

УДК 635.64; 631.53

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.2.16>

ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ СПОСОБІВ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ ПОМІДОРУ ЗА ОРГАНІЧНИХ ПІДХОДІВ

Шапко М.О. – молодший науковий співробітник лабораторії насіннезнавства і насінництва овочевих і баштанних культур, Інститут овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-8665-0562

Куц О.В. – д.с.-г.н., доцент кафедри рослинництва, Державний біотехнологічний університет
orcid.org/0000-0003-2053-8142

У статті наведено результати досліджень щодо визначення ефективності обробки насіння впливу фізичними факторами (низькі температури та озонування) та використання біопрепаратів на зміну біометричних параметрів рослин та урожайність насіння помідору за його вирощування в умовах відкритого ґрунту Лівобережного Лісостепу України. Дослідження проводили в 2023–2025 рр. в Інституті овочівництва і баштанництва НААН, які розташовані в лівобережному Лісостепу України. Дослідження реалізовано за вирощування помідору сорту *Базилевс* розсадним способом з використанням крапельного зрошення, схеми висаджування рослин в польових умовах 70 x 35 см та повністю біологічного захисту рослин (використання біопрепаратів інсектицидної та фунгіцидної дії). Встановлено, що підвищення енергії проростання насіння помідору забезпечує його обробка до посіву низькими температурами -40 ; -80 та -196 °С, озонування впродовж 20 хвилин з концентрацією від 1,0 до 1,5 мг/л, що забезпечує зростання параметру на 9,1–31,8 %. Лабораторна схожість насіння істотно підвищилася тільки за кріобробки з температурою -40 °С та озонування з нормою озону 1,5 м/кг (98,0–98,1 %). Доведено позитивна дія на зростання висоти рослин кріобробки з температурами -80 та -196 °С, озонування з концентраціями озону 0,5 та 1,0 м/кг, використання біопрепарату Мікохелп (збільшення на 10,2–13,9 %). За кріобробки -40 °С та застосування Мікохелп відзначено істотне підвищення кількості листків на головному стеблі на 8,9–10,7 %. Всі обробки, окрім озонування з концентрацією 1,5 мг/кг та використання Фітоциду, забезпечували підвищення кількості китиць на 14,7–23,2 %. Отже, за вирощування помідору на насінневу цілі в умовах Лівобережного Лісостепу України ефективним виявилось обробка насіння низькими температурами (-80 °С), озонування з концентрацією 0,5 мг/л, обробка насіння біопрепаратами Мікохелп та Фітоцид з нормою 40 мг/кг, що забезпечує підвищення урожайності насіння на 5,5–7,29 кг/га або на 12,8–17,0 %.

Ключові слова: помідор, кріобробка, озонування, біопрепарати, посівні якості, біометричні параметри, урожайність насіння.

Shapko M.O., Kuts O.V. The effectiveness of different methods of preparing tomato seeds using organic approaches

The article presents the results of studies aimed at determining the effectiveness of seed treatment using physical factors (low temperatures and ozonation) and biological preparations on changes in biometric parameters of plants and tomato seed yield when grown in open-field conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The research was conducted in 2023–2025 at the Institute of Vegetable and Melon Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, located in the Left-Bank Forest-Steppe zone. The study was carried out using the

tomato cultivar *Bazylevs*, grown by the seedling method with drip irrigation, a planting scheme of 70 × 35 cm under field conditions, and a fully biological plant protection system (application of biopreparations with insecticidal and fungicidal action). It was established that an increase in tomato seed germination energy was ensured by pre-sowing treatment with low temperatures of -40, -80 and -196 °C, as well as ozonation for 20 minutes at a concentration of 1.0–1.5 mg/L, which resulted in an increase of this parameter by 9.1–31.8%. Laboratory germination significantly increased only under cryotreatment at -40 °C and ozonation with an ozone rate of 1.5 mg/kg (98.0–98.1%). A positive effect on plant height was proven for cryotreatment at temperatures of -80 and -196 °C, ozonation at ozone concentrations of 0.5 and 1.0 mg/kg, and application of the biological product *MycoHelp*, which resulted in an increase of 10.2–13.9%. Cryotreatment at -40 °C and application of *MycoHelp* led to a significant increase in the number of leaves on the main stem by 8.9–10.7%. All treatments, except ozonation at a concentration of 1.5 mg/kg and application of *Phytocide*, contributed to an increase in the number of inflorescences by 14.7–23.2%. Thus, under seed tomato production conditions in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, seed treatment with low temperatures (-80 °C), ozonation at a concentration of 0.5 mg/L, and treatment with the biological products *MycoHelp* and *Phytocide* at a rate of 40 mL/kg proved to be effective, ensuring an increase in seed yield by 5.5–7.29 kg/ha or by 12.8–17.0%.

