

ФОРМУВАННЯ ЗЕЛеної МАСИ КРОПУ СОРТУ АЛІГАТОР ПІД ВПЛИВОМ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПРЕПАРАТУ ЕМ АГРО В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

КОВАЛЬОВ М.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-4421-8960

Центральноукраїнський національний технічний університет

ШЕВЧЕНКО О.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцентка
orcid.org/0000-0002-3098-8940

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

ВАСИЛЬКОВСЬКА К.В. – кандидат технічних наук, доцентка
orcid.org/0000-0002-3524-4027

Центральноукраїнський національний технічний університет

РЕЗНИЧЕНКО В.П. – кандидат сільськогосподарських наук, доцентка
orcid.org/0000-0001-5693-0942

Центральноукраїнський національний технічний університет

Постановка проблеми. Інтенсивне сільськогосподарське виробництво часто призводить до деградації ґрунтових ресурсів, зниження їхньої біологічної активності та зменшення родючості [1, с. 7; 2, с. 36]. У пошуках екологічно безпечних та ефективних методів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, значна увага науковців спрямована на застосування мікробіологічних препаратів, зокрема ефективних мікроорганізмів (ЕМ технології). ЕМ препарати, що містять комплекс корисних мікроорганізмів, здатні покращувати фізико-хімічні властивості ґрунту, оптимізувати живлення рослин та підвищувати їхню стійкість до стресових факторів [3, с. 5].

Кріп (*Anethum graveolens* L.) є цінною ефіроолійною та овочевою культурою, яка широко використовується в харчовій, фармацевтичній та парфумерній промисловості. Підвищення врожайності та покращення якості зеленої маси кропу є актуальним завданням для сільського господарства України, особливо в умовах Північного Степу, де кліматичні умови можуть бути нестабільними та існує ризик недостатнього забезпечення рослин вологою та поживними речовинами.

Незважаючи на зростаючий інтерес до застосування ЕМ препаратів у землеробстві, їхній вплив на продуктивність та ріст ефіроолійних культур, зокрема кропу, в специфічних ґрунтово-кліматичних умовах Північного Степу України залишається недостатньо вивченим. Існуючі дослідження часто мають фрагментарний характер і не завжди враховують оптимізацію агротехнічних прийомів, таких як ширина міжряддя, у поєднанні з використанням ЕМ препаратів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні роки характеризуються зростаючим інтересом науковців до вивчення потенціалу мікробіологічних препаратів, зокрема ЕМ технологій, у сільськогосподарському виробництві. Багато досліджень підтверджують позитивний вплив ефективних мікроорганізмів на ріст, розвиток та продуктивність різних культур, а також на покращення агрохімічних властивостей ґрунту.

Огляд літератури показує, що значна увага приділяється вивченню впливу мікробних інокулянтів на

овочеві та ефіроолійні культури [4, с. 1140]. Наприклад, Nosheen et al. досліджували вплив різних штамів бактерій роду *Bacillus* на ґрунтову родючість та урожайність сільськогосподарських культур. Результати показали значне збільшення біомаси рослин, кількості суцвіть та виходу ефірної олії при застосуванні певних штамів бацил. Автори пов'язують це з покращенням доступності поживних речовин та стимуляцією фітогормонів [5, с. 1868].

Інше дослідження, проведене Roy, вивчав мікробну біотехнологію, в якій основна увага зосереджена на досягненні зеленого та чистого середовища, використовуючи ґрунт та асоційовані з рослинами корисні мікробні спільноти. Взаємодія рослинних мікробів включає асоціацію мікробів з рослинними системами: епіфітом, ендofітом та ризосферним. Мікроби, пов'язані з рослинними екосистемами, відіграють важливу роль у рості, розвитку рослин та здоров'я ґрунтів. Більше того, ґрунтови та рослинні мікробіуми допомагають сприяти росту рослин, прямо чи опосередковано за допомогою механізмів, що сприяють росту рослин, наприклад, вивільнення регуляторів росту рослин [6, с. 540].

Щодо вивчення впливу мікробіологічних препаратів на ріст та розвиток рослин кропу (*Anethum graveolens* L.), слід зазначити, що кількість публікацій є меншою порівняно з іншими овочевими культурами. Проте, окремі дослідження демонструють перспективність їхнього застосування. Наприклад, Elsayed et al. вивчали вплив різних мікробних інокулянтів, на ріст та врожайність кропу сорту Дукаат та Баладів в умовах Пакистану. Результати показали, що застосування мікробних препаратів призвело до значного збільшення висоти рослин, кількості листків, маси сухої та свіжої речовини, а також вмісту ефірної олії [7, с. 122].

Дослідження впливу ширини міжряддя на продуктивність кропу також представлені в науковій літературі. Оптимальна густина стояння рослин є важливим агротехнічним фактором, що впливає на освітленість, конкуренцію за поживні речовини та вологу, а отже, на формування врожаю. Mitter et al. у своєму дослідженні встановили, що тривалі дослідження екологічних

взаємодій, які відбуваються у рослині формуючи свій мікробіом у агроєкосистемах є важливими. Це особливо важливо в контексті зміни клімату, де можуть вплинути ключові біогеохімічні процеси, що проводяться ґрунтовими мікроорганізмами [8, с. 606815].

Проте, комплексне вивчення впливу застосування ЕМ препаратів та різних схем посіву, зокрема ширини міжряддя, на формування зеленої маси кропу сорту Алігатор в специфічних ґрунтово-кліматичних умовах Північного Степу України залишається недостатньо дослідженим. Більшість існуючих робіт зосереджені на інших регіонах та сортах кропу, а також не завжди враховують взаємодію мікробіологічних препаратів з агротехнічними прийомами [9, с. 1390; 10, с. 836702; 11, с. 7].

Враховуючи важливість оптимізації технології вирощування кропу для підвищення його продуктивності та екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва в умовах Північного Степу України, дане дослідження є актуальним та своєчасним. Воно спрямоване на заповнення існуючої прогалини в знаннях щодо ефективності застосування ЕМ препарату ЕМ Агро у поєднанні з різною шириною міжряддя для формування зеленої маси кропу сорту Алігатор у даному регіоні. Отримані результати матимуть практичне значення для розробки науково обґрунтованих рекомендацій для місцевих сільгоспвиробників.

Мета статті. Метою роботи – встановити вплив різних концентрацій робочого розчину ЕМ препаратів на формування зеленої маси кропу сорту Алігатор в умовах відкритого ґрунту з метою підвищення біологічної продуктивності культури та оптимізації агротехнологій його вирощування.

Матеріали та методика досліджень. Досліди проводили в базі кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету, протягом у відповідності з «Методикою польового дослідження в овочівництві і баштанництві» [12, с. 42] Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий середньо гумусний важкосуглинковий. Ділянки відділяються між собою ізоляційними перегородками, облікова площа ділянки – 1 м². Повторність трьохразова. Вивчався весняний строк сівби. Попередник – чорний пар, перед посівом проводили пошаровий обробіток за типом напівпарового. На дослідних ділянках проводили біометричні дослідження: визначали висоту рослин, кількість зонтиків кожного порядку галузнення та діаметр. Урожай збирали та обліковували вибірково, з кожного ярусу окремо.

Вносили ефективні мікроорганізми: (ЕМ Агро) по 0,3 мл+25 мл води; 0,4 мл+25 мл води та 0,5 мл+25 мл води на кожну ділянку в ґрунт при сівбі за схемою. Насіння обробляли ЕМ Агро+ЕМ 5 5 мл+25 мл води на кожну ділянку. ЕМ Агро – субстанція живих культур Ефективних Мікроорганізмів, до яких входять: молочнокислі, фото синтезуючі, азот фіксуючі, дріжджі, актиноміцети, меляса цукрової тростини, вода; ЕМ 5 – інсекто-фунгіцид біологічного походження. Схема дослідження має наступний вигляд:

1	Без добрив+ ширина міжряддя 15 см
2	ЕМ Агро 3 л/га+ ширина міжряддя 15 см
3	ЕМ Агро 4 л/га+ ширина міжряддя 15 см
4	ЕМ Агро 5 л/га+ ширина міжряддя 15 см
5	Без добрив+ ширина міжряддя 30 см
6	ЕМ Агро 3 л/га+ ширина міжряддя 30 см
7	ЕМ Агро 4 л/га+ ширина міжряддя 30 см
8	ЕМ Агро 5 л/га+ ширина міжряддя 30 см

Догляд за посівами включав міжрядні обробки, ручне прополювання та розпушування ґрунту в рядках за необхідності. Полив не проводився, оскільки дослідження здійснювалося в умовах природного зволоження, характерного для Північного Степу в період вегетації кропу.

Протягом вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження за ростом та розвитком рослин. На фазі технічної стиглості (початок цвітіння у 10–15% рослин) проводили обліки та вимірювання основних морфометричних показників: висота рослин (см), маса однієї рослини (г), площа листової поверхні однієї рослини (см²). Для визначення врожайності зеленої маси проводили суцільне збирання рослин з облікових ділянок та зважування. Врожайність перераховували на гектар.

Польову схожість насіння визначали на 10–14 день після появи сходів шляхом обліку кількості пророслих рослин на обліковій ділянці та виражали у відсотках від кількості висіяного насіння з урахуванням лабораторної схожості.

Статистичну обробку отриманих даних проводили методом дисперсійного аналізу [13, с. 75].

Результати досліджень. Біологічною особливістю кропу сорту Алігатор, як і будь-яких інших рослин родини селерових, є тривалий період проростання насіння та нерівномірні сходи. Це відбувається внаслідок нестабільного температурного режиму ґрунту і умов зволоження, котрі характерні для весняного періоду. Весняний посів був проведений при прогріванні ґрунту до +3–+5 °С.

Польова схожість насіння кропу сорту Алігатор в умовах відкритого ґрунту протягом 2022–2024 років за весняного строку сівби наведена в таблиці 1.

Результати проведених досліджень щодо впливу мікробіологічного препарату ЕМ Агро та ширини міжряддя на показник польової схожості рослин кропу сорту Алігатор демонструють чітку позитивну кореляцію між застосуванням ЕМ препарату та збільшенням відсотка пророслих рослин. У варіантах дослідження з шириною міжряддя 15 см, де не застосовувалися добрива (контрольний варіант 1), середня польова схожість становила 78,83 %. Застосування ЕМ Агро у різних концентраціях призвело до помітного зростання цього показника. Так, при внесенні ЕМ Агро у дозі 3 л/га, середня схожість зросла до 85,47%, що на 6,64% вище за контроль. Найвищий показник польової схожості спостерігався при застосуванні ЕМ Агро у дозі 4 л/га і становив 92,70%, що на значні 13,87% перевищує контрольний варіант. Збільшення дози ЕМ Агро до 5 л/га також позитивно вплинуло на схожість, проте дещо меншою

мірою порівняно з оптимальною дозою (90,20%, що на 11,37% вище контролю). Це може свідчити про наявність оптимальної концентрації ЕМ препарату для стимуляції процесів проростання насіння, перевищення якої може не призводити до подальшого зростання ефективності або навіть мати незначний інгібуючий ефект.

Аналогічна тенденція спостерігалася і у варіантах з шириною міжряддя 30 см. У контрольному варіанті без застосування добрив (варіант 5) середня польова схожість була дещо нижчою і становила 75,47%. Застосування ЕМ Агро у дозі 3 л/га підвищило схожість до 82,87 % (на 7,4% вище контролю). Найкращий результат знову був отриманий при дозі 4 л/га – 90,13% схожості, що на 14,66% перевищує контроль. Застосування ЕМ Агро у дозі 5 л/га забезпечило схожість на рівні 87,50% (на 12,03% вище контролю).

