

ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ ТА ЯКІСТЬ ВРОЖАЮ МОРКВИ ЗАЛЕЖНО ВІД МІКОРИЗАЦІЇ БАКТЕРІАЛЬНИМИ ПРЕПАРАТАМИ

ПАЛАМАРЧУК В. Д. – доктор сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0002-4906-3761

Вінницький національний аграрний університет

НАХТМАН Є. В. – аспірант

orcid.org/0000-0002-7305-9594

Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Морква належить до найбільш поширених овочевих культур у світі та має важливе господарське значення для аграрного сектору України. Її вирощування у відкритому ґрунті традиційно зберігає високу популярність, оскільки внутрішній попит залишається стабільним упродовж багатьох років. За обсягами виробництва цієї культури Україна посідає одне з провідних місць серед європейських країн.

Морква (*Daucus carota* L.) – дворічна культура родини Селерових, яка протягом першого року розвитку формує розетку листків та коренеплід, а на другий рік утворює квітконосне стебло й насіння. Коренеплід, залежно від сорту, має видовжено-конічну або циліндричну форму, вирізняється гладенькою чи злегка горбкуватою поверхнею та характерним жовтогарячим або жовтим забарвленням. Річна норма споживання коренеплодів моркви на одну особу становить 15,5 кг. Коренеплоди цієї культури містять значну кількість поживних речовин, вітамінів і мінеральних елементів, а також є одним із провідних джерел каротину, що має важливе значення для зміцнення імунної відповіді та підвищення стійкості організму до інфекцій

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесі вегетації коренеплоди моркви формують значний запас органічних і мінеральних сполук, зокрема 12–15 % сухих речовин, 8–12 % вуглеводів (у тому числі 6–9 % цукрів), 1,0–1,2 % клітковини, 0,37–2,93 % пектинових речовин, 1,0–2,2 % білків та 0,2–0,3 % жирів. За кількістю вітамінів морква суттєво переважає більшість овочевих культур, містячи вітаміни А, В₁, В₂, В₆, С, D, Е, К, РР, а також фолієву кислоту, ефірні олії та широкий спектр мінеральних елементів: кальцій, фосфор, йод, залізо, натрій, магній і калій. Інтенсивність забарвлення коренеплодів безпосередньо пов'язана з концентрацією вітаміну А та каротиноїдів. Пектинові речовини, насичені солями кальцію, здатні зв'язувати й виводити з організму важкі метали, радіонукліди та токсичні сполуки, що підвищує цінність моркви як дієтичного продукту [1–4].

Оптимальне формування та наростання коренеплоду моркви відбувається за температури +18–21 °С, тоді як найінтенсивніший розвиток листової маси спостерігається за – +22–25 °С. Перевищення даної температури викликає уповільнення ростових процесів, огрубіння та зниження смакових якостей коренеплодів, особливо за дефіциту вологи. Зниження температури до +10 °С подовжує тривалість вегетації та зумовлює погіршення забарвлення коренеплодів. Морква є вологовилюбною культурою, особливо чутливою до

дефіциту води вона в періоди проростання насіння, наростання листової розетки та активного потовщення коренеплоду. Різкі коливання вологості ґрунту провокують масове розтріскування коренеплодів і значне погіршення товарності продукції. Культура також потребує достатньої вологості повітря: за її нестачі формується огрубіла та низькоякісна продукція, а тривалий посушливий період спричиняє утворення дрібних, деформованих коренеплодів і загальне зменшення врожайності [2, 5].

Найвища потреба моркви в елементах живлення спостерігається під час активного формування кореневої системи, наростання коренеплоду та розвитку фотосинтетичного апарату [6]. Для культури характерне інтенсивне засвоєння поживних речовин уже на ранніх етапах онтогенезу, тому забезпечення рослин доступними формами елементів живлення у збалансованих кількостях є критично важливим для її повноцінного росту й подальшої продуктивності.

Підвищення врожайності сучасних сортів і гібридів моркви нині забезпечується переважно завдяки генетичному удосконаленню морфологічних і фізіологічних ознак рослини – збільшенню площі листової поверхні, зміні індексу врожайності та зростанню обсягів накопичених асимілянтів у продуктивних органах. Однак повна реалізація потенціалу сорту можлива лише за умови створення оптимальних умов вирощування, коли спостерігається чітка узгодженість між послідовними фазами росту й розвитку рослин та природно-кліматичними факторами.

Живі організми для свого розвитку потребують мінеральних речовин, основним джерелом яких є ґрунтовий профіль, доступ до елементів живлення забезпечується завдяки діяльності мікроорганізмів у процесі ґрунтоутворення. Мікроорганізми безпосередньо впливають як на родючість ґрунту та його мінеральну частину, так і на рослини і агрофітоценози в цілому, регулюючи процеси засвоєння елементів живлення і стабільність екосистеми [2, 7, 8].

Збільшення біорізноманіття корисної ґрунтової мікрофлори сприяє пригніченню патогенних мікроорганізмів, підвищує вміст рухомих форм калію та фосфору та покращує коефіцієнт засвоєння поживних речовин рослинами. Рослини здебільшого поглинають елементи живлення в легкодоступних формах, незалежно від їх джерела, причому безпосереднє всмоктування відбувається через ґрунтовий розчин. Тому особливе значення набуває створення оптимальних умов для мінерального

живлення, що забезпечує ефективне використання поживних речовин і максимізацію продуктивності культур [9, 10].

Одним із ключових методів оптимізації живлення моркви є внесення органічних добрив, проте їх кількість обмежена. Ефективною альтернативою є використання мікробних препаратів, що активізують процеси несимбіотичної азотфіксації, підвищують рухомість фосфору, калію та інших поживних елементів, а також сприяють деструкції рослинних решток. У сучасних технологіях велике значення приділяють застосуванню біопрепаратів, які є безпечними для довкілля, оздоровлюють екосистему та водночас підвищують урожайність і знижують собівартість продукції [11].

Існування рослин у взаємодії з мікроорганізмами забезпечується їх симбіозом, у якому коріння перебуває в щільному оточенні мікробної популяції. Біологізація живлення сприяє більш ефективному засвоєнню біогенних елементів та їх включенню в конструктивний метаболізм рослин, що підвищує вміст складних органічних сполук у продукції [12]. Поглинальна здатність мікробно-рослинних симбіозів значно перевищує можливості самих коренів, при цьому в прикореневому ґрунті концентрація бактеріальних клітин може досягати 5–10 млрд на 1 г ґрунту [13].

Симбіоз грибів і рослин із утворенням мікоризи є поширеним явищем, яке охоплює близько 85 % вищих рослин і широко застосовується у технологіях вирощування. Мікоризні гриби активуються після проростання насіння під дією кореневих виділень рослини: їхні гіфи проникають у клітини кореня, утворюючи арбускули, де відбувається інтенсивний обмін поживними речовинами – гриби постачають рослині воду та легкодоступні елементи живлення, а натомість отримують вуглеводи. Розвиток мікоризи розширює площу поглинання кореневої системи, водночас сприяючи виробленню натуральних антибіотиків і пригнічуючи розвиток збудників фітофторозу, альтернаріозу, фузаріозу, бактеріозів, а також шкідників, зокрема нематод [14–15].

Для життєдіяльності мікоризоутворюючих грибів асоціація з рослинами є критичною, оскільки забезпечує надходження органічних сполук вуглецю, синтезованих рослиною-господарем, та регуляцію фізіологічних процесів у клітинах гриба-симбіонта. Нині розрізняють три основні типи мікоризи: ектотрофну, ендотрофну та змішану (екто-ендотрофну). При ектотрофній мікоризі гіфи гриба обплітають коріння зовні, формуючи щільний гіфований чохлак, та поширюються між кірковими клітинами по міжклітинниках, не проникаючи всередину клітин. Ендотрофна мікориза характеризується проникненням гіф у клітини кори паренхіми, де вони розвиваються у вигляді клубочків. У змішаній мікоризі міцелій утворює зовнішній чохлак, а гіфи проникають у апопласт кори та формують сітку всередині міжклітинників. Ектотрофна мікориза переважно зустрічається у дерев'янистих рослин і рідко виявляється у трав'янистих видах [16–18].

Арбускулярні мікоризні гриби сприяють поглинанню не лише фосфору, але й інших елементів живлення, зокрема азоту та мікроелементів. Концентрація їх міцелію зменшується з глибиною: понад половина знаходиться нижче 30 см. Мікориза позитивно впливає на

рослини та ґрунт, підвищуючи ефективність засвоєння мінеральних елементів, знижуючи потребу в мінеральних добривах, покращуючи стійкість до шкідливих організмів, посухи та засолення, зменшуючи негативний вплив важких металів. Крім того, мікориза покращує структуру та водоутримуючу здатність ґрунту, знижує ерозію і вимивання поживних речовин, а також підвищує конкурентоспроможність мікоризованих культур щодо бур'янів [9, 19].

Серед овочевих культур найвищу реакцію на мікоризацію проявляють представники родин цибулевих, бобових і пасльонових, тоді як злакові рослини практично не реагують через розгалужену кореневу систему, що забезпечує достатнє надходження поживних елементів. Водночас колонізація арбускулярними грибами підвищує посухостійкість злакових, зокрема пшениці, та інших видів рослин, забезпечуючи приріст врожайності на 17–22 %. Мікоризовані рослини характеризуються підвищеним вмістом фосфору та заліза, що свідчить про ефективніше засвоєння елементів живлення [16, 19].

Мікориза сприяє ефективному засвоєнню рослинами макро- та мікроелементів із малорозчинних сполук ґрунту, що підвищує врожайність культур за меншої витрати добрив і води. Використання мікоризних препаратів забезпечує економію на мінеральному живленні та покращує якість продукції, одночасно стимулюючи розвиток кореневої системи: міцелій гриба проникає у корені, формує ектомікоризу та захищає їх від перезволоження ґрунту й корневих гнилей. Крім того, мікориза прискорює настання фаз росту та розвитку рослини, підвищуючи її адаптивні й продуктивні властивості [20, 21].

Метою дослідження була оцінка впливу мікоризації на продуктивність та якісні показники врожаю моркви в умовах Лісостепу правобережної України.

Матеріал та методи досліджень. Дослідження проводилися у 2023–2024 роках у відкритому ґрунті на території ТОВ «Органік-Д» із застосуванням гібридів моркви Болівар F_1 та Олімпіо F_1 . Варіанти експерименту розміщувалися рендомізовано з трьома повторностями. Сівба виконувалася гребневим способом стрічковою схемою 20 + 50 см. Передпосівна обробка насіння здійснювалася мікоризним препаратом Мікофренд у дозі 20 г/кг насіння, тоді як контрольний варіант складав гібрид Болівар F_1 без застосування мікоризації. Спостереження та обліки проводили відповідно до стандартної методики польових дослідів. Ефективність використання мікоризного препарату оцінювали за морфометричними характеристиками коренеплодів і рослин, а також за загальною врожайністю та якістю отриманої продукції. Отримані дані піддавали дисперсійному аналізу з використанням спеціалізованого програмного забезпечення на персональному комп'ютері [10, 22].

Результати досліджень. Основними критеріями придатності моркви для харчового використання є біометричні показники рослини та коренеплоду, його забарвлення та форма. Одночасне застосування мікоризного препарату та активність певних специфічних мікроорганізмів, зокрема *Trichoderma*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Paenibacillus*, *Bacillus*, *Agrobacterium*, *Priestia*, *Rhodotorula* та *Candida* spp., впливало на

морфометричні показники рослин і коренеплодів. Біометричні характеристики моркви змінювалися внаслідок мікоризації кореневої системи, причому ефект залежав від генотипу гібриду та присутності мікоризних грибів. Продуктивний орган відповідав сортовим ознакам: коренеплоди мали типовий колір, не були пошкоджені шкідниками та збиралися в технічній стиглості.

Ріст коренеплодів та надземної частини моркви протягом вегетаційного періоду відбувався нерівномірно та визначався як зовнішніми факторами, так і сортовими особливостями гібридів. На початкових етапах розвитку темпи наростання розетки листків перевищували швидкість росту коренеплодів, причому максимальне збільшення листової поверхні спостерігалось до фази «початок утворення коренеплоду». Після формування потужного фотосинтезуючого апарату відбувалося помітне прискорення росту коренеплодів. Результати дослідження морфологічних ознак у гібридів моркви залежно від мікоризації наведено в табл. 1.

Залежно від сортових особливостей гібридів моркви та застосування мікоризного препарату середня висота надземної частини рослин коливалася в межах 38,6–48,0 см. Максимальні значення зафіксовано у гібрида Болівар F_1 при обробці насіння препаратом Мікофренд, тоді як мінімальна висота спостерігалася в контрольному варіанті. Висота рослин цього гібриду перевищувала контроль на 15,6 %.

Подібні закономірності отримані і в інших дослідженнях [4], де на різних гібридах моркви встановлено, що найбільш інтенсивно розвиток листової поверхні гібриду Болівар F_1 , відбувається на варіантах із внесенням біоорганічних добрив, що забезпечувало максимальну масу коренеплодів. При вирощуванні гібриду Олімпо F_1 висота рослин складала 43,5 см, що перевищувало контрольний варіант на 4,9 см, що підтверджує позитивний вплив мікоризації на ріст надземної частини рослин.

За результатами досліджень довжини коренеплодів у фазі технічної стиглості встановлено, що середня довжина варіювалася від 16,8 до 21,6 см залежно від гібриду та застосування мікоризного препарату. Найменші коренеплоди формував гібрид Болівар F_1 у контрольному варіанті без мікоризації: вони були конічної форми з тупим хвостиком, великою серцевиною та довжиною 16,8 см. Застосування препарату Мікофренд за активної участі мікроорганізмів, зокрема *Rhodotorula mucilaginosa*, збільшувало довжину коренеплодів до 18,2 см у Болівар F_1 та до 21,6 см у гібриду Олімпо F_1 , забезпечуючи приріст на 8,0 % та 9,7 % відповідно.

Позитивний вплив мікоризації спостерігався й на діаметр коренеплодів. Застосування препарату Мікофренд

збільшувало діаметр коренеплодів на 6 % у гібриду Болівар F_1 та на 9 % у гібриду Олімпо F_1 . Крім того, обробка насіння мікоризним препаратом підвищувала співвідношення довжини коренеплоду до його діаметру, причому найбільші значення цього показника зафіксовано у варіанті з гібридом Олімпо F_1 .

У досліджуваних гібридів коренеплоди мали конічну форму з заокругленим кінчиком, відносячи їх до групи Шантане, а маса коливалася в межах 197,5–215,0 г. У гібриду Болівар F_1 відмінностей між контролем і варіантом із мікоризою не зафіксовано – показники залишалися на однаковому рівні. Натомість у гібриду Олімпо F_1 маса коренеплоду досягала 215,0 г, що значно перевищувало контрольний варіант, а застосування мікоризного препарату Мікофренд забезпечило приріст загальної маси на 9,7 %. Підвищення біометричних показників пояснюється більш ефективним забезпеченням рослин водою та мінеральними елементами завдяки формуванню мікоризи порівняно з контролем.

Продуктивність високотоварних гібридів моркви визначається комплексом технологічних заходів, спрямованих на створення оптимальних умов росту та розвитку рослин на всіх стадіях онтогенезу. Відхилення будь-якого абіотичного фактору – температури, освітленості, вологості, повітряно-газового режиму чи доступності поживних елементів – гальмує розвиток рослин і суттєво знижує їхню продуктивність.

У складній багатокомпонентній системі кожний чинник відіграє специфічну роль. Для підвищення виходу товарної продукції застосовували посів моркви на гряді, що зменшує деформацію та пошкодження коренеплодів. Такий спосіб формує дрібно-грудкуватий ґрунт у зоні кореневої системи, сприяє отриманню правильної форми коренеплодів і високої товарності, запобігає ущільненню ґрунту та підтримує сприятливі умови протягом усього періоду вегетації.

Валовий збір та врожайність є ключовими показниками ефективності вирощування моркви і використовуються для оцінки результатів впливу конкретних елементів технології. Врожайність досліджуваних гібридів формувалася під впливом системи живлення, заходів захисту рослин та загальної агротехнічної культури. Протягом періоду проведення дослідів показник загальної врожайності моркви залишався відносно стабільним, коливаючись у середньому від 59,3 до 71,2 т/га. Крім того, підвищення врожайності, що відзначалося при мікоризації та використанні біологічних препаратів, супроводжувалося змінами у виході стандартної (кондиційної) частини коренеплодів (табл. 2).

Таблиця 1

Особливості прояву морфологічних ознак гібридів моркви залежно від мікоризації, (середнє за 2023–2024 рр.)

Варіанти	Гібрид	Висота рослини, см	Діаметр коренеплоду, см	Довжина коренеплоду, см	Маса коренеплоду, г	Співвідношення довжини до діаметра
Контроль	Болівар F_1	41,5	3,4	16,8	197,5	1:4,9
	Олімпо F_1	38,6	2,3	20,9	210,4	1:9,1
Мікофренд	Болівар F_1	48,0	3,6	18,2	198,0	1:5,1
	Олімпо F_1	43,5	2,7	21,6	215,0	1:8,0

Таблиця 2

Вплив мікоризації на урожайність гібридів моркви столової, т/га (за 2023–2024 рр.)

Біопрепарат	Гібрид	Загальна врожайність, т/га		Середнє за роки вирощування, т/га	Товарна врожайність, т/га	± до контролю		Коефіцієнт стабільності Левіса, K_{cm}	Товарність, %
		2023 р.	2024 р.			т/га	%		
Без застосування мікоризації (контроль)	Болівар F_1	62,0	56,6	59,3	45,4	–	–	1,1	76,5
	Олімпо F_1	66,8	69,7	68,3	56,8	–	–	1,0	81,3
Мікофренд	Болівар F_1	63,0	60,6	61,8	49,6	2,5	4,2	1,1	80,2
	Олімпо F_1	69,0	73,4	71,2	60,7	2,9	5,0	1,2	85,2
$HIP_{0,5}$		4,3	7,7						

Через неоднорідність ґрунтових умов, метеорологічних факторів та агротехнологічних заходів у загальній масі врожаю, окрім стандартних коренеплодів, формувалися викривлені та тріснути плоди, які не відносилися до товарної частини. Найвищий рівень врожайності протягом періоду дослідження спостерігався у гібриду Олімпо F_1 і становив 71,2 т/га, що перевищує показник контролю на 2,9 т/га (або на 5 %). Така висока продуктивність свідчить про значну чутливість цього гібриду до мікоризації кореневої системи та його здатність істотно підвищувати врожайність за умов дотримання оптимальної агротехніки та сприятливих ґрунтово-кліматичних факторів.

Результати аналізу товарної врожайності підтвердили високу ефективність застосування мікоризного препарату. Показник товарності коренеплодів залишався на стабільно високому рівні, коливаючись від 80,2 до 85,2 %. У структурі врожаю гібриду Олімпо F_1 частка товарних коренеплодів досягала 85,2 %, що відповідало 60,7 т/га і перевищувало контрольний варіант на 9,4 % (3,9 т/га).

За умов вирощування гібриду Болівар F_1 із застосуванням мікоризного препарату Мікофренд спостерігалася тенденція до підвищення загальної врожайності, яка досягала 49,6 т/га, при цьому перевищення показника контрольного варіанту було незначним. Водночас діяльність мікроорганізмів позитивно вплинула на гібрид, забезпечивши підвищення товарності продукції на 3,7 %.

Величина коефіцієнта Левіса варіювала в межах 1,0–1,2. Найоптимальніші значення спостерігалися у гібриду Болівар F_1 у контрольному варіанті та у гібриду Олімпо F_1 при мікоризації насіння, становлячи відповідно 1,1 та 1,0. У решті варіантів експерименту коефіцієнт Левіса був дещо вищим і дорівнював 1,2.

Своєчасне та збалансоване забезпечення рослин елементами живлення безпосередньо впливає на співвідношення товарної та нетоварної продукції, що підтверджується численними дослідженнями [3, 5, 12], які зазначають, що незбалансоване живлення підвищує відсоток нестандартних коренеплодів. Результати цього дослідження підтверджують ці висновки, демонструючи, що зі зменшенням загальної врожайності пропорційно зростає частка нестандартних коренеплодів.

Внесення мікоризного препарату Мікофренд призвело до суттєвого підвищення загальної врожайності коренеплодів моркви столових гібридів: на 2,5 т/га у Болівар F_1 та на 2,9 т/га у Олімпо F_1 . Без застосування мікоризи більша частина коренеплодів була пошкоджена тріщинами або хворобами. Зниження кількості уражених плодів у варіантах із Мікофрендом пов'язане з присутністю у складі препарату компонентів з фунгіцидною дією, які ефективно захищають коренеплоди від інфекцій та механічних пошкоджень.

Біохімічний склад коренеплодів є ключовим показником їх придатності для зберігання та переробки, визначаючи харчові, смакові та дієтичні властивості. Дослідження показали, що мікоризація істотно впливає

Таблиця 3

Вплив мікоризації на якісні показники коренеплодів моркви, (середнє 2023–2024 рр.)

Біопрепарат	Гібрид	Вміст каротину, мг/100 г сухої речовини	Вміст цукру, %	Вміст золи, %	Вміст клітковини, %	Вміст P, г/кг на суху речовину	Вміст N, г/кг на суху речовину
Без застосування препаратів (контроль)	Болівар F_1	6,9	5,79	0,87	8,90	3,71	0,40
	Олімпо F_1	8,6	5,87	0,89	8,19	4,93	0,56
Мікофренд	Болівар F_1	7,1	5,81	0,91	8,91	3,79	0,42
	Олімпо F_1	9,2	6,06	0,95	8,26	5,05	0,59

на формування основних якісних показників коренеплодів гібридів моркви. Так, вміст каротину, цукру та золи був вищим у варіантах із застосуванням мікоризного препарату Мікофренд порівняно з контрольними. Найвищий рівень каротину спостерігався у гібриду Олімпо F_1 – 9,2 мг/100 г сухої речовини, що на 9,3 % перевищує контроль. Крім того, коренеплоди цього гібриду мали більший вміст цукру – 6,06 %, що перевищувало показник контрольного варіанту на 0,19 % (табл. 3).

Мікоризація насіння гібриду Болівар F_1 також позитивно відобразилася на біохімічному складі коренеплодів. Хоч рівні каротину та цукру були дещо нижчими, ніж у гібриду Олімпо F_1 , вони перевищували показники контрольного варіанту, підтверджуючи ефективність мікоризації у підвищенні якості продукції.

Застосування мікоризного препарату Мікофренд при вирощуванні гібридів моркви у відкритому ґрунті не істотно впливає на підвищення вмісту клітковини. У гібриду Олімпо F_1 спостерігається незначне підвищення показника до 8,26 % та Болівар F_1 – 8,91 %, тоді як на контрольному варіанті він становив у Болівар F_1 8,9 % та у Олімпо F_1 – 8,19 %.

Діяльність бактерій, що входять до складу препарату Мікофренд, сприяє підвищенню вмісту азоту та фосфору в коренеплодах моркви. Біохімічний аналіз показав, що коренеплоди гібридів Олімпо F_1 та Болівар F_1 містили більше цих елементів, ніж контроль, причому вміст азоту перевищував контроль на 0,02–0,03 %, а фосфору – 0,06–0,12 %.

Висновки. Дослідженнями встановлено, що використання мікоризного препарату Мікофренд впливає на морфометричні параметри гібридів столової моркви. Висота надземної частини рослин коливалася між 41,5 та 48,0 см, при цьому найвищі значення були зафіксовані у гібриду Болівар F_1 .

Діяльність мікоризного гриба сприяє подовженню коренеплоду на 8–29 %. Завдяки позитивному впливу мікроорганізмів, особливо *Rhodotorula mucilaginosa*, довжина коренеплоду зростає до 18,2 см у гібриду Болівар F_1 та до 21,6 см у гібриду Олімпо F_1 , а діаметр збільшується на 6–9 %.

Під час вирощування гібриду моркви Олімпо F_1 у відкритому ґрунті маса коренеплоду збільшується до 215,0 г, що на 9,7 % перевищує показник за відсутності мікоризації насіння. Використання гребеневого посіву та мікоризації забезпечує підвищення врожайності коренеплодів у межах 59,3–71,2 т/га. Завдяки мікоризації загальна врожайність коренеплодів Олімпо F_1 зростає на 2,9 %, а товарна – на 3,9 %, тоді як у гібриду Болівар F_1 приріст товарної врожайності становить 4,2 %.

Мікоризація моркви підвищує вміст каротину до 9,2 мг/100 г сухої речовини та цукру до 6,06 % у коренеплодах гібриду Олімпо F_1 , тоді як обробка насіння препаратом Мікофренд не істотно впливає на вміст клітковини. Крім того, діяльність бактерій, що входять до складу препарату, сприяє збільшенню вмісту азоту та фосфору в коренеплодах гібридів Олімпо F_1 і Болівар F_1 на 0,02–0,03 % та 0,06–0,12 %, відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Колтунов В. А. Якість плодоовочевої продукції та технологія її зберігання. К.: Алефа, 2004. 568 с.
2. Лапа О. М., Дрозда В. Ф., Пшець Н. В. Екологічно безпечні інтенсивні технології вирощування та захисту овочевих культур. К.: Аграрна освіта, 2006. 100 с.
3. Гіль Л. С., Пашковський А. І., Сулима Л. Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Вінниця: Нова книга, 2008. Ч. 2. 391 с.
4. Lohosha R., Palamarchuk V., Krychkovskiy V. Market circulation of digestate in Ukraine and other countries. *Baltic journal of economic studies*. 2025. Vol. 11. № 5. P. 196–206. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2025-11-5-196-206>
5. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.
6. Паламарчук В. Д., Кричківський В. Ю., Рудська Н. О., Колісник О. М. Новітні технології вирощування овочевих культур та кукурудзи за використання дигестату біогазових станцій: монографія. Вінниця: Друкарня «Друк», 2023. 296 с.
7. Балян А. В., Хареба О. В., Хареба В. В. та ін. Пастернак: сорти, технологія вирощування, переробка: монографія. Київ: Аграрна наука, 2021. 244 с.
8. Гадзало Я. М., Камінський В. Ф. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: монографія. К.: Аграрна наука, 2016. 592 с.
9. Гуральчук Ж. З. Особливості використання арбускулярної мікоризи для фітореємедіації ґрунтів, забруднених важкими металами. *Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Біологія*. 2012. № 4. С. 236–239.
10. Даценко С. М. Вплив добрив на вміст поживних речовин у ґрунті під буряком столовим. *Овочівництво і баштанництво*. 2015. № 61. С. 81.
11. Вдовенко С. А. Комплексна система вирощування овочів у відкритому ґрунті. *Плантатор*. 2019. № 2(44). С. 56–59.
12. Повх О. В. Формування показників біопродуктивності моркви столової під впливом органічного ферментованого добрива та мікробіологічного препарату. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 4. С. 111–114.
13. Волкогон В. В. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях: науково-практичні рекомендації. Київ, 2015. 248 с.
14. Lohosha R., Palamarchuk V., Krychkovskiy V., Belkin I. An advanced European overview of the bioenergy efficiency of using digestate from biogas plants when growing agricultural crops. *Polityka Energetyczna*. 2024. Vol. 27, Issue 1. P. 5–24. <https://doi.org/10.33223/epj/170758>
15. Копилов Є. П. Ґрунтові гриби як біотичний чинник впливу на рослини. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2012. № 15–16. С. 7–28.
16. Smith S. E., Read D. J. Mycorrhizal Symbiosis. London: Academic Press, Elsevier, 2008. 804 p.
17. Чернишова Є. О., Минкіна Г. О., Камінська М. О. Продуктивність моркви столової залежно від фону мінерального живлення та гібридного складу в зрощуваних умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. № 100. Т. 2. С. 130–137.

18. Сич З. Д., Бобось І. М., Федосій І. О. Овочівництво: навчальний посібник. К.: ЦА «Компринт», 2018. 407 с.
19. Вдовенко С. А. Особливості застосування мікро-ризних препаратів за вирощування перцю солодкого в закритому ґрунті. *Овочівництво і баштанництво*. 2019. № 66. С. 39-46. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-66-39-46>
20. Лихацький В. І., Улянич О. І., Городній М. В. та ін. Овочівництво: практикум. Вінниця : ФОП Бондарець С. С., 2012. 450 с.
21. Паламарчук В. Д., Кричковський В. Ю. Ефективність використання дигестату при вирощуванні моркви та буряків столових. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 90. С. 68–82. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202090-06>
22. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. 3 вид. Харків : Основа, 2001. 369 с.

REFERENCES:

1. Koltunov, V. A. (2004). *Yakist plodoovochevoi produktsii ta tekhnolohiia yii zberihannia [Quality of fruit and vegetable products and their storage technology]*. Kyiv : Alefa, 568 [in Ukrainian].
2. Lapa, O. M., Drozda, V. F., & Pshets, N. V. (2006). *Ekolohichno bezpechni intensyvni tekhnolohii vyroshchuvannia ta zakhystu ovochevykh kultur [Environmentally safe intensive technologies for cultivation and protection of vegetable crops]*. Kyiv : Ahrarna osvita, 100 [in Ukrainian].
3. Hil, L. S., Pashkovskiy, A. I., & Sulyma, L. T. (2008). *Suchasni tekhnolohii ovochivnytstva zakrytoho i vidkrytoho gruntu [Modern technologies for greenhouse and open-field vegetable production]*. Vinnytsia : Nova knyha, 391 [in Ukrainian].
4. Lohosha, R., Palamarchuk, V., & Krychkovskiy, V. (2025). Market circulation of digestate in Ukraine and other countries [Baltic journal of economic studies]. *Baltic journal of economic studies*, 11(5), 196–206. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2025-11-5-196-206>
5. Hospodarenko, H. M. (2018). *Ahrokhimiia [Agrochemistry]*. Kyiv : TOV "SIK HRUP UKRAINA", 560 [in Ukrainian].
6. Palamarchuk, V. D., Krychkovskiy, V. Iu., Rudskaya, N. O., & Kolisnyk, O. M. (2023). *Novitnik tekhnolohii vyroshchuvannia ovochevykh kultur ta kukurudzky za vykorystannia dyhestatu biohazovykh stantsii [Modern technologies for the cultivation of vegetable crops and maize using biogas plant digestate]*. Vinnytsia : Drukarnia "Druk", 296 [in Ukrainian].
7. Balian, A. V., Hareba, O. V., & Hareba, V. V. (2021). *Pasternak: sorti, tehnologiya viroshhuvannya, pererobka [Parsnip: varieties, cultivation technology, processing]*. Kyiv : Agrarna nauka, 244 [in Ukrainian].
8. Hadzalo, Ya. M., & Kaminskyi, V. F. (2016). *Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini [Scientific foundations of organic production in Ukraine]*. Kyiv : Ahrarna nauka, 592 [in Ukrainian].
9. Huralchuk, Zh. Z. (2012). Osoblyvosti vykorystannia arbuskuliarnoi mikoryzy dlia fitoremediatsii hruntiv, zabrudnenykh vazhkymy metalamy [Features of using arbuscular mycorrhiza for phytoremediation of soils contaminated with heavy metals]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu. Biolohiia (Biolohichni systemy)*, 4, 236–239 [in Ukrainian].
10. Datsenko, S. M. (2015). Vplyv dobryv na vmist pozhyvnykh rechovyv u grunti pid buriakom stolovym [Effect of fertilizers on nutrient content in soil under table beet]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo*, 61, 81 [in Ukrainian].
11. Vdovenko, C. A. (2019). Kompleksna systema vyroshchuvannia ovochiv u vidkrytomu hrunti [Integrated system of open-field vegetable cultivation]. *Plantator*, 2(44), 56–59 [in Ukrainian].
12. Povkh, O. V. (2014). Formuvannia pokaznykiv bioproduktyvnosti morkvy stolovoi pid vplyvom orhanichnoho fermentovanoho dobrovya ta mikrobiolohichnoho preparatu [Formation of bioproductivity indicators of table carrot under the influence of organic fermented fertilizer and a microbiological preparation]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 4, 111–114 [in Ukrainian].
13. Volkohon, V. V. (2015). Mikrobnii preparaty v suchasnykh ahrarnykh tekhnolohiakh [Microbial preparations in modern agricultural technologies]. Kyiv, 248 [in Ukrainian].
14. Lohosha, R., Palamarchuk, V., Krychkovskiy, V., & Belkin, I. (2024). An advanced European overview of the bioenergy efficiency of using digestate from biogas plants when growing agricultural crops. *Polityka Energetyczna*, 27(1), 5–24. <https://doi.org/10.33223/epj/170758/>
15. Kopylov, Ye. P. (2012). Gruntovi hryby yak biotychnyi chynnyk vplyvu na roslyny [Soil fungi as a biotic factor influencing plants]. *Agricultural Microbiology*, 15–16, 7–28 [in Ukrainian].
16. Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. London : Academic Press, Elsevier. 804 p.
17. Chernyshova, Ye. O., Mynkina, H. O., & Kaminska, M. O. (2017). Produktivnist morkvy stolovoi zalezno vid fonu mineralnoho zhyvlennia ta hibrydnoho skladu v zroshuvanykh umovakh pivdnia Ukrainy [Productivity of table carrot depending on the mineral nutrition background and hybrid composition under irrigated conditions of southern Ukraine]. *Tavriiskiy naukovyi visnyk*, 100(2), 130–137 [in Ukrainian].
18. Sych, Z. D., Bobos, I. M., & Fedosii, I. O. (2018). *Ovochivnytstvo [Vegetable production]*. Kyiv : TsA "Komprynt", 407 [in Ukrainian].
19. Vdovenko, S. A. (2019). Osoblyvosti zastosuvannia mikoryznykh preparativ za vyroshchuvannia pertsii solodkoho v zakrytomu grunti [Features of the application of mycorrhizal preparations in the cultivation of sweet pepper in protected soil]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo*, 66, 39–46 [in Ukrainian].
20. Lykhatskiy, V. I., Ulianych, O. I., & Horodnii, M. V. (2012). *Ovochivnytstvo [Vegetable production]*. Vinnytsia : FOP Bondarech S. S., 450 [in Ukrainian].
21. Palamarchuk, V. D., & Krychkovskiy, V. Yu. (2020). Efektyvnist vykorystannia dyhestatu pry vyroshchuvanni morkvy ta buriakiv stolovykh [Efficiency of using digestate in the cultivation of carrots and table beets]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 90, 68–82 [in Ukrainian].
22. Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [Methodology of experimental work in vegetable and melon growing]*. Kharkiv : Osнова, 369 [in Ukrainian].

Паламарчук В. Д., Нахтман Є. В. Продуктивність гібридів та якість врожаю моркви залежно від мікоризації бактеріальними препаратами

У статті представлено результати вивчення впливу передпосівної мікоризації насіння моркви на формування продуктивності та якісних параметрів урожаю в умовах Правобережного Лісостепу України. **Метою дослідження** була оцінка впливу мікоризації на продуктивність та якісні показники врожаю моркви в умовах Лісостепу правобережної України. **Методи досліджень** – спостереження, лабораторний, гіпотезу, експеримент, польовий, візуальний та порівняльно-розрахунковий методи. Експериментальні дослідження проводились у 2023–2024 роках у відкритому ґрунті з використанням гібридів моркви Болівар F_1 та Олімпо F_1 . Сівбу проводили гребневим способом за стрічковою схемою 20 + 50 см. Перед висіванням насіння обробляли мікоризним препаратом Мікофренд у нормі 20 г/кг насіннєвого матеріалу. Контрольним варіантом слугували рослини гібриду Болівар F_1 без застосування мікоризного препарату. Спостереження та обліки виконували відповідно до загальноприйнятої методики польового дослідження. Ефективність використання мікоризного інокулянта визначали за біометричними показниками коренеплодів, загальною врожайністю та якісними характеристиками отриманої продукції. **Результати.** Мікоризний препарат Мікофренд суттєво впливає на ріст і формування коренеплодів моркви, забезпечуючи збільшення висоти рослин (до 43,5–48,0 см), подовження коренеплоду на 0,7–1,4 см та розширення його діаметра на 0,2–0,4 см, що найбільш виражено у гібридів Болівар F_1 і Олімпо F_1 . За дії мікроорганізмів, зокрема *Rhodotorula mucilaginosa*, довжина коренеплодів досягає 18,2–21,6 см, а маса у гібрида Олімпо F_1 зростає до 198,0–215 г. **Висновки.** Поєднання мікоризації насіння з гребневою технологією вирощування сприяє підвищенню врожайності до 59,3–71,2 т/га; приріст загальної врожайності становить 5,0–9,5 % для Олімпо F_1 та Болівар F_1 , і 3,9–4,2 т/га для товарної продукції залежно від гібрида. Мікоризація покращує якість коренеплодів, підвищуючи вміст каротину до 9,2 мг/100 г сухої речовини та цукрів до 6,06 %, не змінюючи вміст клітковини, і водночас оптимізує мінеральне живлення, збільшуючи концентрацію азоту й фосфору на 0,02–0,03 % та 0,06–0,12 %.

Ключові слова: морфологія, морква, гібрид, довжина та маса, коренеплоду, продуктивність, пігмент, вуглеводи, зольні елементи.

Palamarchuk V. D., Nakhtman Ye. V. Productivity of carrot hybrids and yield quality depending on mycorrhization with bacterial

The article presents the results of studying the effect of pre-sowing mycorrhization of carrot seeds on the formation of productivity and quality parameters of the crop under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **The aim of the study** was to assess the influence of mycorrhization on the productivity and quality indicators of carrot yield in the Right-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine. **The research methods** included observation, laboratory analysis, hypothesis testing, experiment, field study, visual assessment, and comparative-calculative methods. Experimental studies were conducted in 2023–2024 in open-field conditions using the carrot hybrids Bolivar F_1 and Olimpo F_1 . Sowing was carried out on ridges using a band scheme of 20 + 50 cm. Prior to sowing, the seeds were treated with the mycorrhizal preparation Mykofrend at a rate of 20 g/kg of seed material. The control variant consisted of Bolivar F_1 plants grown without the application of the mycorrhizal product. Observations and measurements were performed according to standard field experiment methodologies. The effectiveness of the mycorrhizal inoculant was evaluated based on the biometric parameters of the roots, total yield, and quality characteristics of the harvested produce. **Results.** The mycorrhizal preparation *Mykofrend* significantly influences the growth and formation of carrot roots, ensuring an increase in plant height (up to 43.5–48.0 cm), a root elongation of 0.7–1.4 cm, and an enlargement of root diameter by 0.2–0.4 cm, with the most pronounced effects observed in the Bolivar F_1 and Olimpo F_1 hybrids. Under the influence of microorganisms, particularly *Rhodotorula mucilaginosa*, root length reaches 18.2–21.6 cm, and the root mass of the Olimpo F_1 hybrid increases to 198.0–215 g. **Conclusions.** The combination of seed mycorrhization with ridge-based cultivation technology contributes to increasing yield to 59.3–71.2 t/ha; the increase in total yield amounts to 5.0–9.5% for Olimpo F_1 and Bolivar F_1 , and to 3.9–4.2 t/ha for marketable produce, depending on the hybrid. Mycorrhization improves the quality of the roots by raising the carotene content to 9.2 mg per 100 g of dry matter and sugar content to 6.06 %, without altering fiber content, while simultaneously optimizing mineral nutrition by increasing nitrogen and phosphorus concentrations by 0.02–0.03 % and 0.06–0.12 %, respectively.

Key words: morphology, carrot, hybrid, root length and weight, productivity, pigment, carbohydrates, mineral content.

Дата першого надходження рукопису до видання: 12.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 19.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025