

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ЖИВИЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ *IN VITRO*

Т.М. Купріянова, Н.В. Макарчук, В.М. Мирончук

Інститут картоплярства НААН (с. Немішаєве, Бучанський р-н, Київська обл., Україна)

e-mail: kyptm@meta.ua; ORCID: 0000-0002-1039-9348

e-mail: kyptm@meta.ua; ORCID: 0000-0001-6852-0959

e-mail: kyptm@meta.ua; ORCID: 0009-0003-9541-6665

Метою дослідження було вивчити морфометричні показники рослин картоплі в культурі *in vitro* за використання знижених концентрацій агар-агару в живильному середовищі Мурасіге–Скуга в модифікації Інституту картоплярства НААН. Дослідження проводили в відділі біотехнології та біотехнічних систем Інституту картоплярства НААН. Об'єктом досліджу були меристемні рослини сортів картоплі селекції Інституту картоплярства НААН Скарбниця, Фотинія, Містерія, Мирослава, Княгиня, Житниця, Солоха, Родинна. За результатами виконаних досліджень встановлено можливість вирощування рослин картоплі в культурі *in vitro* за концентрації агар-агару в живильному середовищі, зниженою до 4,5 г/л. У цьому варіанті досліді не виявлено достовірних відмінностей із контрольним варіантом як за висотою, так і за кількістю сформованих листків. Під час здійснення дисперсійного аналізу отриманих результатів визначено достовірність відмінностей за висотою рослин, як між різними генотипами, так і між різними концентраціями агар-агару в живильному середовищі. Концентрація агар-агару мала максимальний вплив на мінливість висоти меристемних рослин картоплі. Встановлено, що максимальна дія на мінливість кількості листків на рослину мав генотип (73,5%), вплив складу живильного середовища був лише 7,8%, а взаємодії чинників — 18,7%. Середня кількість листків на одну рослину картоплі у варіанті досліді з концентрацією агар-агару 4,5 г/л і в контрольному варіанті (7 г/л) достовірно переважала середню кількість листків у варіанті з концентрацією 3 г/л. Між варіантами з концентрацією агар-агару 4,5 та 7,0 г за цим показником достовірних відмінностей не виявлено, так само як і за показником висоти рослин. Середня кількість листків становила 5,52 шт. відповідно. На морфометричні показники меристемних рослин картоплі також впливають генетичні особливості сорту, тому використання живильного середовища зі зниженою концентрацією агар-агару рекомендовано після вивчення реакції кожного конкретного сорту на зміну даного чинника.

Ключові слова: меристемні рослини, мікроклональне розмноження, мінібульби, насінництво, склад живильного середовища.

ВСТУП

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є третьою за важливістю культурою у світі після рису та пшениці, і це одна з найефективніших продовольчих культур, яка дає більше врожаю, харчової клітковини, високоякісного білка, мінералів та вітамінів, ніж пшениця, кукурудза й рис на одиницю площі, і визнана стабільною продовольчою культурою. Тому важливо розробити систематичний протокол для виробництва насінневого матеріалу у великих масштабах. З огляду на такі умови, концепція ефективної та відтворюваної системи регене-

рації *in vitro* у поширених сортів картоплі має вирішальне значення для виробництва високоякісного насінневого матеріалу у великих масштабах [1].

Метою дослідження є вивчити морфометричні показники рослин картоплі в культурі *in vitro* за використання знижених концентрацій агар-агару в живильному середовищі Мурасіге–Скуга в модифікації Інституту картоплярства НААН.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Теоретико-методичні та практичні аспекти мікроклонального розмноження

картоплі висвітлено в працях українських учених, зокрема, А.А. Подгаєцький [2], В.В. Мацкевич [3]. Основним шляхом збільшення виробництва картоплі та ефективності картоплярства в усіх категоріях господарств є сортове сертифіковане насінництво. Саме від якості насіннєвого матеріалу залежить велика частина врожайності. Дослідженнями Г.С. Балашової [4], встановлено, що зниження врожайності в результаті збільшення зараження найшкодочиннішими вірусами Y, X, віроїдом веретеноподібності бульб може сягати 80%. Тому, для отримання високих стійких урожаїв великої важливості набуває застосування повністю оздоровленого високопродуктивного насіннєвого матеріалу картоплі.

Однією з основних причин низької продуктивності картоплі є використання неякісного насіннєвого матеріалу, і наразі державні та приватні господарства з виробництва насіння країни нездатні задовольнити повністю потребу в якісному насінні. Для подолання цього значного розриву необхідна широкомасштабна інтеграція традиційних та швидких методів розмноження, як-от мікророзмноження, на комерційному рівні для одержання достатньої кількості оздоровлених насіннєвих бульб за мінімальний проміжок часу.

Сучасна система безвірусної насіннєвої картоплі на першому етапі включає групу біотехнологічних методів, основний з яких — отримання з апікальної меристеми вільних від інфекції рослин та їх розмноження *in vitro*. Цей етап є найбільш затратним у первинному насінництві картоплі. Одним із найдорожчих компонентів живильного середовища для мікроклонального розмноження картоплі є агар-агар, що отримують шляхом екстрагування з червоних і бурих водоростей і який утворює в розчинах щільну структуру. До того ж у промислових масштабах виробляють сотні тисяч меристемних рослин картоплі на рік. Тому, дедалі більшої актуальності набуває питання оптимізації та підвищення ефективності процесу виробництва рослин картоплі *in vitro* з метою зниження собівартості насіннєвої картоплі.

У працях зарубіжних вчених М. Dalleh [5], N.A. Campos [6], S.R. Tara [7] зазначається, що успіх біотехнології картоплі залежить від декількох чинників, включаючи ефективну систему культури тканин для регенерації рослин із культивованих клітин і тканин. У багатьох дослідженнях повідомляється, що часто більша частина процесу культивування тканин є специфічною для конкретного сорту. Тому необхідно розробити спеціальний протокол для кожного досліджуваного генотипу. Успіх культури картоплі *in vitro* залежить від експланта, живильного середовища та комбінації і концентрації регуляторів росту рослин (PPR) у живильному середовищі [8].

М. Cioloca [9] у своїх працях акцентує увагу на методах культивування *in vitro*, які є найперспективнішою альтернативою для отримання оздоровлених рослин та мінібульб картоплі.

За даними А.А. Бондарчука, Ю.Я. Верменко, В.Б. Рязанцева та ін. [11] виробництво добазових насіннєвих бульб картоплі з вкорінених стеблових живців також є найпростішим і найдешевшим способом розмноження насіннєвих бульб картоплі. Стеблові живці мають швидший потенціал регенерації та відповідають типу. Їхня здатність до швидкої регенерації дає їм великий потенціал для збереження клонів картоплі та виробництва насіння картоплі. Якщо вкорінені верхівкові стеблові живці походять із бульб відповідного типу та вільних від патогенів, стеблові живці слугують ефективним засобом виробництва добазового насіння за умови дотримання суворих методів управління, як-от аеропоніка [10–13].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили у відділі біотехнології та біотехнічних систем Інституту картоплярства НААН. Об'єкт дослідження — рослини картоплі *in vitro* восьми сортів селекції Інституту картоплярства НААН: Скарбниця, Фотинія, Містерія, Мирослава, Княгиня, Житниця, Солоха і Родинна.

Скарбниця — ранньостиглий, столового призначення. Врожайність: 16,0 т/га на 40–45 день після сходів, 45,0 т/га наприкінці вегетації. Вміст крохмалю 15,0–16,0%. Споживчі якості 8,3 бала. Стійкий проти звичайного патотипу раку, фітофторозу листків, кільцевої і мокрої бактеріальної гнилей, іржавої плямистості бульб, сухої фузаріозної гнилі. Морфологічні ознаки: бульби овальні, з неглибокими вічками, кремові, м'якоть світло-жовта, віночок квітки світло-, червоно-фіолетовий. Рекомендовані зони вирощування: Полісся, Лісостеп.

Фотинія — середньостиглий, столового призначення. Врожайність 50,0–70,0 т/га наприкінці вегетації. Вміст крохмалю 16,0–17,0%. Споживчі якості 8,5 бала. Стійкий проти раку картоплі, стеблової нематоди, мокрої бактеріальної гнилі та парші звичайної. Морфологічні ознаки: бульби червоні, видовжено-овальної форми, м'якоть білого кольору. Рекомендовані зони вирощування: Лісостеп.

Містерія — середньостиглий, столового призначення. Врожайність 60,0 т/га наприкінці вегетації. Вміст крохмалю 15,5–16,0%. Споживчі якості 8,4 бала. Стійкий проти раку картоплі, фітофторозу, стеблової нематоди, альтернаріозу. Морфологічні ознаки: бульби округло-овальні, фіолетові, м'якоть жовта, квітки червоно-фіолетові. Рекомендовані зони вирощування: Полісся.

Мирослава — середньостиглий, столового призначення. Врожайність 50,0–60,0 т/га наприкінці вегетації. Вміст крохмалю 17,2%. Споживчі якості 8,2 бала. Стійкий проти звичайного патотипу раку і золотистої картопляної цистоутворювальної нематоди, альтернаріозу, стеблової нематоди. Морфологічні ознаки: бульби рожеві, овальної форми, м'якоть світло-жовтого кольору. Рекомендовані зони вирощування: Полісся, Лісостеп.

Княгиня — середньостиглий, столового призначення. Врожайність 68,0 т/га наприкінці вегетації. Вміст крохмалю 14,2–15,1%. Споживчі якості 8,0 бала. Стійкий проти звичайного патотипу раку і золотистої картопляної цистоутворювальної нематоди, фітофторозу, стеблової нематоди. Мор-

фологічні ознаки: бульби світло-рожеві, округлої форми, м'якоть жовтого кольору, квітки червоно-фіолетові. Рекомендовані зони вирощування: Полісся, Лісостеп.

Житниця — ранньостиглий, столового призначення. Врожайність 50,0–60,0 т/га наприкінці вегетації. Вміст крохмалю 17,2%. Споживчі якості 8,1 бала. Стійкий проти звичайного патотипу раку, фітофторозу листків та бульби, мокрої бактеріальної гнилі, парші звичайної. Морфологічні ознаки: бульби видовжено-овальні, рожеві, м'якоть кремова. Рекомендовані зони вирощування: Полісся, Лісостеп.

Солоха — середньостиглий, столового призначення. Врожайність 38,0 т/га наприкінці вегетації. Вміст крохмалю 19,2%. Споживчі якості 8,4 бала. Стійкий проти картопляної нематоди, парші звичайної, раку картоплі. Морфологічні ознаки: бульби темно-фіолетові, округло-овальної форми, м'якоть темно-фіолетового кольору, квітки білі. Рекомендовані зони вирощування: Лісостеп.

Родина — середньостиглий сорт, столового призначення. Врожайність наприкінці вегетації — 44,5 т/га. Вміст крохмалю 17,0–18,5%; 19,2%. Споживчі якості 8,3 бала. Стійкий до стеблової нематоди, звичайного патотипу раку, фітофторозу листків, альтернаріозу, відзначається підвищеною стійкістю до кільцевої та мокрої бактеріальної гнилей і вірусних хвороб. Морфологічні ознаки сорту: бульби рожеві, овальної форми, з середніми вічками, м'якоть біла, квітки червоно-фіолетові.

Розмноження вихідних оздоровлених рослин проводилося на агаризованому середовищі Мурасіге–Скуга з подальшим складом маточних розчинів: макроелементи, г/л — NH_4NO_3 — 12,5; KNO_3 — 11,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 7,7; KH_2PO_4 — 9,7; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — 11,0 та мікроелементи, мг/л — KI — 0,083; H_3BO_3 — 0,62; $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — 2,23; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,86; $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — 0,025; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — 0,0025; $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — 0,0025. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 2,8; Na_2EDTA (трилон Б) — 3,72; B_1 1:1 — 0,025; B_6 1:1 — 0,025; Віт. С 1:1 — 0,025; ІОК 1:4 — 0,025; Аденін — 0,025. Під час

приготування 1 л живильного середовища використовувалося 100 мл макросолей та 5 мл мікросолей. Розживцьовані рослини-регенеранти картоплі висаджували на поживних середовищах, що різняться за вмістом агар-агару. Після відростання пробіркових рослин до утворення 4–6 листочків їх витягали з пробірки і живцювали в чашці Петрі. Всі операції з живцювання проводили в ламінарному боксі. За живцювання в стерильному боксі рослини пінцетом діставши із пробірок на простерилізовану чашку Петрі й гострим скальпелем розрізали на живці, кожен з яких включає частину стебла з листочком і пазуховою брунькою. Верхня частина стебла над листочком в 2–3 рази коротша нижньої частини під листком. Живці потім переносились у пробірки з живильним середовищем на глибину міжвузля так, щоб пазухова брунька живця була дещо вище рівня середовища, і закривали пробірки ватно-марлевою пробкою. Інструменти і чашки Петрі стерилізували перед живцюванням кожної рослини. Рослини живцювали на сегменти з одним міжвузлям і висаджували на живильне середовище в пробірки діаметром 2 см з концентрацією агар-агару відповідно до варіантів дослідів. Після пробірки виставляли у штативах на стелажі в кліматичній кімнаті та культивували за 16-годинного фотоперіоду з температурою 22–24°C, інтенсивністю освітлення 2–5 тис. люкс люмінесцентними лампами та відносною вологістю 70–80%. У культурі ізольованих тканин і органів для одержання напіврідких живильних середовищ використовується агар-агар у концентрації 0,3–0,7% (3–7 г/л). Для мікроклонального розмноження рослин картоплі застосовується концентрація 0,7% (7 г/л). Схема дослідів включала три варіанти:

1. Середовище Мурасіге–Скуга в модифікації Інституту картоплярства НААН, концентрація агар-агару 3 г/л.

2. Середовище Мурасіге–Скуга в модифікації Інституту картоплярства НААН, концентрація агар-агару 4,5 г/л.

3. Середовище Мурасіге–Скуга в модифікації Інституту картоплярства НААН,

стандартна концентрація агар-агару 7 г/л (контроль).

На кожному з варіантів вирощували по 20 рослин зазначених сортів у 3-й повторності. Під час дослідження вимірювали показники, що характеризують розвиток рослин: висота рослин і кількість листків на одну рослину відповідно до загальноприйнятої методики [14–16]. Останній показник важливий для оцінки кількості живців, які можуть бути отримані з однієї рослини і, отже, для подальшого прогнозування коефіцієнта розмноження.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Двофакторний дисперсійний аналіз отриманих результатів виявив достовірність відмінностей за досліджуваними показниками, як між різними генотипами, так і між різними концентраціями агар-агару в живильному середовищі. Максимальний вплив на мінливість висоти рослин чинила концентрація агар-агару у живильному середовищі. Внесок цього чинника у варіювання ознаки становив 52,0%, тоді як внесок генотипу був 18,1%, а взаємодія зазначених чинників — 29,9%. Проведеними дослідженнями встановлено, що середня висота рослин картоплі у варіанті дослідів з концентрацією агар-агару 4,5 г/л і в контрольному варіанті (7 г/л) достовірно перевершувала висоту рослин у варіанті з концентрацією агар-агару 3 г/л. До того ж між варіантами 2 і 3 за цим показником достовірних відмінностей не виявлено, середня висота рослин становила 5,45 і 5,57 см відповідно (*табл. 1*).

Аналіз висоти рослин за сортами так само виявив у більшості з них достовірну перевагу цього показника у варіантах 2 (4,5 г/л) і 3 (контроль) над варіантом 1 (3 г/л) і відсутність достовірних відмінностей між варіантами 2 і 3.

Однак у сортів Містерія, Княгиня і Родинна встановлено специфічну реакцію на зміну концентрації агар-агару.

Так, висота рослин сорту Містерія була достовірно вищою за концентрації агар-агару 4,5 г/л, сорту Княгиня — навпаки,

Таблиця 1. Висота рослин картоплі *in vitro* залежно від сорту та концентрації агар-агару в живильному середовищі

Сорт	Висота рослин за різної концентрації агар-агару, см			
	3 г/л	4,5 г/л	7 г/л	середнє по сорту
Скарбниця	4,45	6,61	6,14	5,73
Фотинія	3,65	4,26	4,95	4,29
Містерія	3,00	6,63	5,18	4,94
Мирослава	3,59	5,64	4,77	4,67
Княгиня	2,75	5,77	8,15	5,56
Житниця	3,55	5,32	5,99	4,95
Солоха	2,89	5,88	5,11	4,63
Родинна	3,88	3,53	4,30	3,90
Середнє за концентраціями	3,47	5,45	5,57	

Примітки: НІР₀₅ по фактору А (сорт) 0,55 см; НІР₀₅ по фактору В (концентрація агар-агару) 0,33 см.

в контрольному варіанті, а рослини сорту Родинна достовірно не різнилися за цим параметром в усіх варіантах дослідів.

Отже, попередньо виявлено, що зниження концентрації агар-агару в живильному середовищі до 4,5 г/л загалом не впливає на інтенсивність росту меристемних рослин картоплі, але використовувати таке середовище можливо тільки після вивчення реакції кожного конкретного сорту.

Аналогічні результати отримано за оцінювання кількості листків на одну рослину. Однак максимальний вплив на мілкість ознаки в цьому випадку мав генотип (73,5%), склад живильного середовища

був лише 7,8%, а взаємодії чинників — 18,7%. Так, найвищою кількістю листків на рослину характеризувався сорт Скарбниця в усіх досліджуваних варіантах. Відповідно показник становив 6,29 шт. на варіанті з концентрацією агар-агару 3 г/л, 6,77 шт. на варіанті з концентрацією агар-агару 4,5 г/л та 6,65 шт./роsl. на варіанті з концентрацією агар-агару 7 г/л. Слід відмітити, що найнижчою кількістю листків на рослину поміж досліджуваних сортів характеризувався сорт Родинна з середнім показником за варіантами дослідів 4,30 шт./роsl. У решти досліджуваних сортів цей показник коливався в межах 4,98–5,89 шт./роsl. (табл. 2).

Таблиця 2. Кількість листків у рослин картоплі *in vitro* залежно від сорту та концентрації агар-агару в живильному середовищі

Сорт	Кількість листків за різної концентрації агар-агару, шт.			
	3 г/л	4,5 г/л	7 г/л	середнє по сорту
Скарбниця	6,29	6,77	6,65	6,57
Фотинія	5,40	5,50	5,61	5,50
Містерія	4,95	6,55	6,17	5,89
Мирослава	5,50	5,36	5,13	5,33
Княгиня	4,04	5,65	5,24	4,98
Житниця	5,21	5,28	5,80	5,43
Солоха	4,83	4,96	5,28	5,03
Родинна	4,50	4,13	4,28	4,30
Середнє за концентраціями	5,09	5,52	5,52	

Примітки: НІР₀₅ по фактору А (сорт) 0,35 шт.; НІР₀₅ по фактору В (концентрація агар-агару) 0,21 шт.

Середня кількість листків на одну рослину картоплі у варіанті дослід з концентрацією агар-агару 4,5 г/л і в контрольному варіанті (7 г/л) достовірно переважала середню кількість листків у варіанті з концентрацією 3 г/л. Між варіантами 2 і 3 за цим показником достовірних відмінностей не виявлено, так само як і за показником висоти рослин. Середня кількість листків становила 5,52 і 5,52 шт. відповідно.

У жодного із сортів не виявлено достовірної відмінності за кількістю листків у варіантах 4,5 г/л і 7 г/л (контроль). Окрім того, сорти Скарбніця, Фотинія, Мирослава, Житинія, Солоха і Родинна не мали значущих відмінностей за цим показником у всіх трьох варіантах дослід, а сорти Містерія і Княгиня сформували достовірно меншу кількість листків у варіанті 1 (концентрація агару 3 г/л).

Одержані результати потребують подальшого вивчення, зокрема встановлення впливу різних концентрацій агар-агару в живильному середовищі на ріст та розвиток рослин сучасних сортів картоплі. Сортові особливості в умовах *in vitro* також впливають на ріст і розвиток листків, кількість та довжину міжвузлів, товщину стебла, утворення і ріст коренів, початок й інтенсивність столоно- та бульбоутворення. Тому для кожного сорту, гібрида чи нової лінії необхідно буде оптимізувати

умови вирощування *in vitro* на кожному етапі мікроклонального розмноження, на підставі чого розробляти індивідуальні технології.

ВИСНОВКИ

Тому, експериментально встановлено можливість вирощування рослин картоплі в культурі *in vitro* за концентрації агар-агару в живильному середовищі, зниженою до 4,5 г/л. У цьому варіанті дослід не виявлено достовірних відмінностей із контрольним варіантом як за висотою, так і за кількістю сформованих листків. Концентрація агар-агару мала максимальний вплив на мінливість висоти меристемних рослин картоплі. На ріст і розвиток меристемних рослин картоплі також впливають генетичні особливості сорту, тому використання живильного середовища зі зниженою концентрацією агар-агару рекомендовано після вивчення реакції кожного конкретно-го сорту на зміну цього чинника.

Отримані результати свідчать про перспективність подальших досліджень у цьому напрямі. Детальне вивчення механізмів впливу різних концентрацій агар-агару на морфометричні показники меристемних рослин картоплі та підвищення коефіцієнта їх розмноження матиме важливе теоретичне й практичне значення в насінницькому процесі картоплі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sharde, R., Tripathi, M. K. & Bhatt, D. (2024). Influence of Plant Growth Regulators on *In Vitro* Morphogenesis in Sprout Culture of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Potato Res.*, 67, 399–420. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11540-023-09640-w>.
2. Подгаєцький, А. А., Мащкевич, В. В. & Подгаєцький, А. А. (2018). Особливості мікроклонального розмноження видів рослин. Біла Церква: БНАУ
3. Мащкевич, В. В. (2020). Мікроклональне розмноження рослин: введення в культуру. У *Гончарівські читання* (с. 31–32). Суми.
4. Балашова, Г. С., Лавриненко, Ю. О. & Котов, Б. С. (2017). Вплив концентрації сахарози та фітогормонів на процес бульбоутворення картоплі в культурі столонів *in vitro*. *Вісник аграрної науки*, 95(8), 51–55. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk> 201708.
5. Dalleh, M., Borjac, J., Younes, G., Choueiri, E., Chehade, A., & Elbitar, A. (2023). *In vitro* propagation and microtuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) Spunta variety in Lebanon. *Advances in Horticultural Science*, 37(3), 243–253. DOI: <https://doi.org/10.36253/ahsc-13895>.
6. Campos, N. A., Da Silva, G. J., Paula, M. B., Rodrigues, T. B., Rodrigues, L. Z., & Paiva, L. V. (2016). A direct organogenesis protocol from shoot segments of *Solanum tuberosum* cv. Monalisa. *Australian Journal of Crop Science*, 10, 964–968. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.07.p7623>.
7. Tara, S. R., Krishnaprasad, B., & Veena, S. A. (2017). Direct and indirect regeneration of potato cultivar kufri jyoti. *Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 3, 31–34. DOI: <https://doi.org/10.9790/264X-03043134>.
8. Mohapatra, P. P., Batra, V. K., Kajla, S. & Poonia, A. K. (2018). *In vitro* multiplication and microtuberization of *Solanum tuberosum* using different Growth Regulators. *Vegetos An International Journal of Plant Research*, 31, 114–122. DOI: <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2018.00062.9>.

9. Cioloca, M., Tican, A., Băraşcu, N., & Popa, M. (2021). Effect of combined growth regulators on *in vitro* multiplication of recalcitrant potato varieties. *Romanian Agricultural Research*, 38, 109–116. DOI: <https://doi.org/10.59665/rar3811>.
10. Alexopoulos, A., & Petropoulos, S. (2021). Tissue culture of potato for seed production. *The potato crop. management, production and food security*. Nova science publishers, 61–90.
11. Бондарчук, А. А., Верменко, Ю. Я., Рязанцев, В. Б., & Рязанцев, М. В. (2016). *Біотехнологія в насінництві картоплі*. Вінниця: Ніланд-ЛТД.
12. Кузьменко, А. М., & Палій, Ю. І. (2018). Управління поливом при вирощуванні мінібульб. *Аграрні технології України*, 2(1), 45–49.
13. Сидоренко, В. П. (2019). Особливості підготовки ґрунту для мінібульб. *Аграрний вісник*, 11(5), 22–26.
14. Бондарчук, А. А., Колтунов, В. А., Олійник, Т. М., Фурдига, М. М., Вишневська, О. В., Осипчук, А. А., ... Захарчук, Н. А. (2019). *Картоплярство: Методика дослідної справи*. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ».
15. Куценко, В. С., Осипчук, А. А., Подгаєцький, А. А., Кононученко, В. В., Бугаєва, І. П., Верменко, Ю. Я., ... Захарчук, Н. А. (2002). *Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею*. Немішаєве: Інтас.
16. Вожегова, Р. А., Лавриненко, Ю. О., & Балашова, Г. С. (2013). *Оздоровлення картоплі в культурі in vitro: науково-методичні рекомендації*. Херсон.

Стаття надійшла до редакції журналу 18.07.2025