vitsenia, T. I. (2013). *Cell technologies for creating initial breeding material of main vegetable plants in in vitro culture: Guidelines*. Pleiada. [In Ukrainian]

UDC 633.11:577.1

Horash, O. S.*, Klymyshena, R. I. (2025). Induction of polyploid beet forms depending on the duration of seed treatment with oryzalin. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 33, 137–145. <https://doi.org/10.47414/np.33.2025.349439> [In Ukrainian]

*HEI «Podillia State University», 12 Shevchenko St., Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi region, 32316, Ukraine, *e-mail: GorashAS@gmail.com*

Aim. To evaluate the effect of seed treatment duration with oryzalin on the sowing qualities of beet seed, early seedling development, and induction of polyploidy. **Methods.** The study was conducted on seeds of four beet varieties: sugar beet ‘Bilotserkivskyi 65’ and ‘Ukrainskyi ChS 90’; semi-sugar beet ‘Poliskyi Napivtsukrovyi’ and ‘Umanskyi Napivtsukrovyi’. Seeds were treated with oryzalin for 3, 6, and 12 hours. Control was with untreated seed. After treatment, seeds were rinsed with water and air-dried. Sowing qualities (germination energy on day 4 and germination rate on day 10), biometric parameters (rootlet and seedling length, proportion of dead seedlings), and cytological indicators (proportion of mixoploid, aneuploid, and tetraploid cells) were assessed. Seeds were germinated on moistened filter paper at 20–22 °C and relative air humidity of 70–75%. **Results.** With increasing duration of oryzalin treatment, a gradual decrease in germination energy and seed germination was observed: after three hours of treatment, these parameters remained high (91–92% in sugar beet and 89–90% in semi-sugar beet), whereas 12-hour exposure reduced them to 63–66% and 70–74%, respectively. Seedling survival on day 21 decreased from 88–91% in the control to 61–64% under 12-hour treatment, while the proportion of dead seedlings increased to 26–30%, and seedling and rootlet length decreased by 27–32% and 32–37%, respectively. Treatment duration directly influenced the formation of cells with increased ploidy level: even short-term treatment induced mixoploid (3–5%), aneuploid (2–3%), and tetraploid cells (8–11%), whereas 12-hour exposure increased their proportion to 10–11%, 7–9%, and 18–21%, respectively. Sugar beet varieties showed slightly higher tolerance to oryzalin compared with semi-sugar varieties. **Conclusions.** Seedling survival and growth processes of beet consistently decrease with increasing duration of oryzalin treatment. Prolonged exposure effectively induces polyploidisation, forming mixoploid, aneuploid, and tetraploid cells. The maximum effect of induced polyploidisation was achieved with 12-hour treatment, confirming the feasibility of using oryzalin in beet breeding programmes.

Keywords: seedlings; stress; varieties; polyploidisation; mutagen.

Надійшла / Received 03.10.2025

Погоджено до друку / Accepted 12.11.2025

Опубліковано онлайн / Published online 29.12.2025