

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЩЕПЛЕНИХ ТОМАТІВ: РОЛЬ ЕМ ПРЕПАРАТІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ВИСОКОГО ВІДСОТКА ПРИЖИВЛЮВАНОСТІ НА ПІДЩЕПІ BEAUFORT

КОВАЛЬОВ М. М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0003-4421-8960

Центральноукраїнський національний технічний університет

ШЕВЧЕНКО О. О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцентка

orcid.org/0000-0002-3098-8940

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

СОКОЛОВСЬКА І. М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцентка

orcid.org/0000-0003-4256-8852

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Щеплення томатів на стійкі підщепи є перспективною технологією підвищення продуктивності та стійкості рослин до ґрунтових патогенів, проте її ефективність значною мірою залежить від відсотка приживлюваності щеплених рослин. Дослідження показують, що томати демонструють найвищий рівень виживання щеплених рослин серед пасльонових культур, досягаючи 98 % при оптимальних умовах загоєння [1, с. 1571]. Однак досягнення таких високих показників вимагає ретельного контролю в камері для регуляції мікроклімату під час постщепної регенерації рослин та використання додаткових агротехнічних прийомів.

Підщепка Beaufort Tm CNVF1Fr належить до широко використовуваних комерційних підщеп томатів, що характеризується високою стійкістю до коренів гнилей та здатністю забезпечувати стабільну масу плодів навіть у осінній період. Beaufort демонструє високу резистентність до кірчакості коренів і придатна для вирощування на будь-якому типі субстрату або ґрунту [2]. Попри визнані переваги цієї підщепи у забезпеченні контрольованого ростового потенціалу та стійкості до хвороб, питання оптимізації технології щеплення з метою максимізації приживлюваності залишається актуальним.

Ефективні мікроорганізми (ЕМ) є мікробіологічними препаратами, що містять комплекс корисних мікроорганізмів, включаючи фотосинтезуючі бактерії, молочнокислі бактерії, дріжджі та актиноміцети. ЕМ препарати здатні підтримувати оптимальну ефективність фотосинтезу листків, збільшувати врожайність та якісні показники рослин незалежно від типу субстрату [3, с. 5]. Незважаючи на численні дослідження позитивного впливу ЕМ технології на ріст і розвиток різних овочевих культур, їх потенціал у підвищенні приживлюваності щеплених томатів залишається недостатньо вивченим.

Щеплення впливає на мікробіоту кореневої та надземної частин рослин, причому генетичні фактори як підщепи, так і прищепи відіграють ключову роль у формуванні мікробних спільнот [4, с. 257]. Інтеграція мікробіологічних препаратів у технологію щеплення може оптимізувати взаємодію між рослиною-господарем і корисними мікроорганізмами, забезпечуючи більш швидку регенерацію тканин після щеплення та покращення адаптації рослин. Мікробна спадщина, створена

рослинами у ґрунті, значно впливає на подальші показники росту та розвитку овочевих культур, при чому щеплені рослини демонструють кращі показники росту та розвитку в ґрунті, попередньо кондиціонованому подібними рослинами [5, с. 228; 6, с. 679].

Таким чином, дослідження ролі ЕМ препаратів у забезпеченні високого відсотка приживлюваності томатів на підщепі Beaufort Tm CNVF1Fr є актуальним завданням, що може сприяти розробці удосконалених технологій вирощування щеплених томатів та підвищенню економічної ефективності овочівництва в умовах захищеного ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки у вчених збільшився інтерес до інтеграції агротехнічних та мікробіологічних підходів для підвищення ефективності вирощування щеплених томатів. Окрема увага приділяється комерційним підщепам, зокрема Beaufort, які застосовуються для підвищення вегетативної маси, стійкості до ґрунтових хвороб та загальної продуктивності гібридів [7]. Польові дослідження свідчать, що використання сильних підщеп може помітно підвищувати ринкову врожайність і розміри плодів у порівнянні з некореновими контролями [8]. Одночасно класичні роботи з теми графтування показали ефективність міжвидових підщеп у контролі ґрунтових патогенів, що слугувало підставою для широкого впровадження технології в комерційному виробництві [9].

ЕМ препарати (Effective Microorganisms) розглядаються як перспективний інструмент для покращення якості розсади, стимуляції розвитку кореневої системи та послаблення впливу грибкових і бактеріальних агентів через модифікацію мікробіоти ризосфери [10]. Огляди й експерименти останніх років підтверджують корисний ефект ЕМ у контексті ростових показників і зниження інфекційного тиску; проте результати чутливі до складу препаратів, доз і режимів застосування [11]. У деяких дослідженнях відзначено, що листові та кореневі обробки різними ЕМ продуктами дають неоднаковий ефект, що підкреслює необхідність стандартизації протоколів [12].