Key words: tomato, cryotreatment, ozonation, biological preparations, sowing qualities, biometric parameters, seed yield.

Актуальність теми дослідження. За умов органічного виробництва овочевих культур застосування синтетичних засобів захисту рослин є забороненим, що зумовлює необхідність пошуку альтернативних підходів до стримування розвитку шкідливих організмів. Одним із перспективних напрямів є використання фізичних чинників, зокрема температурних режимів та озонування, а також мікробіологічних препаратів. Ефективність фізичних методів контролю зростає при передпосівній обробці насіння, тоді як мікробні засоби демонструють позитивну дію як при обробці насіннєвого матеріалу, так і при внесенні в ґрунт або при обробці вегетуючих рослин.

Запровадження біологічних і фізичних методів обмеження розвитку фітопатогенів на етапі обробки насіння характеризується високим рівнем безпечності для людини, мінімальним впливом на довкілля та відносно низькими енерговитратами. Водночас для кожної культури необхідно індивідуально підбирати параметри застосування таких методів з метою досягнення максимальної ефективності.

Постановка проблеми. Праймування насіння протягом тривалого часу використовується у світовій практиці як ефективний спосіб підвищення стійкості рослин до стресових факторів. Існує декілька варіантів реалізації даної технології. Найбільш поширеним є хімічне праймування, яке довело свою результативність у підвищенні адаптивності культур до несприятливих умов. До основних його форм відносять гідропраймування, галопримування, осмопримування, гормональне, окисно-відновне, поживне праймування та нанопраймування [1].

Гідропраймінг передбачає регульоване зволоження насіння до рівня, що активізує метаболічні процеси, але не спричиняє початку проростання. Суть методу полягає у замочуванні насіння у воді протягом визначеного часу до появи перших ознак набухання, після чого його піддають поверхневому або повному висушуванню до початкової маси. Перевагою гідропраймінгу є його економічність, оскільки використовується лише вода. Наукові дослідження підтверджують, що застосування цього методу сприяє покращенню схожості, енергії проростання та загальної продуктивності сільськогосподарських культур навіть за несприятливих умов вирощування [2].

Сучасні наукові дані свідчать, що обробка насіння регуляторами росту стимулює інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів у насінні та проростках.

Активізація цих процесів особливо важлива на ранніх етапах онтогенезу, у період підвищеної чутливості рослин, оскільки вона визначає подальший ріст і розвиток культури. До найпоширеніших агентів для ґрунтування насіння належать поліетиленгліколь, мінеральні солі, поживні елементи та різні біостимулятори [3, 4].

Оскільки різні речовини для праймування мають специфічні властивості та ступінь ефективності, важливо здійснювати підбір оптимального складу розчину з урахуванням біологічних особливостей конкретного виду рослин для отримання найкращих результатів [5-8].

На сьогодні встановлено, що вплив низьких температур на насіння здатен покращувати його схожість і, відповідно, підвищувати врожайність сільсько-господарських культур [9, 10]. Зокрема, у дослідженнях О. Задорожної та співавторів [11] проаналізовано вплив помірно низьких температур на насіння жита озимого. Встановлено, що після 42-місячного зберігання за температур $+4$ та -20°C не спостерігалось змін продуктивності, кількості та довжини колосів, проте у 38 % зразків зафіксовано збільшення маси 1000 зернин. Зберігання насіння жита озимого та ярого в рідкому азоті або його парах сприяло підвищенню схожості та розвитку кореневої системи порівняно з кімнатною температурою, при цьому змін у характері метилювання ДНК не виявлено [12]. Передпосівна кріообробка насіння буряка і томатів також позитивно впливала на рівень врожайності [13].