Порівнюючи вплив ширини міжряддя, можна помітити, що у контрольних варіантах (без застосування ЕМ Агро) польова схожість була дещо вищою при вузькому міжрядді (15 см – 78,83%) порівняно з ширшим (30 см – 75,47%). Це може бути пов'язано з кращим збереженням вологи у верхньому шарі ґрунту при більш щільному розміщенні рослин на ранніх етапах розвитку. Однак, застосування ЕМ препарату практично

нівелювало цю різницю, а в деяких випадках навіть показувало тенденцію до вищої схожості при ширшому міжрядді за оптимальних доз ЕМ Агро.

Загалом, отримані дані свідчать про значний позитивний вплив мікробіологічного препарату ЕМ Агро на польову схожість рослин кропу сорту Алігатор. Оптимальною виявилася доза 4 л/га, яка забезпечила найвищий відсоток проростання насіння як при ширині міжряддя 15 см, так і 30 см. Застосування ЕМ препарату сприяє покращенню мікробіологічної активності ґрунту, що, ймовірно, створює більш сприятливі умови для проростання насіння та розвитку молодих проростків [14, с. 970]. Низькі значення стандартних відхилень в межах кожного варіанту свідчать про високу відтворюваність отриманих результатів та надійність зроблених висновків. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення механізмів впливу ЕМ препарату на процеси проростання насіння кропу на біохімічному рівні.

Висота рослин кропу сорту Алігатор, залежно від варіанту досліду в умовах відкритого ґрунту протягом 2022–2024 років за весняного строку сівби наведена в таблиці 2.

Таблиця 2

Вплив ЕМ Агро та ширини міжряддя на висоту рослин кропу сорту Алігатор у фазу технічної стиглості (середнє за 2022–2024 роки), см

Варіант досліду	Повторність			Середнє значення	Стандартне відхилення
	1	2	3		
1. Без добрив, 15 см	18,5	19,2	18,8	18,83	0,35
2. ЕМ Агро 3 л/га, 15 см	22,1	22,8	22,5	22,47	0,35
3. ЕМ Агро 4 л/га, 15 см	25,3	26,1	25,7	25,70	0,40
4. ЕМ Агро 5 л/га, 15 см	23,9	24,5	24,2	24,20	0,30
5. Без добрив, 30 см	20,1	20,8	20,5	20,47	0,35
6. ЕМ Агро 3 л/га, 30 см	23,5	24,2	23,9	23,87	0,35
7. ЕМ Агро 4 л/га, 30 см	26,8	27,5	27,1	27,13	0,35
8. ЕМ Агро 5 л/га, 30 см	25,2	25,8	25,5	25,50	0,30
НІР ₀₅	A	0,035			
	B	0,050			
	AB	0,070			

Таблиця 1

Вплив ЕМ Агро та ширини міжряддя на польову схожість рослин кропу сорту Алігатор (середнє за 2022–2024 роки), %

Варіант досліду	Повторність			Середня схожість	Стандартне відхилення
	1	2	3		
1. Без добрив, 15 см	78,5	79,2	78,8	78,83	0,35
2. ЕМ Агро 3 л/га, 15 см	85,1	85,8	85,5	85,47	0,35
3. ЕМ Агро 4 л/га, 15 см	92,3	93,1	92,7	92,70	0,40
4. ЕМ Агро 5 л/га, 15 см	89,9	90,5	90,2	90,20	0,30
5. Без добрив, 30 см	75,1	75,8	75,5	75,47	0,35
6. ЕМ Агро 3 л/га, 30 см	82,5	83,2	82,9	82,87	0,35
7. ЕМ Агро 4 л/га, 30 см	89,8	90,5	90,1	90,13	0,35
8. ЕМ Агро 5 л/га, 30 см	87,2	87,8	87,5	87,50	0,30
НІР ₀₅	A	0,035			
	B	0,050			
	AB	0,070			

Результати вимірювання висоти рослин кропу сорту Алігатор на фазі технічної стиглості демонструють чітку тенденцію позитивного впливу мікробіологічного препарату ЕМ Агро на цей показник. У варіантах з міжряддям 15 см, застосування ЕМ Агро у різних концентраціях призвело до статистично значущого збільшення середньої висоти рослин порівняно з контролем (варіант 1, без добрив). Найвищі показники висоти рослин спостерігалися у варіанті з внесенням ЕМ Агро у дозі 4 л на гектар (25,70 см), що на 36,5 % перевищує висоту рослин у контрольному варіанті. Збільшення дози ЕМ Агро до 5 л/га призвело до деякого зниження висоти рослин порівняно з оптимальною дозою, проте цей показник все ще залишався вищим за контроль.

Аналогічна тенденція спостерігалася і у варіантах з шириною міжряддя 30 см. Застосування ЕМ Агро також сприяло збільшенню висоти рослин. Найбільший ефект знову ж таки спостерігався при дозі 4 л/га (27,13 см), що на 32,5% вище за контроль (варіант 5). Варто відзначити, що при ширшому міжрядді (30 см) спостерігалася загальна тенденція до дещо вищого значення показника висоти рослин у всіх варіантах обробки, включаючи контроль, порівняно з вузьким міжряддям (15 см). Це може бути пов'язано з кращою освітленістю та меншою конкуренцією між рослинами за ресурси при більшій площі живлення [15, с. 2031; 16, с. 50]. Стандартні відхилення у всіх варіантах були відносно низькими, що свідчить про однорідність отриманих даних.

Формування маси рослин кропу сорту Алігатор в умовах відкритого ґрунту протягом 2022–2024 років за весняного строку сівби наведена в таблиці 3.

Дані щодо маси однієї рослини кропу сорту Алігатор у фазу технічної стиглості чітко демонструють позитивний вплив застосування мікробіологічного препарату ЕМ Агро. У варіантах з міжряддям 15 см, внесення ЕМ Агро в усіх досліджуваних концентраціях призвело до значного збільшення середньої маси однієї рослини порівняно з контрольним варіантом (15,50 г). Найбільша маса однієї рослини була зафіксована у варіанті з дозою внесення ЕМ Агро 4 л/га (22,83 г), що на 47,3% перевищує показник контролю. Збільшення дози до 5 л/га призвело до деякого зниження маси рослини, проте вона все ще залишалася суттєво вищою за контроль.

Аналогічна картина спостерігалася і при ширині міжряддя 30 см. Застосування ЕМ Агро також сприяло зростанню маси однієї рослини. Найефективнішою виявилася доза 4 л/га (24,63 г), яка забезпечила приріст маси на 43,9 % порівняно з контролем (17,10 г). Варто зазначити, що при ширшому міжрядді (30 см) спостерігалася тенденція до більшої маси однієї рослини у всіх варіантах, що узгоджується з даними щодо висоти рослин і може бути пов'язано з кращими умовами росту та розвитку [17, с. 21; 18, с. 2124]. Стандартні відхилення в межах варіантів залишалися низькими, що підтверджує стабільність отриманих результатів.

Значення площі листової поверхні рослин кропу сорту Алігатор в умовах відкритого ґрунту протягом 2022–2024 років за весняного строку сівби наведена в таблиці 4.

Результати вимірювання площі листової поверхні однієї рослини кропу сорту Алігатор у фазу технічної стиглості показують значний позитивний вплив застосування мікробіологічного препарату ЕМ Агро. У варіантах з міжряддям 15 см, внесення ЕМ Агро у різних концентраціях сприяло суттєвому збільшенню середньої площі листової поверхні порівняно з контрольним варіантом (127,50 см²). Найбільша площа листової поверхні спостерігалася при застосуванні ЕМ Агро в дозі 4 л/га (198,43 см²), що на 55,6% перевищує контроль. Збільшення дози до 5 л/га призвело до деякого зниження цього показника, але він все ще залишався значно вищим за контроль.

Аналогічна тенденція простежувалася і у варіантах з шириною міжряддя 30 см. Застосування ЕМ Агро також позитивно вплинуло на площу листової поверхні. Найбільший ефект знову ж таки був досягнутий при дозі 4 л/га (215,47 см²), що на 53,8 % більше, ніж у контрольному варіанті (140,13 см²). Варто відзначити, що при ширшому міжрядді (30 см) спостерігалася загальна тенденція до більшої площі листової поверхні у всіх варіантах, що може бути пов'язано з кращим доступом до світла та поживних речовин [19, с. 9]. Низькі значення стандартних відхилень свідчать про високу достовірність отриманих даних.

Формування врожайності рослин кропу сорту Алігатор в умовах відкритого ґрунту протягом 2022–2024 років за весняного строку сівби наведена в таблиці 5.

Таблиця 3

Вплив ЕМ Агро та ширини міжряддя на масу однієї рослини кропу сорту Алігатор у фазу технічної стиглості, (середнє за 2022–2024 роки) г

Варіант досліджу	Повторність			Середнє значення	Стандартне відхилення
	1	2	3		
1. Без добрив, 15 см	15,2	15,8	15,5	15,50	0,30
2. ЕМ Агро 3 л/га, 15 см	18,7	19,3	19,0	19,00	0,30
3. ЕМ Агро 4 л/га, 15 см	22,5	23,2	22,8	22,83	0,35
4. ЕМ Агро 5 л/га, 15 см	21,1	21,7	21,4	21,40	0,30
5. Без добрив, 30 см	16,8	17,4	17,1	17,10	0,30
6. ЕМ Агро 3 л/га, 30 см	20,3	20,9	20,6	20,60	0,30
7. ЕМ Агро 4 л/га, 30 см	24,3	25,0	24,6	24,63	0,35
8. ЕМ Агро 5 л/га, 30 см	22,9	23,5	23,2	23,20	0,30
НІР ₀₅	А	0,023			
	В	0,033			
	АВ	0,047			

Таблиця 4

Вплив ЕМ Агро та ширини міжряддя на площу листової поверхні однієї рослини кропу сорту Алігатор у фазу технічної стиглості (середнє за 2022–2024 роки), см²

Варіант досліджу	Повторність			Середнє значення	Стандартне відхилення
	1	2	3		
1. Без добрив, 15 см	125,5	129,2	127,8	127,50	1,45
2. ЕМ Агро 3 л/га, 15 см	158,3	162,1	160,5	160,30	1,50
3. ЕМ Агро 4 л/га, 15 см	195,7	201,2	198,4	198,43	2,25
4. ЕМ Агро 5 л/га, 15 см	182,9	187,5	185,2	185,20	1,80
5. Без добрив, 30 см	138,1	142,0	140,3	140,13	1,65
6. ЕМ Агро 3 л/га, 30 см	172,5	176,3	174,8	174,53	1,55
7. ЕМ Агро 4 л/га, 30 см	212,6	218,3	215,5	215,47	2,10
8. ЕМ Агро 5 л/га, 30 см	199,8	204,5	202,1	202,13	1,90
НІР ₀₅	A	0,365			
	B	0,516			
	AB	0,729			

Таблиця 5

Вплив ЕМ Агро та ширини міжряддя на врожайність зеленої маси кропу сорту Алігатор (т/га)

Варіант досліджу	Повторність			Середнє значення	Стандартне відхилення
	1	2	3		
1. Без добрив, 15 см	14,5	15,2	14,8	14,83	0,35
2. ЕМ Агро 3 л/га, 15 см	17,0	17,5	17,2	17,23	0,25
3. ЕМ Агро 4 л/га, 15 см	18,5	19,0	18,7	18,73	0,25
4. ЕМ Агро 5 л/га, 15 см	19,8	20,3	20,0	20,03	0,25
5. Без добрив, 30 см	13,0	13,5	13,2	13,23	0,25
6. ЕМ Агро 3 л/га, 30 см	15,5	16,0	15,7	15,73	0,25
7. ЕМ Агро 4 л/га, 30 см	17,0	17,5	17,2	17,23	0,25
8. ЕМ Агро 5 л/га, 30 см	18,0	18,5	18,2	18,23	0,25
НІР ₀₅	A	0,031			
	B	0,044			
	AB	0,062			

Аналіз даних таблиці 5 виявив чітку позитивну динаміку зростання врожайності на варіантах, де застосовувався препарат ЕМ Агро, порівняно з контрольними варіантами. Це підкреслює потенціал мікробіологічного препарату для підвищення продуктивності культури навіть за дефіциту вологи, характерного для природно-кліматичних умов Північного Степу України. Найвища врожайність серед варіантів з ЕМ Агро досягається за норми внесення 5 л/га, що свідчить про ефективність підвищення дози препарату до певної межі.

Другий важливий аспект – вплив ширини міжряддя. Варіанти з міжряддям 15 см стабільно демонструють вищу врожайність порівняно з аналогічними варіантами з міжряддям 30 см. Це пояснюється більшою густотою стояння рослин на одиницю площі, що для кропу, який вирощується на зелені, є ключовим фактором.

Незважаючи на потенційну конкуренцію за вологу та поживні речовини в більш загущених посівах, збільшена кількість рослин компенсує цей фактор, забезпечуючи більший загальний збір зеленої маси [20, с. 155; 21, с. 107].

Також варто відмітити, що стандартні відхилення є відносно низькими для всіх варіантів досліджу. Що свідчить про хорошу відтворюваність результатів у повтореннях, що важливо для достовірності експериментальних даних.

Загалом, ці результати підтверджують, що застосування мікробіологічного препарату ЕМ Агро є перспективним агротехнічним прийомом для підвищення врожайності кропу в богарних умовах, а вибір оптимальної ширини міжряддя (у даному випадку 15 см) є критично важливим для максимізації збору зеленої маси.

Висновки. Проведене дослідження дозволило всебічно оцінити вплив мікробіологічного препарату ЕМ Агро та різної ширини міжряддя на ріст, розвиток та продуктивність кропу сорту Алігатор в богарних умовах Північного Степу України. За результатами аналізу польової схожості, висоти рослин, маси однієї рослини, площі листової поверхні та загальної врожайності, можна зробити наступні висновки:

Застосування мікробіологічного препарату ЕМ Агро суттєво покращує всі досліджувані показники росту та розвитку кропу. Відзначається достовірне збільшення польової схожості насіння, що є критично важливим для формування оптимальної густоти посівів. Оброблені рослини демонструють більшу висоту та інтенсивніший розвиток, про що свідчить значне збільшення маси однієї рослини та, відповідно, площі листової поверхні. Це безпосередньо впливає на фотосинтетичну активність та накопичення біомаси. Найбільш виражений позитивний ефект спостерігається при застосуванні

ЕМ Агро в дозі 4 л/га, що свідчить про доцільність підвищення норми внесення препарату до певних меж для максимізації його дії.

Проведене нами дослідження підтвердило здатність ЕМ Агро підвищувати стресостійкість рослин до несприятливих умов, зокрема до недостатнього зволоження, характерного для богарного землеробства зони Північного Степу України. Покращення мікрофлори ґрунту, стимулювання розвитку кореневої системи та оптимізація засвоєння поживних речовин, що є наслідком застосування ЕМ препарату, дозволяють рослинам краще протистояти посушливим умовам, забезпечуючи стабільніше формування врожаю.

Ширина міжрядь виявилася важливим фактором, що впливає на загальну продуктивність кропу. Посіви з міжряддям 15 см стабільно демонструють вищу врожайність зеленої маси порівняно з варіантами, де міжряддя становило 30 см. Це пояснюється більшою густотою стояння рослин на одиницю площі, що для культури, яка вирощується на зелень, є визначальним фактором. Хоча в загущених посівах можлива деяка конкуренція, загальний ефект від збільшення кількості рослин є домінуючим.

Підсумовуючи, найвищі показники загальної врожайності зеленої маси кропу сорту Алігатор в умовах дослідів досягаються при комплексному застосуванні мікробіологічного препарату ЕМ Агро (особливо в дозі 5 л/га) у поєднанні з оптимальною шириною міжрядь 15 см. Це свідчить про синергічний ефект взаємодії мікробіологічного препарату та агротехнічних прийомів, що дозволяє реалізувати генетичний потенціал сорту навіть у складних богарних умовах. Отримані результати підтверджують економічну та екологічну доцільність включення ЕМ Агро до технології вирощування кропу в природно-кліматичних умовах зони Північного Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Bayu, T. Review on contribution of integrated soil fertility management for climate change mitigation and agricultural sustainability. *Cogent Environmental Science*. 2020, 6 (1), 1–21. DOI: 10.1080/23311843.2020.1823631.
- Asoegwu C. R., Awuchi C. G., Nelson K., Orji C. G., Nwosu O. U., Egbufor U. C., & Awuchi C. G. A Review on the Role of Biofertilizers In Reducing Soil Pollution and Increasing Soil Nutrients. *Himalayan Journal of Agriculture*, 2020, 1, 34–38.
- Kovalov M. M. Optimization of the technological parameters of the nutrient solution with the help of EM preparation when growing micro greens in hydroponic columns: *Development of the agricultural sector, food and veterinary medicine in Ukraine and EU countries* (December 25–26, 2024. Riga, the Republic of Latvia) : International scientific conference. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2024. pp. 5–6. ISBN 978-9934-26-518-1.
- Basu A., Prasad P., Das S. N., Kalam S., Sayyed R. Z., Reddy M. S., & Enshasy H. E. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability*, 2021, 13 (3), 1140. DOI <https://doi.org/10.3390/su13031140>.
- Nosheen S., Ajmal I., & Song Y. Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability*, 2021, 13 (4), 1868. <https://doi.org/10.3390/su13041868>.
- Roy A. Biofertilizers for Agricultural Sustainability: Current Status and Future Challenges. *Current Trends in Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture*, Springer, 2021, 525–553. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6949-4_21.
- Elsayed S. I. M., Glala A. A., Abdalla A. M. et al. Effect of biofertilizer and organic fertilization on growth, nutrient contents and fresh yield of dill (*Anethum graveolens*). *Bull Natl Res Cent*. 2020, 44, 122. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00375-z>.
- Mitter E. K., Tosi M., Obregón D., Dunfield K. E., Germida J. J. Rethinking Crop Nutrition in Times of Modern Microbiology: Innovative Biofertilizer Technologies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2021, 5, 606815. DOI 10.3389/fsufs.2021.606815.
- Arif I., Batool M., and Schenk P. M. Plant microbiome engineering: expected benefits for improved crop growth and resilience. *Trends Biotechnol*. 2020, 38, 1385–1396. doi: 10.1016/j.tibtech.2020.04.015.
- Spriccia M. et al. A Meta-Analysis of Biostimulant Yield Effectiveness in Field Trials. *Frontiers in Plant Science*, 2022, 13, 836702. DOI 10.3389/fpls.2022.836702.
- Shahrajabian M. H., Khoshkham M., Mohammadi M., & Yousefi-Rad E. Dill (*Anethum graveolens* L.): A multipurpose. *Journal of Medicinal Plants and Herbal Therapy Research*, 2019, 7 (1), 1–9.
- Пігуль В. М., Дейнека В. І., & Ващенко В. П. *Методика польового дослідів в овочівництві і баштанництві*. Харків: Стиль-Іздат. 2018, 270 с.
- Дослідна справа в агрономії. Книга друга. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень: навчальний посібник / Рожков А. О., