

УДК 581.138.1:631.8:633.81

DOI <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2024.2.8>

Оксана Миколаївна Лупак,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри медико-біологічних дисциплін, географії та екології

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна

orcid.org/ 0000-0002-1969-8643, e-mail: oksana_lupak@dspu.edu.ua

Галина Миколаївна Клепач,

кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та хімії

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна

orcid.org/ 0000-0003-0784-8373, e-mail: h.klepach@ddpu.edu.ua

Галина Ярославівна Ковальчук,

кандидат біологічних наук, доцент кафедри медико-біологічних дисциплін, географії та екології

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна

orcid.org/ 0000-0002-5261-8422, e-mail: h.kovalchuk@dspu.edu.ua

Ірина Євгенівна Копко,

кандидат біологічних наук, доцент кафедри медико-біологічних дисциплін, географії та екології

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна

orcid.org/ 0000-0002-8607-7900, e-mail: kopkoiryna@dspu.edu.ua

ВПЛИВ МІКРОДОБРИВА «АВАТАР-2 ОРГАНІК» НА МОРФОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН *CALENDULA OFFICINALIS* В УМОВАХ ПЕРЕДКАРПАТТЯ УКРАЇНИ

Анотація. Квітки нагідок лікарських (*Calendula officinalis* L.) є цінною лікарською сировиною, дефіцитність якої на світовому та вітчизняному ринку невпинно зростає завдяки збільшеним потребам фармацевтичної промисловості для виробництва лікувальних препаратів натурального походження. Культивування рослин новосинтезованих сортів *C. officinalis* у сприятливих кліматичних зонах країни та поєднанні з покращеними технологіями уможливить отримати збільшені обсяги якісної сировини цієї лікарської рослини.

Досліджено особливості зростання рослин *C. officinalis* сорту Березотіцька сонячна вітчизняної селекції у ґрунтово-кліматичних умовах Передкарпаття за застосування різних норм мікроелементного препарату (МП) «Аватар 2 Органік» і способів обробки насіння та вегетуючих рослин.

Встановлено, що застосування МП для передпосівної обробки насіння *C. officinalis* у нормі 50 і 100 мл/т та дворазового підживлення рослин у фенологічних фазах сходів та бутонізації у нормі 50 та 100 мл/га сприяє збільшенню тривалості вегетаційного періоду, покращує польову схожість насіння та виживаність рослин, а також сприяє збільшенню їхніх морфометричних показників, продуктивності й урожайності суцвіть. З'ясовано, вирощування культури *C. officinalis* в умовах Передкарпаття із застосуванням мікродобрива за норм передпосівної обробки 50, 100 і 150 мл/т насіння й обробки вегетуючих рослин

за норм 50, 100 і 150 мл/га є економічно вигідним. Найвищий чистий прибуток лікарської рослинної сировини *C. officinalis* та рівень рентабельності спостерігається у способі із внесенням мікродобрива у три строки: на стадії передпосівної обробки насіння (за норми витрат препарату 100 мл/т) і дворазового позакореневого підживлення у фазах сходів та бутонізації (за норми витрат 100 мл/га). Обґрунтовано, що застосування МП «Аватар-2 Органік» є одним із резервів збільшення чистого прибутку та рівня рентабельності у виробництві сухої лікарської сировини *C. officinalis*.

Ключові слова: *Calendula officinalis* L., мікроелементний препарат, продуктивність, урожайність, рентабельність, економічна ефективність.

ВСТУП

Квітки нагідок лікарських (*Calendula officinalis* L.) є цінною лікарською сировиною завдяки значному вмісту біологічно активних речовин із широким спектром лікувальних властивостей, що застосовуються в терапії та профілактиці багатьох захворювань [1–3]. В Україні *C. officinalis* вирощують у культурі, здебільшого в південних регіонах. Зважаючи на значну потребу в сировині цієї рослини, актуальною проблемою є розробка заходів, що забезпечать збільшення заготівлі суцвіть календули. Тому важливо вибрати високоврожайний сорт рослини та підібрати найбільш ефективні агротехнології, спрямовані на зниження собівартості вирощування, підвищення урожайності та якості сировини [4]. Насіння сорту *C. officinalis* Березотіцька сонячна, виведеного селекціонерами Дослідної станції лікарських рослин ІАП НААН, доцільно висівати на великих площах.

До числа ефективних агротехнічних заходів можна віднести застосування біологічних препаратів (регуляторів росту рослин), мікродобрив і наночастинок [5–9].

Для сприятливого впливу на ріст, розвиток і урожайність рослин рекомендовані малі концентрації мікродобрив. За внесення мікродобрив в організмі рослин активуються процеси, що сприяють підвищенню імунного захисту, стресостійкості до різних екофакторів, посилюється фотосинтез, енергетичний обмін, дихання та ін. [10–13]. Для вирощування сільськогосподарських культур досить ефективним є екологічно безпечний мікроелементний препарат (МП) «Аватар-2 Органік», до складу якого входять 20 мікро– та ультрамікроелементів у біологічно доступній формі сполук, синтезованих унікальним методом нанотехнологій [14]. Аналіз впливу МП на ріст і розвиток рослин, морфобіологічні показники та продуктивність рослин *Calendula officinalis*, культивованих у ґрунтово-кліматичних умовах Передкарпаття, є актуальним.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Нагідки лікарські сорту Березотіцька сонячна вирощували за внесення МП «Аватар-2 Органік» у 2023 р. на дерново-підзолистих середньо суглинкових ґрунтах зони Передкарпаття України (навчально-дослідна ділянка Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка).

Польовий дослід закладали за такою схемою (табл. 1):

Схема закладання польового досліджу

Варіанти досліджу			
Назва варіанта	Передпосівна обробка насіння, мл/т	Норми і строки позакореневого підживлення рослин	
		у фазі сходів, мл/га	у фазі бутонізації, мл/га
К – контроль (без застосування мікродобрива)	–	–	–
V1	50	–	–
V2	100	–	–
V3	200	–	–
V4	50	50	–
V5	100	100	–
V6	200	200	–
V7	–	50	50
V8	–	100	100
V9	–	200	200
V10	50	50	50
V11	100	100	100
V12	200	200	200

Передпосівну обробку насіння здійснювали шляхом замочування на 8 годин перед сівбою насіння календули.

Програма досліджень передбачала вивчення впливу норм і строків застосування МП на ріст і розвиток рослин, польову схожість і виживаність рослин, морфометричні показники та формування урожайності суцвіть рослин *C. officinalis* сорту Березотіцька сонячна, а також на показники економічної ефективності. Повтореність триразова.

Облікова площа ділянки становила 10 м². Дослідження виконували відповідно до методики проведення польових дослідів із вивчення основних прийомів вирощування сільськогосподарських культур.

Статистичний аналіз результатів зроблено за допомогою комп'ютерної програми HP_{05} (найменша істотна різниця) та Microsoft Statistica 6.0, розбіжності між вибірками вважали значущими за $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ

Важливими показниками, що визначають продукційний процес як культурних, так і лікарських рослин є ріст, розвиток і формування показників продуктивності.

Під час проведення досліджень з'ясовано, що повні сходи *C. officinalis* з'являються на 14–16-ту добу після сівби, при цьому за особливо сприятливих умов – на 10–12-ту добу, а за менш сприятливих – на 12–16-ту добу. До того ж норми та способи застосування МП зумовлюють вплив на тривалість фенологічних фаз рослин нагідок, а також їх ріст і розвиток.

Вегетаційний період рослин *C. officinalis* тривав у межах 93–111 діб. При цьому найменша тривалість вегетаційного періоду (93 доби) спостерігалась у рослин, які зростали на контрольній ділянці. Рослини, вирощені за внесення МП, вирізнялися довшою тривалістю вегетаційного періоду (на 3–18 діб), що зумовило позитивний вплив на ріст і розвиток рослин, їх морфометричні показники й урожайність. Варто зауважити, що найтривалішим вегетаційним періодом (111 діб) загалом і періодом тривалості цвітіння (61 доба) відповідно відзначалися рослини, вирощені за передпосівної обробки насіння з розрахунку 100 мл/т та позакореневого підживлення у фазах сходів та бутонізації за норми витрат МП по 100 мл/га.

Процеси росту й розвитку культивованих рослин, безумовно, залежать від формування густоти стояння рослин. У польових умовах не завжди можна отримати повноцінні сходи від сівби насіння з високою схожістю [15]. Низька польова схожість рослин може свідчити про зрідження й ослаблення сходів. Унаслідок цього знижується продуктивність культури.

Результати проведених досліджень свідчать, що польова схожість насіння рослин *C. officinalis* сорту Березотіцька сонячна становила в середньому від 73 до 80%, а погодні умови й обробка насіння МП вплинули на неї. Виявлено, що вищу польову схожість мали рослини, насіння яких зазнало передпосівної обробки МП «Аватар-2 Органік» за норми витрат 50 мл/т та 100 мл/т (варіанти досліду V1, V2, V4, V5, V10, V11). За результатами проведення передпосівної обробки насіння МП за норми витрат 100 мл/т отримано найвищу польову схожість (79–80%), що на 8,2–9,6% більше порівняно з контрольним варіантом.

Під час вегетації частка рослин гине внаслідок впливу різних чинників, у тому числі від ураження хворобами й шкідниками, дії механічних ушкоджень тощо. Тому важливим показником, який доцільно визначити, є виживаність рослин, тобто кількісне відношення рослин, що збереглися в період їх збору на одиниці площі до рослин, отриманих у фазі повних сходів.

Проаналізовано, що під час вегетаційного періоду виживаність рослин *C. officinalis* становила 81–92% і залежала від норм та способів застосування мікродобрива (табл. 2). Зокрема, за передпосівної обробки насіння за норми витрат мікродобрива 100 мл/т та позакореневого підживлення у фазах сходів та бутонізації за норми витрат 100 мл/га (V11) виживаність була найвищою та на 13,6% більшою порівняно з контрольною ділянкою (81% виживаності рослин). Варто відзначити, що за вегетаційний період у цьому варіанті досліду загинуло лише 4 од./м² рослин, тоді як у контролі – 9 од./м².

Високу виживаність мали рослини також і в інших варіантах досліду, зокрема V2, V5, V10. Незначне покращення виживаності рослин порівняно з контролем спостерігали за норми застосування мікродобрива 200 мл (у варіантах V3, V6, V9, V12), що свідчить про недоцільність застосування такої норми МП «Аватар-2 Органік» під час культивування *C. officinalis* сорту Березотіцька сонячна в умовах Передкарпаття.

Під час вегетації на рослини впливають різні стрес-фактори, що певним чином відображається на їх рості, розвитку, а також продуктивності. За даними досліджень [7; 10–13], завдяки внесенню нанопрепаратів і мікродобрив під час вирощування рослин можна досягти покращення їх стресостійкості до несприятливих умов та підвищення урожайності [15].

Аналіз вивчення впливу різних норм і строків застосування МП дав змогу встановити позитивний вплив на морфометричні показники й урожайність лікарської сировини – суцвіть *C. officinalis* (табл. 3). Зокрема, у рослин різних варіантів досліду спостерігали зростання висоти на 5,4–29,7% порівняно з контролем.

Польова схожість насіння та виживаність рослин *Calendula officinalis* залежно від норм і способів застосування мікродобрива «Аватар-2 Органік»

Варіанти дослідів	Кількість висіяного насіння, од./м ²	Густина сходів (повні сходи), од./м ²	Польова схожість, %	+ до кон-тролю, %	Кількість рослин на 1 м ²		Вжива-ність рослин, %	+ до кон-тролю, %
					Повні сходи, од./м ²	Кінцева густина рослин, од./м ²		
К	66	48	73	–	48	39	81	–
V1	66	50	76	4,1	50	44	88	8,7
V2	66	52	79	8,2	52	46	89	10,0
V3	66	49	74	1,4	49	41	84	3,7
V4	66	51	77	5,5	51	45	88	8,7
V5	66	53	80	9,6	53	48	91	12,4
V6	66	49	74	1,4	49	41	84	3,7
V7	66	48	73	–	48	42	88	8,7
V8	66	48	74	1,4	48	42	88	8,7
V9	66	47	71	–	47	39	83	2,5
V10	66	51	77	5,5	51	46	90	11,1
V11	66	53	80	9,6	53	49	92	13,6
V12	66	48	73	–	48	40	83	2,5

Оскільки лікарською сировиною рослин *C. officinalis* є суцвіття, то їхня кількість на рослині та діаметр є важливим показником, що безпосередньо визначає урожайність сухої сировини нагідок. Визначено, що застосування МП за всіх норм (50 мл, 100 мл і 200 мл) і строків внесення сприяє отриманню більшої кількості суцвіть та їх діаметру. Зокрема, найбільшу кількість суцвіть на одній рослині (20 од.) з діаметром 6,4 см (приріст до контролю становить 33,3% та 30,6% відповідно) фіксували в рослин, культивованих за умов передпосівної обробки насіння з нормою витрат МП 100 мл/т та позакореневого підживлення рослин у фазах сходів і бутонізації за норми витрат по 100 мл/га. Варто відзначити, що найбільшу кількість суцвіть на одній рослині (19 од., приріст до контролю 26,7%) та їх діаметр (6,1 см, приріст до контролю 24,5%) мали рослини, вирощені у варіанті (V10) за обробки насіння МП з нормою витрат 50 мл/т та позакореневого підживлення рослин у фазах сходів і бутонізації за норми витрат 50 мл/га.

З метою отримання високоурожайної якісної продукції сільськогосподарських культур дедалі частіше застосовують нанопрепарати із вмістом мінеральних елементів, мізерні концентрації яких позитивно впливають на процеси росту й розвитку багатьох культур, підвищуючи їх стійкість до несприятливих чинників і урожайність [14]. Застосування наносполук для передпосівної обробки насіння й обробки рослин під час вегетації сприяє покращенню якості посівного матеріалу, підвищенню його захисту до ураження хворобами, що є профілактичним заходом щодо фізіологічної депресії, а також зумовлює зростання урожайності й отримання екологічно безпечної продукції [11–13].

Морфометричні показники рослин *Calendula officinalis* залежно від норм і способів застосування мікродобрива «Аватар-2 Органік»

Варіанти досліджу	Висота рослин, см	+ до конт-ролю, %	Кількість кошиків на одній рослині, од.	+ до конт-ролю, %	Діаметр суцвіть (кошиків) рослин, см	+ до конт-ролю, %
К	37	–	15	–	4,9	–
V1	40	+8,1	16	+6,7	5,2	+6,1
V2	41	+10,8	17	+13,3	5,4	+10,2
V3	39	+5,4	15	–	5,1	+4,1
V4	44	+18,9	18	+20,0	5,8	+18,4
V5	46	+24,3	20	+33,3	6,2	+26,5
V6	41	+10,8	16	+6,7	5,3	+8,2
V7	42	+13,5	17	+13,3	5,9	+20,4
V8	43	+16,2	19	+26,7	6,1	+24,5
V9	42	+13,5	16	+6,7	5,5	+12,3
V10	45	+21,6	19	+26,7	6,1	+24,5
V11	48	+29,7	20	+33,3	6,4	+30,6
V12	42	+8,1	17	+13,3	5,4	+10,2
НІР05	1,3		0,9		0,2	

Проаналізовано вплив застосування МП на урожайність рослин нагідок лікарських (рис. 1). Виявлено, що застосування МП у три строки: за передпосівної обробки насіння в нормі 100 мл/т та дворазового позакореневого підживлення у фазах сходів і бутонізації за норми його витрат по 100 мл/га (дослідний варіант V11) сприяло формуванню найвищої урожайності (11,0 ц/га), що на 29,4% більше порівняно з контролем (8,5 ц/га). Високу урожайність суцвіть отримано і в інших варіантах досліджу, а саме у варіанті (V10) із застосуванням МП для передпосівної обробки насіння за норми витрат 50 мл/т та позакореневого підживлення у фазі сходів і бутонізації за норми витрат по 50 мл/га на 20% більше порівняно з контролем (К) та варіанті (V5) із застосуванням МП у два строки: для передпосівної обробки насіння в нормі 100 мл/т і позакореневого підживлення рослин у фазі сходів за норми витрат 100 мл/га на 23,5% більше порівняно з контролем.

Застосування МП за норми внесення 200 мл/т та 200 мл/га є найменш продуктивним серед інших досліджуваних варіантів, при цьому прибавка урожаю суцвіть знижувалася на 7,1–11,8% порівняно з контролем (рис. 1).

Під час планування вирощування будь-яких культур, особливо у виробничих умовах, важливим питанням є оцінка економічної ефективності й окупності урожаєм застосованих технологічних заходів. Саме завдяки цьому можна повноцінно оцінити рівень прибутковості вибраних технологій загалом і в подальшому давати рекомендації щодо їх впровадження у виробництво.

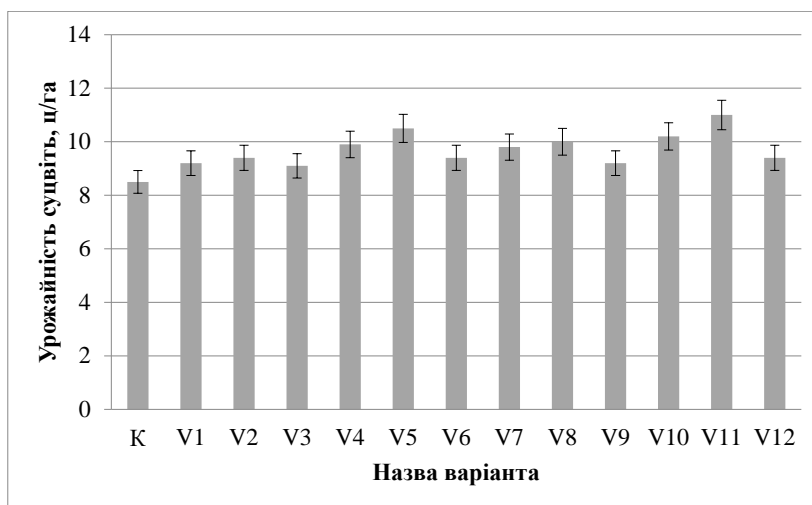


Рис. 1. Урожайність суцвіть *Calendula officinalis* залежно від норм і способів застосування мікродобрива «Аватар-2 Органік»

Таблиця 4

Економічна ефективність вирощування *Calendula officinalis* залежно від норм і способів застосування мікродобрива «Аватар-2 Органік»

Варіанти дослідів	Урожайність, ц/га	Вартість продукції, грн	Виробничі витрати (собівартість) грн	Чистий прибуток, грн	Рівень рентабельності %
K	8,5	85 000,0	63 160,0	21 840,0	34,6
V1	9,2	92 000,0	63 200,0	28 800,0	45,5
V2	9,4	94 000,0	63 240,0	30 760,0	48,6
V3	9,1	91 000,0	63 320,0	27 680,0	43,7
V4	9,9	99 000,0	67 490,0	31 510,0	46,7
V5	10,5	105 000,0	71 730,0	33 270,0	46,9
V6	9,4	94 000,0	68 050,0	25 950,0	38,1
V7	9,8	98 000,0	67 820,0	30 180,0	44,5
V8	10,0	100 000,0	67 980,0	32 020,0	47,1
V9	9,2	92 000,0	64 300,0	27 700,0	43,1
V10	10,2	102 000,0	71 900,0	30 100,0	41,9
V11	11,0	110 000,0	72 140,0	37 860,0	52,5
V12	9,4	94 000,0	64 140,0	29 860,0	46,6

Економічну ефективність застосованих способів під час вирощування рослин *C. officinalis* оцінювали за такими показниками: урожайність продукції, приріст урожаю, вартість продукції, виробничі витрати, чистий прибуток і рівень рентабельності. Виробничі витрати обчислювали, підібравши технологічні заходи вирощування культури *C. officinalis* у досліді з урахуванням елементів застосування МП. Вартість сухої лікарської сировини *C. officinalis* і його прибавку на прибуток обчислювали, виходячи з ринкових цін 2023 р.

Проведені обчислення засвідчили, що внесення МП «Аватар-2 Органік» вплинуло на показники економічної ефективності культивування рослин *C. officinalis* (табл. 4). Зокрема, у контрольному варіанті досліді виробничі витрати становили 63 160,0 грн/га, а за використання МП вони зростали на 820,0–8740,0 грн/га через у зв'язку з вартістю мікродобрива та додатковими витратами на його внесення і збір урожаю суцвіть.

Застосування МП у три строки: за передпосівної обробки насіння в нормі 100 мл/т та дворазового позакореневого підживлення у фазах сходів і бутонізації за норми витрат препарату по 100 мл/га (варіант V11) дало змогу отримати найвищий чистий прибуток, що становив 37 860,0 грн/га. Цей показник був на 16 020 грн/га більшим щодо контролю.

Показники рівня рентабельності свідчать, що вирощування культури *C. officinalis* із застосуванням мікродобрива «Аватар-2 Органік» у всіх варіантах досліді є економічно вигідним (табл. 4).

Аналіз економічної ефективності вирощування лікарської культури *C. officinalis* в умовах Передкарпаття показав, що застосування МП «Аватар-2 Органік» є одним із резервів збільшення чистого прибутку та рівня рентабельності у виробництві сухої лікарської сировини *C. officinalis*.

ВИСНОВКИ

Отже, використання МП «Аватар-2 Органік» у технологіях вирощування *C. officinalis* за передпосівної обробки насіння в нормі 50–100 мл/т та дворазового підживлення рослин у фенологічних фазах сходів і бутонізації у нормі 50–100 мл/га сприяє збільшенню тривалості вегетаційного періоду, покращує польову схожість насіння і виживаність рослин, підвищує морфометричні показники, а отже, підвищує урожайність суцвіть. Найвищий чистий прибуток лікарської рослинної сировини *C. officinalis* та рівень рентабельності отримано із застосуванням мікродобрива в три строки: для передпосівної обробки насіння за норми витрат препарату 100 мл/т та дворазового позакореневого підживлення у фазах сходів і бутонізації за норми витрат по 100 мл/га.

У перспективі плануються дослідження антиоксидантної активності екстрактів суцвіть *C. officinalis* залежно від застосування різних норм і способів внесення мікропрепарату «Аватар-2 Органік» під час культивування рослин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Barut M., Tansi L.S. Elucidating the flower, seed yield and phytochemical variability of marigold (*Calendula officinalis* L.) in response to winter sowing at different harvest inter-vals and dates. *South African Journal of Botany*. 2024. Vol. 166. P. 191–207. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.01.043>.

2. Abdelwahab S.I., Taha M.M.E., Taha S.M.E., Alsayegh A.A. Fifty-year of global research in *Calendula officinalis* L. (1971–2021): a bibliometric study. *Clinical Complementary Medicine and Pharmacology*. 2022. № 2. 100059. <https://doi.org/10.1016/j.ccmp.2022.100059>.
3. Shahane K., Kshirsagar M., Tambe S., Jain D., Rout S., Ferreira M.K.M., Mali S., Amin P., Srivastav P.P., Cruz J. et al. An Updated review on the multifaceted therapeutic potential of *Calendula officinalis* L. *Pharmaceuticals*. 2023. Vol. 16. 611. <https://doi.org/10.3390/ph16040611>.
4. Мельничук Р. В., Богуславський Р. Л. Генетичне різноманіття ознакової колекції роду *Calendula* L. як джерело вихідного матеріалу для селекції. *Генетичні ресурси рослин*. 2013. № 12. С. 41–52.
5. Лупак О., Антоняк Г., Шпек М. Формування продуктивності *Calendula officinalis* L. залежно від внесення стимуляторів росту та ґрунтового-кліматичних умов культивування. Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія. Львів : Львів. нац. аграр. ун-т. 2016. № 20. С. 60–65. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vlnau_act_2016_20_14.pdf.
6. Batsmanova L., Taran N., Konotop Y., Kalenska S., Novytska N. Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture*. 2020. Vol. 21. № 2. P. 311–319. URL: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.2.2414>.
7. Faraz A., Hayat S. Nanoparticles: biosynthesis, translocation and role in plant metabolism. *IET Nanobiotechnol.* 2019. Vol. 13 (4). P. 345–352. URL: <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2018.5251>.
8. Хоміна В. Я., Недільська У. І. Урожайність нагідок лікарських залежно від застосування біологічно активних препаратів. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2010. Вип. 18. С. 59–62. URL: <http://188.190.33.56:7980/jspui/handle/123456789/2325>.
9. Клепач Г. М., Лупак О. М., Шпек М. П., Дякунчак М., Ковальчук Г. Я. Вплив передпосівної обробки мікродобривом «Аватар-2 Органік» на лабораторну та польову схожість насіння *Calendula officinalis* L. *Acta Carpathica*. 2022. № 1 (37). С. 27–39. <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2022.1.2>.
10. Дерев'янко С. В., Васильченко А. В., Каплуненко В. Г., Голоко А., Співак М., Харчук М. Перспективи розробки препаратів для сільського господарства на основі наночастинок. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 10. Вип. 799. С. 44–54. <https://doi.org/20.31073/agrovisnyk201910-07>.
11. Тищенко М. В., Мороз О. В., Смірних В. М., Новоселецький І. Г., Кусков О. Г., Філоненко С. В., Ляшенко В. В. Використання мікроелементного препарату «Аватар» за вирощування ячменю ярого в польовій сівозміні. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 32–38. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.05>.
12. Капітанська О. С., Прядкіна Г. О., Стасик О. О. Вплив обробки рослин комплексом карбоксилатів мікроелементів на фотосинтетичні показники і урожай озимої пшениці. *Фізіологія рослин і Генетика*. 2017. Т. 49. № 3. С. 248–255. <https://doi.org/10.15407/frg2017.03.248>.
13. Zhao L., Xing B. Nano-Biotechnology in Agriculture: Use of Nanomaterials to Promote Plant Growth and Stress Tolerance. *J Agric Food Chem*. 2020. Vol. 68. Iss. 7. P. 1935–1947. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06615>.
14. Засіб для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур: пат. 91892 Україна: a200810241; заявл. 11.08.2008; опубл.: 10.09.2010, Бюл. № 17. 4 с. URL: <https://uapatents.com/4-91892-zasib-dlya-peredposivno-obrobki-nasinnya-silskogospodarskikh-kultur.html>.
15. Стефанюк В. Й., Балан В. М., Фурса А. В. Продуктивність стевиї залежно від застосування мікродобрива «Аватар-2». *Біоенергетика*. 2020. Вип. 2 (16). С. 27–29. URL: <https://doi.org/10.47414/be.2.2020.224998>.

REFERENCES

1. Barut, M., & Tansi, L.S. (2024). Elucidating the flower, seed yield and phytochemical variability of marigold (*Calendula officinalis* L.) in response to winter sowing at different harvest inter-vals and dates. *South African Journal of Botany*. 2024. Vol. 166. P. 191–207. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.01.043>.
2. Abdelwahab, S.I., Taha, M.M.E., Taha, S.M.E., & Alsayegh, A.A. (2022). Fifty-year of global research in *Calendula officinalis* L. (1971–2021): a bibliometric study. *Clinical Complementary Medicine and Pharmacology*. № 2. 100059. <https://doi.org/10.1016/j.ccmp.2022.100059>.
3. Shahane, K., Kshirsagar, M., Tambe, S., Jain, D., Rout, S., Ferreira, M.K.M., Mali, S., Amin, P., Srivastav, P.P., Cruz, J. et al. (2023). An Updated review on the multifaceted therapeutic potential of *Calendula officinalis* L. *Pharmaceuticals*. Vol. 16. 611. <https://doi.org/10.3390/ph16040611>.
4. Melnychuk, R.V., & Bogouslavskyi, R.L. (2013). Henetychne riznomanittia oznakovo kolektsii rodu *Calendula* L. yak dzhherelo vykhidnoho materialu dlia selektsii [Genetic diversity of trait collection of the genus *Calendula* L. as a source of a stock material for breeding]. *Henetychni resursy roslyn – Plant Genetic Resources*. № 12. P. 41–52 [in Ukrainian].
5. Lupak, O., Antonyak, H., & Shpek, M. (2016). Formuvannia produktyvnosti *Calendula officinalis* L. zalezho vid vnesennia stymulatoriv rostu ta gruntovo-klimatychnykh umov kultyvuvannia [Formation of *Calendula officinalis* L. productivity depending on applying growth stimulants and soil and climatic conditions of cultivation]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahronomiia. Bulletin of Lviv National Agrarian University: Agronomy*. Lviv: Lviv National Agrarian University. №. 20. P. 60–65. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vlnau_act_2016_20_14.pdf [in Ukrainian].
6. Batsmanova, L., Taran, N., Konotop, Y., Kalenska, S., & Novytska, N. (2020). Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture*. Vol. 21. № 2. P. 311–319. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.2.2414>.
7. Faraz, A., & Hayat, S. (2019). Nanoparticles: biosynthesis, translocation and role in plant metabolism. *IET Nanobiotechnol.* Vol. 13 (4). P. 345–352. <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2018.5251>.
8. Khomina, V.Ya., & Nedilska, U.I. (2010). Urozhainist nahidok likarskykh zalezho vid zastosuvannia biolohichno aktyvnykh preparativ [The yield of *Calendula officinalis* L. depends on the use of biologically active drugs]. *Zbirnyk naukovykh prats Podilskoho derzhavnogo ahrarno-tekhnichnoho universytetu – Collection of scientific works of the Podilsk State Agrarian and Technical University*. Vol. 18. P. 59–62. Retrieved from <http://188.190.33.56:7980/jspui/handle/123456789/2325> [in Ukrainian].
9. Klepach, H.M., Lupak, O.M., Shpek, M.P., Diakunchak, M., & Kovalchuk, H.Ya. (2022). Vplyv peredposivnoi obrobky mikrodozvom “Avatar-2 Orhanik” na laboratornu ta polovu skhozhist nasinnia *Calendula officinalis* L. [Influence of presown cultivation with microfertilizer “Avatar-2 Organic” on laboratory and field seed germination of *Calendula officinalis* L.]. *Acta Carpathica*. № 1 (37). P. 27–39. <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2022.1.2> [in Ukrainian].
10. Derevianko, S.V., Vasylenko, A.V., Kaplunenko, V.H., Holovko, A., Spivak, M., & Kharchuk, M. (2019). Perspektyvy rozrobky preparativ dlia silskoho hospodarstva na osnovi nanochastynok [Perspectives of development of preparations for agriculture on the basis of nano-particles]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*. № 10. Vol. 799. P. 44–54. <https://doi.org/20.31073/agrovisnyk201910-07> [in Ukrainian].
11. Tyshchenko, M.V., Moroz, O.V., Smirnykh, V.M., Novoseletskyi, I.H., Kuskov, O.H., Filonenko, S.V., & Liashenko, V.V. (2018). Vykorystannia mikroelementnoho preparatu “Avatar” za vyroshchuvannia yachmeniu yaroho v polovii sivozmini [The use of the micronutrient drug “Avatar” for growing barley in the field of crop rotation]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. № 3. P. 32–38. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.05> [in Ukrainian].

12. Kapitanska, O.S., Priadkina, H.O., & Stasyk, O.O. (2017). Vplyv obrobky roslyn kompleksom karboksylativ mikroelementiv na fotosyntetychni pokaznyky i urozhai ozymoi pshenytsi [Influence of plants treatment by complex of microelements carboxylates on photosynthetic parameters and yield of winter wheat]. *Fiziolohiia roslyn i Henetyka – Plant Physiology and Genetics*. T. 49. № 3. P. 248–255. <https://doi.org/10.15407/frg2017.03.248> [in Ukrainian].
13. Zhao, L., & Xing, B. (2020). Nano-Biotechnology in Agriculture: Use of Nanomaterials to Promote Plant Growth and Stress Tolerance. *J Agric Food Chem*. Vol. 68. Iss. 7. P. 1935–1947. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06615> [in English].
14. Zasib dlia peredposivnoi obrobky nasinnia silskohospodarskykh kultur: patent 91892 Ukraina: a200810241; zaiavl. 11.08.2008; opubl.: 10.09.2010, Biul. № 17. 4 s. [Means for the preplant treatment of seeds of agricultural crops: pat. 91892 UA: a200810241; stat. 11.08.2008; publ. 10.09.2010, Biul. № 17. 4 p.]. Retrieved from: <https://uapatents.com/4-91892-zasib-dlya-peredposivno-obrobki-nasinnya-silskogospodarskikh-kultur.html> [in Ukrainian].
15. Stefaniuk, V.Y., Balan, V.M., & Fursa, A.V. (2020). Produktyvnist stevii zalezno vid zastosuvannya mikrodobryva “Avatar-2” [Stevia productivity depending on the application of Avatar-2 microfertilizer]. *Bioenerhetyka – Bioenergy*. Vol. 2 (16). P. 27–29. <https://doi.org/10.47414/be.2.2020.224998> [in Ukrainian].

ABSTRACT

INFLUENCE OF MICROFERTILIZER “AVATAR-2 ORGANIC” ON MORPHOBIOLOGY INDICATORS AND PRODUCTIVITY OF CALENDULA OFFICINALIS PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE PRECARPATHIAN AREA OF UKRAINE

The flowers of medicinal marigold (*Calendula officinalis* L.) are a valuable medicinal raw material, the scarcity of which in both global and domestic markets is steadily increasing due to the increased demands of the pharmaceutical industry for the production of natural medicinal products. Cultivating newly synthesized varieties of *C. officinalis* in favorable climatic zones of the country, combined with improved technologies, will enable the production of increased volumes of qualitative raw materials from this medicinal plant.

The research has shown the growth characteristics of the domestic selection variety *C. officinalis* Berezotitska Soniachna under the soil and climatic conditions of the Precarpathian area using various norms of the micronutrient preparation (MP) “Avatar 2 Organic” and methods of seed and vegetative plant treatment.

We have found that the application of MP for pre-sowing seed treatment of *C. officinalis* at rates of 50 and 100 ml/ton and double feeding plants during the phenological phases of germination and budding at rates of 50 and 100 ml/ha contributes to the increase in the duration of the growing season, improves the field germination of seeds and the survival rate of plants, as well as contributes to the increase in their morphometric characteristics, productivity, and yield of inflorescences.

The exploration has established that the cultivation of *C. officinalis* in the conditions of the Precarpathian area with the use of micronutrients at pre-sowing treatment rates of 50, 100, and 150 ml/ton of seeds and the treatment of vegetative plants at rates of 50, 100, and 150 ml/ha is economically advantageous. The highest net profit from medicinal plant raw materials of *C. officinalis* and the level of profitability are observed with the method involving the application of micronutrients in three terms: at the stage of pre-sowing seed treatment (at a preparation rate of 100 ml/ton) and with double foliar feeding during the phases of germination and budding (at a rate of 100 ml/ha).

The study has substantiated that the application of MP “Avatar-2 Organic” is one of the reserves for increasing net profit and the level of profitability in the production of dry medicinal raw materials of *C. officinalis*.

Key words: *Calendula officinalis* L., microelement preparation, productivity, yield, profitability, economic efficiency.