Озонування у практиці передпосівної обробки насіння спочатку розглядалось як екологічно безпечний метод знезараження посівного матеріалу, однак згодом було встановлено його стимулюючий вплив на початкові фази росту рослин. У дослідженні О. Тимошенко [14] показано, що обробка насіння пшениці ярої озono-повітряною сумішшю з концентрацією озону $0,5-1,0 \text{ г/м}^3$ сприяла збільшенню висоти проростків і довжини коренів у порівнянні з контролем, тоді як підвищені концентрації озону викликали пригнічення ростових процесів. Аналогічно, дослідження впливу озону на некондиційне за показниками схожості насіння пшениці засвідчило істотне збільшення кількості пророслих насінин [15].

Не можна виключати, що фізіологічні зміни, спричинені дією біологічно активних речовин, можуть проявлятися не лише на початкових етапах проростання, а й на пізніших стадіях розвитку рослин, впливаючи на формування їх продуктивності.

Отже, метою дослідження є визначення ефективності обробки насіння впливу фізичними факторами (низькі температури та озонування) та використання біопрепаратів на зміну біометричних параметрів рослин та урожайність насіння помідору за його вирощування в умовах відкритого ґрунту Лівобережного Лісостепу України.

Методика досліджень. Дослідження проводили в 2023-2025 рр. в Інституті овочівництва і баштанництва НААН, які розташовані в лівобережному Лісостепу України.

Схема досліджень включала різні варіанти обробки насіння помідору перед висівом:

1. Без обробки (контроль)
2. Кріообробка (рідкий азот) с температурою -40°C
3. Кріообробка (рідкий азот) с температурою -80°C
4. Кріообробка (рідкий азот) с температурою -196°C
5. Озонування впродовж 20 хвилин з концентрацією $0,5 \text{ мг/л}$
6. Озонування впродовж 20 хвилин з концентрацією $1,0 \text{ мг/л}$
7. Озонування впродовж 20 хвилин з концентрацією $1,5 \text{ мг/л}$

8. Обробка насіння біопрепаратом Мікохелп (40 мл/кг)

9. Обробка біопрепаратом Фітоцид (40 мл/кг).

Зразки насіння помідору сорту Базилевс з вмістом води $0,11 \text{ г H}_2\text{O/г}^{-1}$ сухої маси поміщали в поліпропіленові центрифужні контейнери об'ємом 2 мл та переносили в холодильник (-40 та -80 °C) або в рідкий азот (-196 °C) на 4 дні. Після кріообробки насіння прогрівали на повітрі за 22 °C у темряві.

Озонування насіння проводили впродовж 20 хвилин. Озон отримували з генератора бар'єрного типу, розробленого в Інституті проблем кріобіології і кріомедицини НАН України (м. Харків) разом з ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут».

Обробку насіння біопрепаратами проводили за 4 доби до висіву шляхом замочування насіння в розчинах відповідної концентрації впродовж 30 хвилин та наступним підсушуванням насіння в темряві. В досліджах було використано наступні біопрепарати:

Мікохелп – багатофункціональний, багатокомпонентний біопрепарат, що використовується для лікування та профілактика грибкових захворювань. Гриби-антагоністи пригнічують розвиток таких фітопатогенів, як *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Verticillium*, *Sclerotinia*, *Fusarium* та інших. Препарат містить сапрофітні гриби-антагоністи роду *Trichoderma*, живі клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, біологічно-активні продукти життєдіяльності мікроорганізмів-продуцентів (кількість життєздатних клітин не менше $1,0 \times 10^9$ КУО/см³).

Фітоцид – біопрепарат, що захищає рослини від широкого спектру збудників грибних і бактеріальних хвороб (*Blumeria spp.*, *Septoria spp.*, *Fusarium spp.*, *Pyrenophora spp.*, *Alternaria spp.*, *Drechslera spp.*, *Ascochyta spp.*, *Phytophthora spp.*, *Erysiphe spp.* тощо); стимулює ріст та розвиток рослин; підвищує стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища. Препарат містить живі природні бактерії *Bacillus subtilis* (не менше ніж $1,0 \times 10^9$ КУО/см³).

Помідор сорту Базилевс вирощували розсадним способом з використанням крапельного зрошення та схеми висаджування рослин в польових умовах 70×35 см. Весь захист рослин від хвороб та шкідників включав використання біопрепаратів інсектицидної та фунгіцидної дії.

Дослідження проведено згідно методики дослідної справи в овочівництві та баштанництві [16]. Загальна площа ділянки – 42 м^2 , площа облікової ділянки – $22,4 \text{ м}^2$; повторність – триразова.

Визначено вплив технологічних заходів підготовки насіння на посівні якості насіння (енергія проростання та лабораторна схожість), на біометричні параметри рослин (висота рослин, кількість листків та китиць на головному стеблі, кількість стебел першого порядку), що проведено в фазу початку плодоношення, на урожайність насіння помідору. Статистичну обробку результатів дослідження здійснювали методом дисперсійного аналізу, використовуючи роки як повторення [17].

Результати досліджень. Різні способи низькотемпературної обробки та обробки насіння помідору озоном впливали на його енергію проростання та схожість (табл. 1). На енергію проростання насіння максимальний позитивний вплив зумовлювало використання обробки насіння низькими температурами -40 °C та -80 °C (підвищення показнику на $14,3$ - $15,1$ %) та озонування з концентрацією озону $1,0$ - $1,5$ мг/л (на $16,4$ - $18,5$ %). Істотного впливу на даний показник не забезпечувало використання біопрепаратів, хоча і відмічається позитивна тенденція. Також зазначено, що використання досить низьких температур для обробки

насіння (-196 °C) поступається з впливом на енергію проростання насіння помідору відносно використання кріообробки насіння температурами -40 °C та -80 °C.

Таблиця 1

Зміни посівних якостей насіння помідору після його обробки фізичними чинниками та біопрепаратами (середнє за 2023-2025 рр.)

Варіант	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %
1. Без обробки (контроль)	58,2	88,1
Кріообробка		
2. Кріообробка з температурою -40 °C	72,5	98,0
3. Кріообробка з температурою -80 °C	73,3	93,1
4. Кріообробка з температурою -196 °C	63,5	90,2
Озонування		
5. Озонування з концентрацією 0,5 мг/л	65,6	89,2
6. Озонування з концентрацією 1,0 мг/л	74,6	93,4
7. Озонування з концентрацією 1,5 мг/л	76,7	98,1
Біопрепарати		
8. Мікохелп, 40 мг/кг	61,1	92,1
9. Фітоцид, 40 мг/кг	59,6	91,2
НІР _{0,95}	5,11	7,16

Істотне зростання лабораторної схожості насіння відмічено тільки за кріообробки з температурою -40 °C та озонування з максимальною нормою озону (1,5 м/кг). За таких умов лабораторна схожість насіння становила 98,0-98,1 %, тоді як на контролі даний показник становив 88,1 %. За інших технологічних заходів підготовки насіння зазначено тільки позитивну тенденцію щодо зростання лабораторної схожості.

Позитивна дія на насіння фізичних факторів та біопрепаратів зумовила більш інтенсивне наростання вегетативної маси та формування генеративних органів рослин помідору. Відзначено істотне зростання висоти рослин за використання кріообробки з температурами -80 та -196 °C, проведення озонування з концентраціями озону 0,5 та 1,0 м/кг, а також за обробки насіння біопрепаратом Мікохелп (табл. 2). За таких технологічних заходів висота рослин помідору збільшилася на 8,3-11,3 см або на 10,2-13,9 %.

За обробки насіння низькими температурами (-40 °C) та біопрепаратом Мікохелп (40 мг/кг) відзначено істотне підвищення кількості листків на головному стеблі з 14,6 шт./рослину на контролі до рівня 15,9-16,5 шт./рослину. За інших технологічних заходів підготовки насіння зазначено тільки позитивну тенденцію.

На кількість стебел першого порядку способи підготовки насіння істотно не впливали, хоча і зазначено позитивну тенденцію. Максимальний вплив забезпечує проведення озонування з мінімальними концентраціями озону (4,8 шт./рослину).

За рахунок обробки насіння фізичними факторами та біопрепаратами істотно зростає кількість китиць на головному стеблі, окрім проведення озонування з концентрацією 1,5 мг/кг та використання біопрепарату Фітоцид. За іншими варіантами обробки насіння кількість китиць зростає на 0,66-1,04 шт./рослину або на 14,7-23,2 %.

Таблиця 2

Вплив фізичних факторів та біопрепаратів на біометричні параметри рослин помідору (середнє за 2023-2025 рр.)

Обробка насіння	Біометричні параметри			
	Висота рослин, см	Кількість листків на головному стеблі, шт./росл.	Кількість стебел 1-го порядку, шт./росл.	Кількість китиць на головному стеблі, шт./росл.
1. Без обробки (контроль)	81,5	14,6	4,37	4,48
2. Кріообробка (-40 °С)	84,0	15,4	4,61	5,14
3. Кріообробка (-80 °С)	89,8	15,9	4,68	5,23
4. Кріообробка (-196 °С)	92,1	15,7	4,62	5,43
5. Озонування (0,5 мг/л)	92,2	15,2	4,80	5,23
6. Озонування (1,0 мг/л)	90,3	15,3	4,57	5,52
7. Озонування (1,5 мг/л)	85,6	15,2	4,53	5,05
8. Мікохелп (40 мл/кг)	92,8	16,5	4,65	5,29
9. Фітоцид (40 мл/кг)	82,5	15,3	4,64	5,03
НІР _{0,95}	7,65	1,53	0,46	0,58

Істотно урожайність насіння помідору зростає за кріообробки з температурою -80 °С та -196 °С, за озонування всіма концентраціями та використання біопрепаратів Мікохелп і Фітоцид (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив фізичних факторів та біопрепаратів на урожайність помідору (середнє за 2023-2025 рр.)

Внесення препаратів	Урожайність насіння, кг/га	Приріст до контролю	
		кг/га	%
1. Без обробки (контроль)	42,82	-	-
2. Кріообробка (-40 °С)	46,85	4,03	9,4
3. Кріообробка (-80 °С)	50,11	7,29	17,0
4. Кріообробка (-196 °С)	49,20	6,38	14,9
5. Озонування (0,5 мг/л)	49,82	7,0	16,3
6. Озонування (1,0 мг/л)	48,99	6,17	14,4
7. Озонування (1,5 мг/л)	48,65	5,83	13,6
8. Мікохелп (40 мл/кг)	48,79	5,97	13,9
9. Фітоцид (40 мл/кг)	48,32	5,50	12,8
НІР _{0,95}		5,47	

Але ефективним заходом кріообробки є використання температури -80 °С (50,11 кг/га), так як зниження температури обробки насіння до -196 °С зумовлює тенденцію до зниження насінневої продуктивності рослин помідору.

Ефективною концентрацією для озонування насіння є концентрації 0,5 мг/кг, що забезпечує підвищення урожайності на 7,0 кг/га або на 16,3 %. Підвищення

концентрації озону для обробки насіння не забезпечує істотно зростання насінневої продуктивності помідору.

Високий позитивний вплив на насіннєву продуктивність біопрепаратами фунгіцидної дії Мікохелп та Фітоцид (підвищення урожайності на 12,8-13,9 %) пояснюються зниженням рівня зараженості насіння фітопатогенами та стимулюючою дією препаратів. В препаратах окрім агентів фунгіцидної дії (бактерії *Bacillus subtilis* та сапрофітні гриби-антагоністи роду *Trichoderma*) містяться інші мікроорганізми (*Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*) та продукти їх життєдіяльності, що володіють ріст стимулюючою дією.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Підвищення енергії проростання насіння помідору забезпечує його обробка до посіву низькими температурами -40; -80 та -196 °С, озонування впродовж 20 хвилин з концентрацією від 1,0 до 1,5 мг/л, що забезпечує зростання параметру на 9,1-31,8 %. Лабораторна схожість насіння істотно підвищилася тільки за криобробки з температурою -40 °С та озонування з нормою озону 1,5 м/кг (98,0-98,1 %).

Доведено позитивна дія на зростання висоти рослин криобробки з температурами -80 та -196 °С, озонування з концентраціями озону 0,5 та 1,0 м/кг, використання біопрепарату Мікохелп (збільшення на 10,2-13,9 %). За криобробки -40 °С та застосування Мікохелп відзначено істотне підвищення кількості листків на головному стеблі на 8,9-10,7 %. Всі обробки, окрім озонування з концентрацією 1,5 мг/кг та використання Фітоциду, забезпечували підвищення кількості китиць на 14,7-23,2 %.

За вирощування помідору на насіннєву цілі в умовах Лівобережного Лісостепу України ефективним виявилось обробка насіння низькими температурами (-80 °С), озонування з концентрацією 0,5 мг/л, обробка насіння біопрепаратами Мікохелп та Фітоцид з нормою 40 мл/кг, що забезпечує підвищення урожайності насіння на 5,5-7,29 кг/га або на 12,8-17,0 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Pathak K., Kataria S., Gadre R. Trending methods to enhance antioxidant activities in wheat. In: Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Hossain, M. (Eds.). *Wheat production in changing environments: Responses, adaptation and tolerance*. Springer, Singapur. 2019. P. 241–260.
2. Sher A., Sarwar T., Nawaz A., Ijaz M., Sattar A., Ahmad S. Methods of seed priming. In: Hasanuzzaman, M., & Fotopoulos, V.(Eds.). *Priming and pretreatment of seeds and seedlings*. Springer, Singapore. 2019. P. 2–11.
3. Singh H., Jassal R. K., Kang J. S., Sandhu S. S., Kang H., Grewal K. Seed priming techniques in field crops – a review. *Agricultural Reviews*. 2015. 36. P. 251–264.
4. Masondo N. A., Kulkarni M. G., Finnie J. F., Van Staden J. Influence of biostimulants-seed-priming on *Ceratotheca triloba* germination and seedling growth under low temperatures, low osmotic potential and salinity stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2018. 147. P. 43–48.
5. Horii A., McCue P., Shetty K. Seed vigour studies in corn, soybean and tomato in response to fish protein hydrolysates and consequences on phenolic-linked responses. *Bioresource Technology*. 2007. 98(11). P. 2170–2177.
6. Дидів І.В., Дидів О.Й., Дидів А.І., Коховська І.В. Вплив регулятора росту Біоглобін на врожайність і якість товарної продукції пастернаку в умовах Західного Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. 17(1). С. 73–79.
7. Дидів І., Дидів О. Вплив нового регулятора ростк Біоглобін на урожайність і якість петрушки кореневої. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія Агронія*. 2022. 26. С. 114-120.

8. Міщенко О.В., Поспелов С. В. Корекція посівних якостей насіння ехінацеї стимуляторами росту природного походження. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. 38. С. 33-39. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.5>
9. Shevchenko N., Lialiuk O., Stribul T., Ivchenko T. Influence of seed priming techniques on seedling establishment and yield of asparagus hybrids. *Biol Life Sci Forum*. [Internet]. 2021 [cited 2024 May 24]. 4(1). P. 31. Available from: <https://www.mdpi.com/2673-9976/4/1/31>
10. Shevchenko N., Miroshnichenko T., Mozgovska A. et al. Field performance of cryopreserved seed-derived tomato plants and post-thaw survival of viral-infected meristems. *Acta Agric Slov*. 2022. 118(4). P. 1–8.
11. Задорожна О.А., Єгоров Д.К. Вплив низькотемпературних режимів зберігання насіння озимого жита на його врожайні ознаки. *Проблеми кріобіології і кріомедицини*. 2022. 32(2). P. 111–20.
12. Lu J., Greene S., Reid S. et al. Phenotypic changes and DNA methylation status in cryopreserved seeds of rye (*Secale cereale* L.) *Cryobiology*. 2018. 82. P. 8–14.
13. Шевченко Н.О., Коваленко Г.В., Баштан Н.О. та ін. Вплив фізичних факторів передпосівної обробки насіння буряка столового сорту Дій на посівну якість і врожайність. *Проблеми кріобіології і кріомедицини*. 2022; 32(3). С. 183–95.
14. Тимошенко О.П. Особливості розвитку рослин пшениці ярої за передпосівної обробки насіння озono-повітряною сумішшю. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. 17 (1). С. 461–5.
15. Sivaranjani S., Prasath V.A., Pandiselvam R. et al. Recent advances in applications of ozone in the cereal industry. *LWT*. [Internet]. 2021 Jul [cited 2023 Dec 17]. 146. 111412. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002364382100565X>
16. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За редакцією Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. Х.: Основа, 2001. 369 с.
17. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін. Харків: Майдан, 2016. 314 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 05.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025