



УДК 635.64:631.541:631.559
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.15.2026.16>

СИНЕРГЕТИЧНИЙ ВПЛИВ ЕФЕКТИВНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ТА ПІДЩЕПИ BEAUFORT НА РЕГЕНЕРАЦІЮ І ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН ЩЕПЛЕНИХ РОСЛИН ТОМАТА

М. М. Ковальов¹, О. О. Шевченко², І. М. Соколовська³

У статті досліджується потенціал інтеграції ЕМ-технологій у промислове овочівництво гібридних томатів. Метою досліджень було 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. Польові досліді проводили протягом 2019–2021 років на базі Центральноукраїнського національного технічного університету відповідно до «Методики польового дослідження в овочівництві і багаторічній культурі». У роботі використано щеплені рослини томата гібрида Пінк Делайт F₁ на підщепі Beaufort Tm Cn VF¹Fr. Дослідження передбачало три варіанти обробки: контроль без застосування ЕМ-технологій, ЕМ5 + ЕМ 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 подальшим обприскуванням рослин у камері вкорінення 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

¹ кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри загального землеробства
(Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький)
e-mail: nicolaskov80@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4421-8960

² кандидат сільськогосподарських наук, доцентка,
доцент кафедри селекції і насінництва
(Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро)
e-mail: shevchenko.o.o.@dsau.dp.ua
ORCID: 0000-0002-3098-8940

³ кандидат сільськогосподарських наук, доцентка,
доцент рослинництва та агроінженерії
(Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон)
e-mail: marketing-kiarv@ukr.net
ORCID: 0000-0003-4256-8852

та частоту прояву фізіологічних відхилень. Застосування ЕМ-препаратів суттєво підвищило приживлюваність щеплених рослин томата: використання ЕМ5 + ЕМ 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) дала можливість досягти 96,4 %. Процес утворення калюсу прискорився на 2,4–3,1 доби, скорочуючись з 9,2 доби у контролі до 6,1–6,8 доби 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 листкової 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 в 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 із розрахунку на 1000 щеплених рослин за рентабельності додаткових витрат 613–1025 %. ЕМ-препарати є ефективним інструментом підвищення приживлюваності щеплених рослин томата на підщепі Beaufort Tm Cn VF¹Fr. Оптимальною для виробничих умов є концентрація ЕМ5 + ЕМ Агро 1 : 100, яка забезпечує приживлюваність понад 94 %, прискорює загоєння на 2–3 доби та характеризується найвищою рентабельністю (1025 %). Комбінація генетичних переваг підщепи Beaufort із стимулюючим впливом ЕМ-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, підщепи Beaufort, ЕМ-препарати, ефективні мікроорганізми, приживлюваність, калюсоутворення, мікробіом ризосфери, морфометричні показники, SPAD-індекс, економічна ефективність.

SYNERGETIC INFLUENCE OF EFFECTIVE MICROORGANISMS AND BEAUFORT ROOTS ON THE REGENERATION AND PHYSIOLOGICAL STATE OF GRAFTED TOMATO PLANTS

M. M. Kovalov, O. O. Shevchenko, I. M. Sokolovska

The article examines the potential of EM technology integration into commercial vegetable growing of hybrid tomatoes. The aim of the research was to evaluate the effectiveness of the use of EM preparations (effective microorganisms) in the technology of growing grafted tomato plants and to determine their effect on graft survival on Beaufort Tm Cn VF¹Fr rootstock. Additional tasks of the research are to establish the optimal parameters for the preparation of grafting components, to clarify the relationship between the concentration and method of introduction of EM drugs and indicators of the physiological state of plants after vaccination, as well as to determine the potential of integrating EM technologies into the industrial nursery of hybrid tomatoes. Field experiments were conducted during 2019–2021 on the basis of the Central Ukrainian National Technical University in accordance with the «Methodology of field experiments in vegetable growing and melon growing». The work used grafted tomato plants of the Pink Delight F₁ hybrid on the Beaufort Tm Cn VF¹Fr rootstock. The study included three treatment options: control without EM technology, EM5 + EM Agro in standard concentration (1:100) and increased concentration (1:50). EM drugs were applied by soaking the rootstock and scion before grafting (10–15 min), followed by spraying the plants in the rooting chamber and applying it to the substrate. Vaccination was performed by the method of apical convergence using silicone clips with a diameter of 1.5–2.0 mm. The plants were placed in a chamber with a controlled microclimate (temperature 24–26 °C, relative humidity 85–95%, darkness 60–70% during the first three days). For 14 days, the percentage of survival, callus formation rate, morphometric parameters, SPAD index and the frequency of physiological abnormalities were determined. The use of EM preparations significantly increased the survival of grafted tomato plants: the use of EM5 + EM Agro at a concentration of 1:100 ensured survival of 94.8% on the 14th day after vaccination against 82.5% in the control, and the increased concentration (1:50) made it possible to reach 96.4%. The process of callus formation accelerated by 2.4–3.1 days, decreasing from 9.2 days in the control to 6.1–6.8 days in the variants with EM treatment. The morphometric indicators of plants on the 21st day after inoculation improved significantly: height increased by 17.9–25.5%, stem diameter by 16.7–22.9%, leaf surface area by 25.0–35.2% compared to the control. The SPAD index in EM-treated variants was higher by 15.9–20.4%, which indicates better preservation of the photosynthetic apparatus. The incidence of wilting decreased from 24.6% to 5.2–8.4%, tissue necrosis from 12.3% to 1.5–3.1%, rupture at the graft site from 5.2% to 1.5–2.1%. The economic analysis showed the high efficiency of the technology: the yield

of standard seedlings increased by 14.9–16.8%, providing an additional profit of UAH 1,845–2,085 per 1,000 grafted plants with a profitability of additional costs of 613–1,025%. EM preparations are an effective tool for increasing the survival of grafted tomato plants on Beaufort Tm Cn VF¹Fr rootstock. The optimal concentration for production conditions is EM5 + EM Agro 1:100, which ensures survival over 94%, accelerates healing by 2–3 days and is characterized by the highest profitability (1,025%). The combination of the genetic advantages of the Beaufort rootstock with the stimulating effect of EM drugs on the microbiome provides a synergistic effect, manifested in high survival, improved morphometric and physiological indicators of plants. The technology has a significant potential for introduction into the industrial nursery of tomatoes under conditions of protected soil.

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

Вступ

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 % за оптимальних умов загоєння (Johnson & Miles, 2011). Однак досягнення таких високих показників потребує 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 кореневих гнилей і здатністю забезпечувати стабільну масу плодів навіть в осінній період. Beaufort демонструє високу резистентність до кірчачовості коренів і придатна для вирощування на будь-якому типі субстрату або ґрунту (De Ruiter Seeds, 2024). Попри визнані переваги цієї підщепи в 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, включно з фотосинтезуючими бактеріями, молочнокислими бактеріями, дріжджами й актиноміцетами. ЕМ-препарати здатні підтримувати оптимальну ефективність фотосинтезу листків, збільшувати врожайність та якісні показники рослин незалежно від типу субстрату (Iriti et al., 2019). 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 (Morais et al., 2024). 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, причому щеплені рослини демонструють кращі показники росту та розвитку в ґрунті, попередньо кондиціонованому подібними рослинами (Lang et al., 2020; Wang et al., 2024).

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

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 і загальної продуктивності гібридів (Ingram et al., 2022). Польові дослідження свідчать, що використання сильних підщеп може помітно підвищувати ринкову врожайність і розміри плодів порівняно з некореневими контролями (Turhan et al., 2021). Одночасно класичні роботи з теми графтування показали ефективність міжви-

дових підщеп у контролі ґрунтових патогенів, що слугувало підставою для широкого впровадження технології в комерційному виробництві (Rivard et al., 2010).

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 (Olle, 2022). 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 (Saleh et al., 2024). У деяких дослідженнях відзначено, що листові та кореневі обробки різними ЕМ-продуктами дають неоднаковий ефект, що підкреслює необхідність стандартизації протоколів (Msabila et al., 2024).

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 (Black et al., 2003; Guan & Hallett, 2019). 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 корисність 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.

Метою статті є оцінити ефективність застосування ЕМ-препаратів (ефектив-

них мікроорганізмів) у 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.

Матеріал і методи

Досліди проводили на базі кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету та ФОП Горбенко В. С. протягом 2019–2021 років відповідно до «Методики польового досліду в овочівництві і баштанництві» (Пігуль та ін., 2018).

У 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) ЕМ5 + ЕМ Агро (стандартна концентрація 1 : 100) – робочий розчин ЕМ-препаратів;
- 3) ЕМ5 + ЕМ Агро (підвищена концентрація 1 : 50) – робочий розчин ЕМ-препаратів.

ЕМ-препарати вносили двома шляхами: 1) перед щепленням шляхом замочування підщепи та прищепи в 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 фізіоло-

гічних 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 (Дослідна ..., 2016).

Результати

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 (табл. 1).

Аналіз експериментальних даних показує, що застосування ЕМ-препаратів суттєво підвищує відсоток приживлюваності щеплених рослин порівняно з контрольним варіантом. На 7-му добу після щеплення в контрольному варіанті приживлюваність становила 78,3 %, тоді як у варіанті з використанням ЕМ5 + ЕМ Агро в концентрації 1 : 100 цей показник зріс до 89,7 %, що на 11,4 процентного пункту вище.

Максимальний ефект спостерігали в разі застосування підвищеної концентрації ЕМ-препаратів (1 : 50) – 93,2 %, що перевищує контроль на 14,9 процентного пункту. 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 (Johnson & Miles, 2011) для томатів за оптимальних умов 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 (Iriti et al., 2019) про здатність ЕМ-препаратів стимулювати регенеративні процеси в рослинних тканинах.

Застосування ЕМ-препаратів позитивно вплинуло не лише на приживлюваність, а й на морфометричні параметри щеплених рослин після завершення періоду загоєння (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 ЕМ5 + ЕМ Агро в концентрації 1 : 100 збільшило 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 (Iriti et al., 2019) про підтримку оптимальної ефективності фотосинтезу листків за використання ЕМ.

Діаметр стебла, який є важливим показником потужності розвитку рослин і їхньої стійкості до полягання, також суттєво збільшувався в разі застосування 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 діаметра стебла свідчить про покращення водно-мінерального живлення рослин та активізацію

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
ЕМ5 + ЕМ Агро (1 : 100)	89,7	94,8	6,8	5,2
ЕМ5 + ЕМ Агро (1 : 50)	93,2	96,4	6,1	3,6
HIP_{05}	4,2	3,8	0,7	3,1

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 листка 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 за контрольний показник – 142,6 см². Збільшення асиміляційної поверхні створює передумови для більш інтенсивного фотосинтезу та накопичення пластичних речовин, необхідних для подальшого росту та формування врожаю (Ковальов, 2022; Ковальов, 2020). Ці дані підтверджують висновки (Morais et al., 2024) 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 (табл. 3).

SPAD-індекс, який корелює із вмістом хлорофілу в листках і характеризує фотосинтетичну активність рослин, виявився суттєво вищим у варіантах із застосуванням ЕМ-препаратів. На 7-му добу після щеплення в контрольному варіанті SPAD-індекс становив 31,4 одиниці, тоді як у варіантах з ЕМ-обробкою – 36,2 та 37,9 одиниці 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 (Iriti et al., 2019), 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 варіанта 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 варіанта 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 %.

Зниження частоти стресових реакцій у разі застосування ЕМ-препаратів можна пояснити їхнім комплексним впливом на фізіологічні процеси. Як зазначають Wang та співавтори (Wang et al., 2024), рослинно-мікробна спадщина у ґрунті значно впливає на показники росту щеплених рослин. ЕМ-препарати, що містять фотосинтезуючі бактерії, молочнокислі бактерії, дріжджі й актиноміцети, створюють сприятливий мікробіом, який підтримує рослину в критичний період адаптації після щеплення.

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

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
ЕМ5 + ЕМ Агро (1 : 100)	21,7	5,6	6,4	178,3
ЕМ5 + ЕМ Агро (1 : 50)	23,1	5,9	6,8	192,8
НІР ₀₅	1,6	0,4	0,5	12,4

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, %	Некротизація тканин, %	Розрив у місці щеплення, %
Контроль (без ЕМ)	31,4	36,8	24,6	12,3	5,2
ЕМ5 + ЕМ Агро (1 : 100)	36,2	42,7	8,4	3,1	2,1
ЕМ5 + ЕМ Агро (1 : 50)	37,9	44,3	5,2	1,5	1,5
НІР ₀₅	2,1	2,4	3,8	2,6	1,4

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

Вихід стандартної розсади в контрольному варіанті становив 825 рослин зі 1000 щеплених, тоді як застосування ЕМ5 + ЕМ Агро в концентрації 1 : 100 підвищило цей показник до 948 рослин (+14,9 %), а концентрація 1 : 50 забезпечила вихід 964 рослин (+16,8 % порівняно з контролем).

За середньої ринкової ціни 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) із розрахунку на 1000 щеплених рослин.

Незважаючи на те що підвищена концентрація ЕМ-препаратів (1 : 50) забезпечує дещо більший вихід стандартної розсади й абсолютний прибуток, рентабельність додаткових витрат є вищою за використання стандартної концентрації (1 : 100) – 1025 % проти 613 %. Це пояснюється майже вдвічі меншими витратами на ЕМ-препарати в разі концентрації 1 : 100 (180 грн проти 340 грн) із незначною різницею у виході розсади (948 проти 964 рослин, або лише 1,7 %). Таким чином, з економічного погляду застосування ЕМ5 + ЕМ Агро в 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. Оскільки в сучасних розсадницьких комплексах щепляють 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 продук-

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

Обговорення

Отримані результати щодо впливу ЕМ-препаратів на приживлюваність щеплених томатів узгоджуються із сучасним розумінням ролі мікробіому в оптимізації функціонування щеплених рослин (Poudel et al., 2023). Дослідження показують, що вибір підщепи суттєво впливає на структуру кореневих грибних спільнот, причому підщепи Maxifort, яка є близькою до Beaufort за характеристиками, підтримує більше видове різноманіття мікроорганізмів порівняно з іншими підщепами (Rivard et al., 2010). Це підтверджує нашу гіпотезу про синергетичний ефект поєднання генетичних переваг підщепи Beaufort зі стимулюючим впливом ЕМ-препаратів на ризосферний мікробіом.

Прискорення калюсоутворення на 2,4–3,1 доби в разі застосування ЕМ-препаратів має важливе практичне значення. Дослідження показали, що використання потужних підщеп, як-от Arnold і Beaufort, значно підвищує врожайність ізбільшує розміри плодів томатів (Ingram et al., 2022), проте успішність цієї технології критично залежить від швидкості загоєння місця щеплення. Наші результати демонструють, що ЕМ-технологія може ефективно скоротити критичний період адаптації рослин після щеплення, що особливо важливо для комерційного виробництва, де скорочення часу перебування рослин у камері загоєння безпосередньо впливає на економічну ефективність.

Покращення морфометричних показників щеплених рослин у разі застосування ЕМ-препаратів корелює з результатами досліджень інших авторів. Встановлено, що ЕМ-препарати збільшують діаметр стебла розсади томатів на 20 % та підвищують вміст основних поживних елементів (Olle, 2022),

Таблиця 4

Економічна ефективність застосування ЕМ-препаратів у 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

що узгоджується з нашими даними про збільшення діаметра стебла на 16,7–22,9 %. Важливо відзначити, що покращення біометричних параметрів у наших дослідах супроводжувалося зниженням частоти стресових реакцій, що свідчить про комплексний позитивний вплив ЕМ-препаратів на фізіологічний стан рослин.

Високі показники економічної ефективності застосування ЕМ-технології (рентабельність 613–1025 %) підтверджують її перспективність для інтеграції у промислове розсадництво томатів. Сучасні дослідження підкреслюють важливість мікробіомно-орієнтованих підходів для оптимізації вирощування томатів (Nicotra et al., 2024), що повністю узгоджується з отриманими нами результатами. Однак слід зазначити, що для повного розкриття потенціалу ЕМ-технології необхідні подальші дослідження впливу цих препаратів на продуктивність щеплених томатів протягом усього вегетаційного періоду та в різних кліматичних умовах.

Висновки

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

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

ЕМ-препарати прискорюють процес регенерації тканин у місці щеплення. Утворення калюсу в разі застосування 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 доби. Це знижує ризики інфікування та дає змогу 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 листкової 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 в 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 із розрахунку на 1000 щеплених рослин. Рентабельність додаткових витрат становить 613–1025 %, що підтверджує доцільність упровадження ЕМ-технології у промислове розсадництво.

Оптимальною для виробничих умов є концентрація ЕМ5 + ЕМ 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 %) з незначною різницею у виході стандартної розсади (1,7 %), що робить її економічно більш доцільною для масового виробництва.

Підщепи Beaufort Tm Cn VF¹Fr демонструє високу сумісність із прищепою у разі застосування ЕМ-технології. Комбінація генетичних переваг підщепи Beaufort (стійкість до ґрунтових патогенів, контрольований ростовий потенціал) із стимулюючим впливом ЕМ-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 ЕМ5 + ЕМ Агро в концентрації 1 : 100 шляхом замочування підщепи та прищепи перед щепленням (10–15 хв) з подальшим обприскуванням рослин і 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 ЕМ-препаратів на продуктивність щеплених рослин томата протягом усього вегетаційного періоду, дослідженні змін мікробіому ризосфери та філосфери під впливом ЕМ-технології, а також оптимізації строків та кратності застосування препаратів для різних комбінацій підщепа – прищепа.

Список використаної літератури

Дослідна справа в агрономії. Книга друга. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень : навчальний посібник / Рожков А.О., Каленська С.М., Пузік Л.М. та ін. Харків : Майдан, 2016. 298 с.

Ковальов М.М. Вплив іонного складу поживного середовища на вирощування ремонтантних сортів полуниці в гідропонних колонах. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. 2020. Вип. 116. С. 104–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.13>.

Ковальов М.М. Вплив параметрів кліматозабезпечення на вирощування мікрозелені в умовах плівкової теплиці. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 126 С. 153–162. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.21>.

Пігуль В.М., Дейнека В.І., Ващенко В.П. *Методика польового досліджу в овочівництві і баштанництві*. Харків : Стиль-Іздат. 2018, 270 с.

Black L.L., Wu D.L., Wang J.F., Kalb T., Abbass D., & Chen J.H. Grafting Tomatoes for Production in the Hot-Wet Season. AVRDC — The World Vegetable Center, Shanhua, Taiwan, 2003. 6 p. [Електронний ресурс]. URL: <https://avrdc.org/download/project-support/v4pp/training-farmers/1-1-healthy-seedling-production/Grafting.pdf> (дата звернення: 01.12.2024).

De Ruiter Seeds. Beaufort rootstock with control. *Vegetables by Bayer*. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.vegetables.bayer.com> (дата звернення: 01.12.2024).

Guan W., & Hallett S. Techniques for Tomato Grafting (HO-260-W). Purdue University Extension, 2019. [Електронний ресурс]. URL: https://ag.purdue.edu/department/hla/extension/extension-publications-library/_docs/ho-260-w.pdf (дата звернення: 01.12.2024).

Ingram T.W., Sharpe S., Trandel M., Perkins-Veazie P., Louws F.J., & Meadows I. Vigorous rootstocks improve yields and increase fruit sizes of grafted tomatoes. *Frontiers in Horticulture*. 2022. Vol. 1. Article 1091342. <https://doi.org/10.3389/fhort.2022.1091342>.

Iriti M., Scarafoni A., Pierce S., Castorina G., & Vitalini S. 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. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Vol. 20. Issue 9. Article 2327. <https://doi.org/10.3390/ijms20092327>.

Johnson S.J., Miles C.A. Effect of healing chamber design on the survival of grafted eggplant, tomato, and watermelon. *HortTechnology*. 2011. Vol. 21. Issue 6. P. 752–758. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.21.6.752>.

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. № 6. P. 677–687. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04626-20>.

Morais M.C., Lopez de Andrade Torres L.F., Mazzafera P. Plant grafting: Maximizing beneficial microbe-plant interactions. *Rhizosphere*. 2024. Vol. 29. 100825. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100825>.

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. Issue 4. Article 338. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040338>.

Nicotra D., Ghadamgahi F., Ghosh S., Anzalone A., Dimaria G., Mosca A., Massimino M.E., Vetukuri R.R., Catara V. Genomic insights and biocontrol potential of ten bacterial strains from the tomato core microbiome. *Frontiers in Plant Science*. 2024. Vol. 15. Article 1437947. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1437947>.

Olle M. The Effect of Effective Microorganisms on the Performance of Tomato Transplants. *Biology and Life Sciences Forum*. 2022. Vol. 11 (1). P. 68. <https://doi.org/10.3390/IECPS2021-12007>.

Poudel R., Jumpponen A., Kennelly M.M., Rivard C., Gomez-Montano L., Garrett K.A. Integration of Phenotypes in Microbiome Networks for Designing Synthetic Communities: a Study of Mycobiomes in the Grafted Tomato System. *Appl Environ Microbiol*. 2023 Jun 28. Vol. 89 (6). e0184322. <https://doi.org/10.1128/aem.01843-22>.

Rivard C.L., O'Connell S., Peet M.M., Louws F.J. Grafting tomato with interspecific rootstock to manage diseases caused by *Sclerotium rolfsii* and southern root-knot nematode. *Plant Disease*. 2010. Vol. 94. Issue 8. P. 1015–1021. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-8-1015>.

Saleh A.A., Elsheikh M.H., El-Nakieb F.A., Sobhy S.E., Kabeil S.S., Hafez E.E. 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. Issue 1. Article 2387190. <https://doi.org/10.1080/13102818.2024.2387190>.

Turhan A., Ozmen N., Serbeci M.S., Seniz V. Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Horticultural Science (Prague)*. 2011. Vol. 38. Issue 4. P. 142–149. <https://doi.org/https://doi.org/10.17221/51/2011-HORTSCI>.

Wang T., Ruan Y., Xu Q., Shen Q., Ling N., Vandenkoornhuysen P. Effect of plant-derived microbial soil legacy in a grafting system — a turn for the better. *Microbiome*. 2024. Vol. 12. Article 234. <https://doi.org/10.1186/s40168-024-01938-2>.

References

Rozhkov, A.O., Kalenska, S.M., & Puzik, L.M. et al. (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]*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian].

Kovalov, M.M. (2020). Vplyv ionnoho skladu pozhyvnoho seredovyscha na vyroshchuvannya remontantnykh sortiv polynytsi v hidroponnykh kolonakh [The influence of the ionic composition of the nutrient medium on the cultivation of remountant strawberry varieties in hydroponic columns]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk: Naukovyi zhurnal. Silskohospodarski nauky [Taurian Scientific Herald: Scientific Journal. Agricultural Sciences]*, 116, 104–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.13> [in Ukrainian].

Kovalov, M.M. (2022). Vplyv parametriv klimatyzabezpechennia na vyroshchuvannya mikrozeleni v umovakh plivkovoï teploty [Influence of climate control parameters on microgreen cultivation in film greenhouse conditions]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk: Naukovyi zhurnal. Silskohospodarski nauky [Tavria Scientific Bulletin: Scientific Journal. Agricultural sciences]*, 126, 153–162. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.21> [in Ukrainian].

Pihul, V.M., Deineka, V.I., & Vashchenko, V.P. (2018). *Metodyka polovoho doslidu v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [Field experiment methodology in vegetable and melon growing]*. Kharkiv: Styl-Izdat [in Ukrainian].

Black, L.L., Wu, D.L., Wang, J.F., Kalb, T., Abbass, D., & Chen, J.H. (2003). Grafting tomatoes for production in the hot-wet season. AVRDC – The World Vegetable Center. [Electronic resource] URL: <https://avrdc.org/download/project-support/v4pp/training-farmers/1-1-healthy-seedling-production/Grafting.pdf> (access date 01.12.2024) [in English].

De Ruyter Seeds (n.d.). Beaufort rootstock with control. Vegetables by Bayer. Retrieved December 1, 2024. [Electronic resource] URL: <https://www.vegetables.bayer.com> (access date 01.12.2024) [in English].

Guan, W., & Hallett, S. (2019). Techniques for tomato grafting (HO-260-W). Purdue University Extension. [Electronic resource] URL: https://ag.purdue.edu /department/hla/extension/extension-publications-library/_docs/ho-260-w.pdf (access date 01.12.2024) [in English].

Ingram, T.W., Sharpe, S., Trandel, M., Perkins-Veazie, P., Louws, F.J., & Meadows, I. (2022). Vigorous rootstocks improve yields and increase fruit sizes of grafted tomatoes. *Frontiers in Horticulture*, 1, 1091342. <https://doi.org/10.3389/fhort.2022.1091342> [in English].

Iriti, M., Scarafoni, A., Pierce, S., Castorina, G., & Vitalini, S. (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. *International Journal of Molecular Sciences*, 20 (9), 2327. <https://doi.org/10.3390/ijms20092327> [in English].

Johnson, S.J., & Miles, C.A. (2011). Effect of healing chamber design on the survival of grafted eggplant, tomato, and watermelon. *HortTechnology*, 21 (6), 752–758. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.21.6.752> [in English].

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. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04626-20> [in English].

Morais, M.C., Lopez, de Andrade, Torres, L.F., & Mazzafera, P. (2024). Plant grafting: Maximizing beneficial microbe-plant interactions. *Rhizosphere*, 29, 100825. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100825> [in English].

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), 338. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040338> [in English].

Nicotra, D., Ghadamgahi, F., Ghosh, S., Anzalone, A., Dimaria, G., Mosca, A., Massimino, M.E., Vetukuri, R. R., & Catara, V. (2024). Genomic insights and biocontrol potential of ten bacterial strains from the tomato core microbiome. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1437947. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1437947> [in English].

Olle, M. (2022). The effect of effective microorganisms on the performance of tomato transplants. *Biology and Life Sciences Forum*, 11 (1), 68. <https://doi.org/10.3390/IECPS2021-12007> [in English].

Poudel, R., Jumpponen, A., Kennelly, M.M., Rivard, C., Gomez-Montano, L., & Garrett, K.A. (2023). Integration of phenotypes in microbiome networks for designing synthetic communities: A study of mycobiomes in the grafted tomato system. *Applied and Environmental Microbiology*, 89 (6), e0184322. <https://doi.org/10.1128/aem.01843-22> [in English].

Rivard, C.L., O'Connell, S., Peet, M.M., & Louws, F.J. (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> [in English].

Saleh, A.A., Elsheikh, M.H., El-Nakieb, F.A., Sobhy, S.E., Kabeil, S.S., & Hafez, E.E. (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> [in English].

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> [in English].

Wang, T., Ruan, Y., Xu, Q., Shen, Q., Ling, N., & Vandenkoornhuys, P. (2024). Effect of plant-derived microbial soil legacy in a grafting system — A turn for the better. *Microbiome*, 12, 234. <https://doi.org/10.1186/s40168-024-01938-2> [in English].

Дата першого надходження статті до видання: 10.12.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 09.10.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.03.2026

Стаття поширюється на умовах
ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