Незважаючи на наявність значної кількості робіт, що розглядають окремо вплив підщеп, включно з Beaufort та вплив ЕМ на томати, є дефіцит прямих, контрольованих досліджень, які б системно вивчали їхню взаємодію

в контексті приживлюваності після щеплення. Сучасна література вказує на те, що приживлюваність щеплених рослин визначається комплексом факторів: агротехнічними – час щеплення, співвідношення діаметрів підщепи й прищепи, умови healing chamber, біологічними – сумарний стан рослини та мікробіологічними – стан ризосфери [13, 14]. Тому для отримання репрезентативних результатів необхідні експерименти, які контролюватимуть одночасно: тип підщепи, режими застосування ЕМ, стандартизовані умови після операційної реабілітації та мікробіологічні вимірювання ризосфери.

Отже, сучасний стан досліджень підтверджує користь застосування Beaufort як підщепи і потенціал ЕМ препаратів для покращення господарських показників томатів. Однак існує науковий пробіл у вигляді відсутності масштабних, рандомізованих і реплікованих дослідів, які б кількісно оцінили ефект ЕМ на відсоток приживлюваності щеплених томатів на підщепі Beaufort. Відповідно, наступні дослідження доцільно спрямувати на розробку стандартизованих протоколів застосування ЕМ у поєднанні з оптимізованими агротехнічними процедурами щеплення.

Мета статті. Метою статті є оцінити ефективність застосування ЕМ препаратів (ефективних мікроорганізмів) в технології вирощування щеплених рослин томата та визначити їхній вплив на приживлюваність щепи на підщепі Beaufort TmCnVF¹Fr. Додатковими завданнями дослідження є: встановити оптимальні параметри підготовки компонентів щеплення, з'ясувати взаємозв'язок між концентрацією та способом внесення ЕМ препаратів і показниками фізіологічного стану рослин після щеплення, а також визначити потенціал інтеграції ЕМ технологій у промислове розсадництво гібридних томатів.

Матеріали та методика досліджень. Досліди проводили в базі кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету та ФОП Горбенко В.С., протягом 2019–2021 років у відповідності з «Методикою польового дослідження в овочівництві і баштанництві» [15, с. 42].

В роботі використано щеплені рослини томата виробництва Ergon Seeds Голландія Пінк Делайт F1, щеплені на підщепу Beaufort Tm Cn VF¹Fr, яка характеризується високою стійкістю до ґрунтових патогенів та оптимальними показниками розвитку кореневої системи.

Дослідження передбачало застосування трьох варіантів обробки ЕМ препаратами:

- 1) Контроль – без застосування ЕМ технології;
- 2) EM5 + EM Агро (стандартна концентрація 1:100) – робочий розчин ЕМ препаратів;
- 3) EM5 + EM Агро (підвищена концентрація 1:50) – робочий розчин ЕМ препаратів.

ЕМ препарати вносили двома шляхами: 1) перед щепленням шляхом замочування підщепи й прищепи у робочому розчині (10–15 хв); 2) після щеплення – обприскування рослин у камері постщепної регенерації та внесення в субстрат.

Щеплення виконували методом «верхівкового зближення», використовуючи силіконові кліпси діаметром 1,5–2,0 мм. Усі рослини розміщували

в камері з контрольованим мікрокліматом (температура 24–26 °С, відносна вологість 85–95 %, затемнення 60–70 % протягом перших трьох діб).

Протягом 14 діб після щеплення визначали: 1) відсоток приживлюваності рослин у кожному варіанті; 2) швидкість утворення калюсу; 3) морфометричні параметри рослин (висота, діаметр стебла, кількість листків); 4) стан фотосинтетичного апарату (SPAD-індекс); 5) частоту прояву фізіологічних відхилень (в'янення, некроз, розрив культури).

Для оцінювання достовірності різниць між варіантами використовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA). Значущість відмінностей визначали за критерієм HIP_{05} . Обробку результатів проводили в програмному забезпеченні Excel [16, с. 75].

Результати досліджень. Результати трирічних досліджень (2019–2021 років) свідчать про суттєвий вплив застосування ЕМ препаратів на показники приживлюваності щеплених рослин томата на підщепі Beaufort Tm Cn VF¹Fr (див. табл. 1).

Аналіз експериментальних даних показує, що застосування ЕМ препаратів суттєво підвищує відсоток приживлюваності щеплених рослин порівняно з контрольним варіантом. На сьому добу після щеплення у контрольному варіанті приживлюваність становила 78,3 %, тоді як у варіанті з використанням EM5 + EM Агро у концентрації 1:100 цей показник зріс до 89,7 %, що на 11,4 процентних пункти вище.

Максимальний ефект спостерігали при застосуванні підвищеної концентрації ЕМ препаратів (1:50) – 93,2 %, що перевищує контроль на 14,9 процентних пункти.

До 14-ї доби після щеплення відмінності між варіантами зберігалися: у контролі приживлюваність досягла 82,5 %, тоді як у варіантах з ЕМ обробкою – 94,8 % та 96,4 % відповідно. Важливо відзначити, що приживлюваність 96,4 % у варіанті з концентрацією 1:50 наближається до теоретичного максимуму – 98 %, про який повідомляють дослідження [1, с. 1570] для томатів при оптимальних умовах постщепної регенерації.

Суттєвою перевагою застосування ЕМ препаратів є прискорення процесу утворення калюсу в місці щеплення. У контрольному варіанті цей процес тривав у середньому 9,2 доби, тоді як застосування ЕМ препаратів скоротило цей період до 6,8 доби (концентрація 1:100) та 6,1 доби (концентрація 1:50). Прискорення калюсоутворення на 2,4–3,1 доби має практичне значення, оскільки скорочує період перебування рослин у камері загоєння та знижує ризики інфікування у критичній фазі адаптації. Ці результати узгоджуються з даними [3, с. 7] про здатність ЕМ препаратів стимулювати регенеративні процеси у рослинних тканинах.

Застосування ЕМ препаратів позитивно вплинуло не лише на приживлюваність, а й на морфометричні параметри щеплених рослин після завершення періоду загоєння (див. табл. 2).

Результати досліджень демонструють статистично достовірний вплив ЕМ препаратів на всі досліджувані морфометричні параметри рослин. Висота рослин у контрольному варіанті становила 18,4 см, тоді як застосування EM5 + EM Агро у концентрації 1:100 збільшило

Таблиця 1

Приживлюваність щеплених рослин томата залежно від застосування ЕМ-препаратів (середнє за 2019–2021 роки)

Варіант досліджу	Приживлюваність на 7-му добу, %	Приживлюваність на 14-ту добу, %	Утворення калюсу, діб	Загибель рослин, %
Контроль (без ЕМ)	78,3	82,5	9,2	17,5
EM5 + EM Агро (1:100)	89,7	94,8	6,8	5,2
EM5 + EM Агро (1:50)	93,2	96,4	6,1	3,6
HIP ₀₅	4,2	3,8	0,7	3,1

Таблиця 2

Морфометричні показники щеплених рослин томата на 21-шу добу після щеплення (середнє за 2019–2021 роки)

Варіант досліджу	Висота рослини, см	Діаметр стебла, мм	Кількість листків, шт.	Площа листової поверхні, см ²
Контроль (без ЕМ)	18,4	4,8	5,2	142,6
EM5 + EM Агро (1:100)	21,7	5,6	6,4	178,3
EM5 + EM Агро (1:50)	23,1	5,9	6,8	192,8
HIP ₀₅	1,6	0,4	0,5	12,4

цей показник до 21,7 см (+17,9 %), а підвищена концентрація (1:50) забезпечила висоту 23,1 см (+25,5 % порівняно з контролем). Такий приріст можна пояснити стимулюючим впливом ЕМ препаратів на фотосинтетичну активність рослин, що узгоджується з результатами [3, с. 11] про підтримку оптимальної ефективності фотосинтезу листків при використанні ЕМ.

Діаметр стебла, який є важливим показником потужності розвитку рослин і їхньої стійкості до полягання, також суттєво збільшувався при застосуванні ЕМ препаратів. У контролі цей показник становив 4,8 мм, у варіантах з ЕМ-обробкою – 5,6 мм та 5,9 мм відповідно, що перевищує контроль на 16,7 % та 22,9 %. Збільшення діаметру стебла свідчить про покращення водно-мінерального живлення рослин та активізацію ростових процесів у місці з'єднання прищепи та підщепи.

Кількість листків на рослині у варіантах з ЕМ обробкою перевищувала контроль на 1,2–1,6 штуки, досягаючи 6,4–6,8 листків проти 5,2 у контролі. Особливо показовим є збільшення площі листової поверхні: у варіанті з концентрацією ЕМ препаратів 1:50 вона становила 192,8 см², що на 35,2 % більше контрольного показника – 142,6 см². Збільшення асиміляційної поверхні створює передумови для більш інтенсивного фотосинтезу та накопичення пластичних речовин, необхідних для подальшого росту та формування врожаю [17, с. 160; 18, с. 107]. Ці дані підтверджують висновки [4, с. 260] про вплив мікробіому на оптимізацію взаємодії між підщепою та прищепою у щеплених рослинах.

Для оцінки фізіологічного стану щеплених рослин визначали SPAD-індекс та частоту прояву стресових реакцій у післяопераційний період (див. табл. 3).

SPAD-індекс, який корелює з вмістом хлорофілу у листках та характеризує фотосинтетичну активність рослин, виявився суттєво вищим у варіантах із застосуванням ЕМ препаратів. На сьому добу після щеплення у контрольному варіанті SPAD-індекс становив 31,4 одиниці, тоді як у варіантах з ЕМ обробкою – 36,2 та 37,9 одиниць відповідно. До 14-ї доби ці відмінності збільшувалися: контроль – 36,8, варіанти з ЕМ – 42,7 та 44,3 одиниці. Підвищення SPAD-індексу на 15,3–20,4 % свідчить про кращу збереженість фотосинтетичного апарату та швидшу адаптацію рослин до стресу, спричиненого щепленням. Це узгоджується з результатами досліджень [3, с. 4], які встановили, що ЕМ препарати підтримують оптимальну ефективність фотосинтезу листків незалежно від типу субстрату.

Частота прояву фізіологічних відхилень у післяопераційний період є критичним показником успішності технології щеплення. У контрольному варіанті прояв в'янення спостерігався у 24,6 % рослин, що втричі перевищує показник варіанту з концентрацією ЕМ препаратів 1:50 (5,2 %). Некроз тканин у місці щеплення, який часто призводить до загибелі рослини, спостерігався у 12,3 % рослин контрольного варіанту проти лише 1,5 % у варіанті з підвищеною концентрацією ЕМ препаратів. Розрив у місці з'єднання прищепи та підщепи зафіксовано у 5,2 % контрольних рослин, тоді як застосування ЕМ препаратів знизило цей показник до 1,5–2,1 %.

Таблиця 3

Фізіологічні показники щеплених рослин томата (середнє за 2019–2021 роки)

Варіант досліджу	SPAD-індекс на 7-му добу	SPAD-індекс на 14-ту добу	Прояв в'янення, %	Некроз тканин, %	Розрив у місці щеплення, %
Контроль (без ЕМ)	31,4	36,8	24,6	12,3	5,2
EM5 + EM Агро (1:100)	36,2	42,7	8,4	3,1	2,1
EM5 + EM Агро (1:50)	37,9	44,3	5,2	1,5	1,5
HIP ₀₅	2,1	2,4	3,8	2,6	1,4

Зниження частоти стресових реакцій при застосуванні ЕМ препаратів можна пояснити їхнім комплексним впливом на фізіологічні процеси. Як зазначають Лі та співавтори [5, с. 228], рослинно-мікробна спадщина у ґрунті значно впливає на показники росту щеплених рослин. ЕМ препарати, що містять фотосинтезуючі бактерії, молочнокислі бактерії, дріжджі та актиноміцети, створюють сприятливий мікробіом, який підтримує рослину в критичний період адаптації після щеплення.

Для оцінки практичної доцільності впровадження ЕМ ехнології у виробництво щеплених томатів проведено розрахунок економічної ефективності (див. табл. 4).

Аналіз економічної ефективності свідчить про високу ефективність застосування ЕМ препаратів у технології вирощування щеплених рослин томата.

Вихід стандартної розсади у контрольному варіанті становив 825 рослин з 1000 щеплених, тоді як застосування ЕМ5 + ЕМ Агро у концентрації 1:100 підвищило цей показник до 948 рослин (+14,9 %), а концентрація 1:50 забезпечила вихід 964 рослин (+16,8 % порівняно з контролем). При середній ринковій ціні стандартної щепленої розсади томата 15 грн/шт., додатковий прибуток від застосування ЕМ препаратів становив 1845 грн (концентрація 1:100) та 2085 грн (концентрація 1:50) з розрахунку на 1000 щеплених рослин.

Незважаючи на те, що підвищена концентрація ЕМ препаратів (1:50) забезпечує дещо більший вихід стандартної розсади та абсолютний прибуток, рентабельність додаткових витрат є вищою при використанні стандартної концентрації (1:100) – 1025 % проти 613 %. Це пояснюється майже вдвічі меншими витратами на ЕМ препарати при концентрації 1:100 (180 грн проти 340 грн) при незначній різниці у виході розсади (948 проти 964 рослин, або лише 1,7 %). Таким чином, з економічної точки зору застосування ЕМ5 + ЕМ Агро у концентрації 1:100 є більш доцільним для промислового розсадництва.

Високі показники рентабельності (613–1025 %) свідчать про значний економічний потенціал інтеграції ЕМ технології у виробництво щеплених томатів. Враховуючи, що в сучасних розсадницьких комплексах щеплюють десятки тисяч рослин щорічно, застосування ЕМ препаратів може забезпечити суттєве зростання прибутковості виробництва. Крім того, покращення якості розсади (вища приживлюваність, кращі морфометричні показники, зниження стресових реакцій) створює передумови для підвищення врожайності та якості

продукції на подальших етапах вирощування, що додатково підвищує економічну ефективність технології.

Висновки. На основі результатів трирічних досліджень (2019–2021 років) щодо впливу ЕМ препаратів на приживлюваність та розвиток щеплених рослин томата на підщепі Beaufort Tm Cn VF¹Fr можна зробити наступні висновки:

Застосування ЕМ препаратів суттєво підвищує приживлюваність щеплених рослин томата. Використання ЕМ5 + ЕМ Агро у концентрації 1:100 забезпечило приживлюваність 94,8 % на 14-ту добу після щеплення, що на 12,3 процентних пункти перевищує контрольний варіант (82,5 %). Підвищена концентрація препаратів (1:50) дозволила досягти приживлюваності 96,4 %, наближаючись до теоретичного максимуму для томатів (98 %) при оптимальних умовах загоєння.

ЕМ препарати прискорюють процес регенерації тканин у місці щеплення. Утворення калюсу при застосуванні ЕМ5 + ЕМ Агро відбувалося на 2,4–3,1 доби швидше порівняно з контролем, скорочуючи критичний період адаптації рослин з 9,2 до 6,1–6,8 діб. Це знижує ризику інфікування та дозволяє скоротити тривалість перебування рослин у камері загоєння.

Використання ЕМ препаратів позитивно впливає на морфометричні показники щеплених рослин. На 21-шу добу після щеплення рослини у варіантах з ЕМ обробкою перевищували контроль за висотою на 17,9–25,5 %, діаметром стебла на 16,7–2,9 %, а площа листової поверхні збільшилася на 25,0–35,2 %. Покращення морфометричних параметрів створює передумови для формування потужного асиміляційного апарату та високої продуктивності рослин.

ЕМ препарати підвищують стійкість рослин до післяопераційного стресу. SPAD-індекс у варіантах з ЕМ обробкою на 14-ту добу був вищим на 15,9–20,4 % порівняно з контролем, що свідчить про кращу збереженість фотосинтетичного апарату. Частота прояву в'янення знизилася з 24,6 % до 5,2–8,4 %, некрозу тканин – з 12,3 % до 1,5–3,1 %, розриву у місці щеплення – з 5,2 % до 1,5–2,1 %.

Економічна ефективність застосування ЕМ препаратів є високою. Вихід стандартної розсади підвищився на 14,9–16,8 %, забезпечуючи додатковий прибуток 1845–2085 грн з розрахунку на 1000 щеплених рослин. Рентабельність додаткових витрат становить 613–1025 %, що підтверджує доцільність впровадження ЕМ-технології у промислове розсадництво.

Таблиця 4

Економічна ефективність застосування ЕМ препаратів при вирощуванні щеплених рослин томата (розрахунок на 1000 рослин)

Показник	Контроль (без ЕМ)	ЕМ5 + ЕМ Агро (1:100)	ЕМ5 + ЕМ Агро (1:50)
Вихід стандартної розсади, шт.	825	948	964
Додаткові витрати на ЕМ-препарати, грн	0	180	340
Вартість стандартної розсади, грн/шт.	15	15	15
Загальний дохід, грн	12 375	14 220	14 460
Додатковий прибуток, грн	–	1845	2085
Рентабельність додаткових витрат, %	–	1025	613

Оптимальною для виробничих умов є концентрація EM5 + EM Агро 1:100. Незважаючи на те, що підвищена концентрація (1:50) забезпечує дещо кращі біометричні показники, стандартна концентрація (1:100) характеризується вищою рентабельністю (1025 % проти 613 %) при незначній різниці у виході стандартної розсади (1,7 %), що робить її економічно більш доцільною для масового виробництва.

Підщепка Beaufort Tm Cn VF¹Fr демонструє високу сумісність з прищепою при застосуванні EM технології. Комбінація генетичних переваг підщепи Beaufort (стійкість до ґрунтових патогенів, контрольований ростовий потенціал) із стимулюючим впливом EM препаратів на мікробіом ризосфери забезпечує синергетичний ефект, що проявляється у високій приживлюваності та покращених фізіологічних показниках рослин.

Практичні рекомендації: Для підвищення приживлюваності щеплених рослин томата на підщепі Beaufort Tm Cn VF¹Fr рекомендується застосовувати EM5 + EM Агро у концентрації 1:100 шляхом замочування підщепи та прищепи перед щепленням (10–15 хв) з наступним обприскуванням рослин та внесенням у субстрат у камері загоєння. Такий підхід забезпечує приживлюваність понад 94 %, скорочує період загоєння на 2–3 доби та підвищує рентабельність виробництва розсади більш ніж у 10 разів.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні тривалого впливу EM препаратів на продуктивність щеплених рослин томата протягом усього вегетаційного періоду, дослідженні змін мікробіому ризосфери та філосфери під впливом EM технології, а також оптимізації строків та кратності застосування препаратів для різних комбінацій підщепи-прищепи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Johnson S. J., Miles C. A. Effect of healing chamber design on the survival of grafted eggplant, tomato, and watermelon. *HortScience*. 2011. Vol. 46, no. 11. P. 1569–1573.
- De Ruyter Seeds. Beaufort rootstock with control. *Vegetables by Bayer*. URL: <https://www.vegetables.bayer.com> (дата звернення: 01.12.2024).
- Iriti M., Vitalini S., Scarafoni A., Pierce S., Castorina G. Soil application of effective microorganisms (EM) maintains leaf photosynthetic efficiency, increases seed yield and quality traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown on different substrates. *Plants*. 2019. Vol. 8, no. 5. P. 1–14.
- Morais M. C., Torres L. F., Kuramae E. E., de Andrade S. A. L. Plant grafting: Maximizing beneficial microbe-plant interactions. *Trends in Microbiology*. 2024. Vol. 32, no. 3. P. 252–263.
- Li Y., Wang X., Chen J. et al. Effect of plant-derived microbial soil legacy in a grafting system – a turn for the better. *Microbiome*. 2024. Vol. 12. Article 228.
- Lang K. M., Nair A., Litvin A. G. An alternative healing method for grafted tomato transplants: the effect of light exclusion and substrate temperature on plant survival and growth. *HortTechnology*. 2020. Vol. 30, no. 6. P. 677–687.
- Ingram T. W. Vigorous rootstocks improve yields and increase fruit sizes of grafted tomatoes. *Frontiers in Horticulture*. 2022. DOI: 10.3389/fhort.2022.1091342

- Turhan A., Ozmen N., Serbeci M. S., Seniz V. Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Horticultural Science*. 2011. Vol. 38, no. 4. P. 142–149. DOI: 10.17221/51/2011-HORTSCI
- Rivard C. L., Louws F. J. et al. Grafting Tomato with Interspecific Rootstock to Manage Diseases Caused by *Sclerotium rolfsii* and Southern Root-Knot Nematode. *Plant Disease*. 2010. Vol. 94, no. 8. P. 1015–1021. DOI: 10.1094/PDIS-94-8-1015
- Olle M. The Effect of Effective Microorganisms on the Performance of Tomato Transplants. *Biology and Life Sciences Forum*. 2022. Vol. 11, no. 1. Article 68. DOI: 10.3390/IECPS2021-12007
- Saleh A. A., Elsheikh M. H. et al. New perspectives into the application of Effective Microorganism (EM) on phytopathogenic fungi: in-vitro antioxidant capacity, bioactive substances and fungicidal efficacy. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2024. Vol. 38, no. 1. DOI: 10.1080/13102818.2024.2387190
- Msabila S. E., Nordey T., Ernest Z., Mlowe N., Manickam R., Ramasamy S., Huat J. Boosting Tomato Resilience in Tanzania: Grafting to Combat Bacterial Wilt and Abiotic Stress. *Horticulturae*. 2024. Vol. 10, no. 4. Article 338. DOI: 10.3390/horticulturae10040338
- Black L. L. Grafting Tomatoes for Production in the Hot-Wet Season. AVRDC Publication no. 03-551. Taiwan: AVRDC – The World Vegetable Center, 2003. 3 p.
- Guan W. Techniques for Tomato Grafting. HO-260-W. West Lafayette, IN: Purdue University Extension, 2019. 4 p.
- Пігуль В. М., Дейнека В. І., Ващенко В. П. Методика польового дослідження в овочівництві і баштанництві. Харків: Стиль-Іздат, 2018. 270 с.
- Рожков А. О., Каленська С. М., Пузік Л. М. та ін. Дослідна справа вагрономії. Книга друга. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень: навчальний посібник. Харків: Майдан, 2016. 298 с.
- Ковальов М. М. Вплив параметрів кліматозабезпечення на вирощування мікрозелені в умовах плівкової теплиці. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 126. С. 153–162. DOI: 10.32851/2226-0099.2022.126.21
- Ковальов М. М. Вплив іонного складу поживного середовища на вирощування ремонтантних сортів полуниці в гідропонних колонах. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2020. Вип. 116. С. 104–111. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.116.1.13

REFERENCES:

- Johnson, S. J., & Miles, C. A. (2011). Effect of healing chamber design on the survival of grafted eggplant, tomato, and watermelon. *HortScience*, 46(11), 1569–1573.
- De Ruyter Seeds. (n.d.). *Beaufort rootstock with control*. Vegetables by Bayer. Retrieved December 1, 2024, from <https://www.vegetables.bayer.com>
- Iriti, M., Vitalini, S., Scarafoni, A., Pierce, S., & Castorina, G. (2019). Soil application of effective microorganisms (EM) maintains leaf photosynthetic efficiency, increases seed yield and quality traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown on different substrates. *Plants*, 8(5), 1–14
- Morais, M. C., Torres, L. F., Kuramae, E. E., & de Andrade, S. A. L. (2024). Plant grafting: Maximizing

- beneficial microbe-plant interactions. *Trends in Microbiology*, 32(3), 252–263.
5. Li, Y., Wang, X., Chen, J., Zhang, L., Liu, H., Wang, Y., Sun, M., Li, X., Zhou, Q., & Zhang, R. (2024). Effect of plant-derived microbial soil legacy in a grafting system – a turn for the better. *Microbiome*, 12, Article 228
 6. Lang, K. M., Nair, A., & Litvin, A. G. (2020). An alternative healing method for grafted tomato transplants: The effect of light exclusion and substrate temperature on plant survival and growth. *HortTechnology*, 30(6), 677–687.
 7. Ingram, T. W. (2022). Vigorous rootstocks improve yields and increase fruit sizes of grafted tomatoes. *Frontiers in Horticulture*, 1, Article 1091342. <https://doi.org/10.3389/ffhort.2022.1091342> [in English].
 8. Turhan, A., Ozmen, N., Serbeci, M. S., & Seniz, V. (2011). Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Horticultural Science*, 38(4), 142–149. <https://doi.org/10.17221/51/2011-HORTSCI>
 9. Rivard, C. L., Louws, F. J., Kubota, C., & Sideman, R. G. (2010). Grafting tomato with interspecific rootstock to manage diseases caused by *Sclerotium rolfsii* and southern root-knot nematode. *Plant Disease*, 94(8), 1015–1021. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-8-1015>
 10. Olle, M. (2022). The effect of effective microorganisms on the performance of tomato transplants. *Biology and Life Sciences Forum*, 11(1), Article 68. <https://doi.org/10.3390/IECPS2021-12007>
 11. Saleh, A. A., Elsheikh, M. H., Ahmed, S. M., Hassan, E. A., & Metwaly, A. M. (2024). New perspectives into the application of effective microorganism (EM) on phytopathogenic fungi: In-vitro antioxidant capacity, bioactive substances and fungicidal efficacy. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 38(1), 2387190. <https://doi.org/10.1080/13102818.2024.2387190>
 12. Msabila, S. E., Nordey, T., Ernest, Z., Mlowe, N., Manickam, R., Ramasamy, S., & Huat, J. (2024). Boosting tomato resilience in Tanzania: Grafting to combat bacterial wilt and abiotic stress. *Horticulturae*, 10(4), Article 338. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040338>
 13. Black, L. L. (2003). *Grafting tomatoes for production in the hot-wet season* (AVRDC Publication No. 03-551). AVRDC – The World Vegetable Center.
 14. Guan, W. (2019). *Techniques for tomato grafting* (HO-260-W). Purdue University Extension.
 15. Pihul, V. M., Deineka, V. I., & Vashchenko, V. P. (2018). *Metodyka polovoho doslidu v ovochivnytstvi i bashtannytstii* [Methods of field experiment in vegetable and melon growing]. Styl-Izdat [in Ukrainian].
 16. Rozhkov, A. O., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Makarchuk, O. S., Puzik, V. K., Kalenskyi, V. P., & Dmytruk, Yu. M. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Knyha druha. Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzhen: Navchalnyi posibnyk* [Experimental work in agronomy. Book two. Statistical processing of agronomic research results: Tutorial]. Maidan [in Ukrainian].
 17. Kovalov, M. M. (2022). Vplyv parametriv klimatozabezpechennia na vyroshchuvannia mikrozeleni v umovakh plivkovoi teploty [Influence of climate control parameters on microgreens cultivation in film greenhouse conditions]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, 126, 153–162. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.21> [in Ukrainian].
 18. Kovalov, M. M. (2020). Vplyv ionnoho skladu pozhyvnoho seredovyschcha na vyroshchuvannia remontantnykh sortiv polunytsi v hidroponnykh kolonakh [Influence of ionic composition of nutrient medium on cultivation of remontant strawberry varieties in hydroponic columns]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, 116, 104–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.13> [in Ukrainian].

Ковальов М. М., Шевченко О. О., Соколовська І. М. Оптимізація технології вирощування щеплених томатів: роль ЕМ препаратів у забезпеченні високого відсотка приживлюваності на підщепі Beaufort

У статті досліджується потенціал інтеграції ЕМ технологій у промислове овочівництво гібридних томатів. **Мета.** Оцінити ефективність застосування ЕМ препаратів (ефективних мікроорганізмів) у технології вирощування щеплених рослин томата та визначити їхній вплив на приживлюваність щепи на підщепі Beaufort Tm Cn VF¹Fr. Додатковими завданнями дослідження є встановлення оптимальних параметрів підготовки компонентів щеплення, з'ясування взаємозв'язку між концентрацією та способом внесення ЕМ препаратів і показниками фізіологічного стану рослин після щеплення, а також визначення потенціалу інтеграції ЕМ технологій у промислове розсадництво гібридних томатів. **Методи.** Польові досліді проводили протягом 2019–2021 років на базі Центральноукраїнського національного технічного університету відповідно до «Методики польового досліду в овочівництві і баштаничтві». В роботі використано щеплені рослини томата гібриду Пінк Делайт F₁ на підщепі Beaufort Tm Cn VF¹Fr. Дослідження передбачало три варіанти обробки: контроль без застосування ЕМ технології, EM5 + EM Агро у стандартній концентрації (1:100) та підвищеній концентрації (1:50). ЕМ препарати вносили шляхом замочування підщепи та прищепи перед щепленням (10–15 хв) з наступним обприскуванням рослин у камері укорінення та внесенням у субстрат. Щеплення виконували методом верхівкового зближення з використанням силіконових кліпс діаметром 1,5–2,0 мм. Рослини розміщували в камері з контрольованим мікрокліматом (температура 24–26 °С, відносна вологість 85–95 %, затемнення 60–70 % протягом перших трьох діб). Протягом 14 діб визначали відсоток приживлюваності, швидкість утворення калюсу, морфометричні параметри, SPAD-індекс та частоту прояву фізіологічних відхилень. **Результати.** Застосування ЕМ препаратів суттєво підвищило приживлюваність щеплених рослин томата: використання EM5 + EM Агро у концентрації 1:100 забезпечило приживлюваність 94,8 % на 14-ту добу після щеплення проти 82,5 % у контролі, а підвищена концентрація (1:50) дозволила досягти 96,4 %. Процес утворення калюсу прискорився на 2,4–3,1 доби, скорочуючись з 9,2 діб у контролі до 6,1–6,8 діб у варіантах з ЕМ обробкою. Морфометричні показники рослин на 21-шу добу після щеплення суттєво покращилися: висота збільшилася на 17,9–25,5 %, діаметр стебла на 16,7–22,9 %, площа листової поверхні на 25,0–35,2% порівняно з контролем. SPAD-індекс у варіантах з ЕМ обробкою виявився вищим на 15,9–20,4 %, що свідчить про кращу збереженість фотосинтетичного апарату. Частота прояву в'янення знизилася з 24,6 % до 5,2–8,4 %, некрозу тканин з 12,3 % до 1,5–3,1 %, розриву у місці щеплення з 5,2 % до 1,5–2,1%. Економічний аналіз показав високу

ефективність технології: вихід стандартної розсади підвищився на 14,9–16,8 %, забезпечуючи додатковий прибуток 1845–2085 грн з розрахунку на 1000 щеплених рослин при рентабельності додаткових витрат 613–1025 %.

Висновки. EM препарати є ефективним інструментом підвищення приживлюваності щеплених рослин томата на підщепі Beaufort Tm Cn VF¹Fr. Оптимальною для виробничих умов є концентрація EM5 + EM Agro 1:100, яка забезпечує приживлюваність понад 94 %, прискорює загоєння на 2–3 доби та характеризується найвищою рентабельністю (102,5 %). Комбінація генетичних переваг підщепи Beaufort із стимулюючим впливом EM препаратів на мікробіом забезпечує синергетичний ефект, що проявляється у високій приживлюваності, покращених морфометричних та фізіологічних показниках рослин. Технологія має значний потенціал для впровадження у промислове розсадництво томатів в умовах захищеного ґрунту.

Ключові слова: щеплення томатів, підщепа Beaufort, EM препарати, ефективні мікроорганізми, приживлюваність, калусоутворення, мікробіом ризосфери, морфометричні показники, SPAD-індекс, економічна ефективність.

Kovalov M. M., Shevchenko O. O., Sokolovska I. M.
Optimization of grafted tomato cultivation technology: the role of EM preparations in ensuring high graft-take percentage on Beaufort rootstock

The article examines the potential of EM technology integration into commercial vegetable growing of hybrid tomatoes. **Purpose.** To evaluate the effectiveness of EM preparations (effective microorganisms) in grafted tomato plant cultivation technology and determine their impact on graft-take success rate on Beaufort Tm Cn VF¹Fr rootstock. Additional objectives include establishing optimal parameters for preparing grafting components, elucidating the relationship between EM preparation concentration and application method with post-grafting physiological indicators, and determining the potential for integrating EM technologies into commercial hybrid tomato transplant production.

Methods. Field trials were conducted during 2019–2021 at the Central Ukrainian National Technical University following the «Methodology of field experiments in vegetable and melon growing». The study utilized grafted tomato plants of Pink Delight F₁ hybrid on Beaufort Tm Cn VF¹Fr rootstock. The research included three treatment variants: control without EM technology application, EM5 + EM Agro at standard

concentration (1:100), and elevated concentration (1:50). EM preparations were applied by soaking rootstock and scion before grafting (10–15 min) followed by spraying plants in the healing chamber and substrate application. Grafting was performed using the tongue approach method with silicone clips 1,5–2,0 mm in diameter. Plants were placed in a chamber with controlled microclimate (temperature 24–26 °C, relative humidity 85–95 %, 60–70 % shading during the first three days). Over 14 days, graft-take percentage, callus formation rate, morphometric parameters, SPAD index, and frequency of physiological disorders were determined.

Results. EM preparation application significantly increased grafted tomato plant survival: EM5 + EM Agro at 1:100 concentration achieved 94,8 % graft-take on day 14 post-grafting versus 82,5 % in control, while elevated concentration (1:50) reached 96,4 %. Callus formation accelerated by 2,4–3,1 days, decreasing from 9,2 days in control to 6,1–6,8 days in EM treated variants. Plant morphometric indicators on day 21 post-grafting improved substantially: height increased by 17,9–25,5 %, stem diameter by 16,7–22,9 %, and leaf surface area by 25,0–35,2 % compared to control. SPAD index in EM treated variants was 15,9–20,4 % higher, indicating better photosynthetic apparatus preservation. Wilting incidence decreased from 24,6 % to 5,2–8,4 %, tissue necrosis from 12,3 % to 1,5–3,1 %, and graft union failure from 5,2 % to 1,5–2,1 %. Economic analysis demonstrated high technology efficiency: standard transplant output increased by 14,9–16,8 %, providing additional profit of 1845–2085 UAH per 1000 grafted plants with return on additional investment of 613–1025 %.

Findings. EM preparations are an effective tool for increasing grafted tomato plant survival on Beaufort Tm Cn VF¹Fr rootstock. The optimal concentration for production conditions is EM5 + EM Agro 1:100, which ensures graft-take exceeding 94 %, accelerates healing by 2–3 days, and demonstrates the highest profitability (102,5 %). The combination of Beaufort rootstock genetic advantages with the stimulating effect of EM preparations on the microbiome provides a synergistic effect manifested in high graft-take, improved morphometric and physiological plant parameters. The technology has significant potential for implementation in commercial tomato transplant production under protected cultivation conditions.

Key words: tomato grafting, Beaufort rootstock, EM preparations, effective microorganisms, graft-take, callus formation, rhizosphere microbiome, morphometric parameters, SPAD index, economic efficiency.

Дата першого надходження рукопису до видання: 14.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 19.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025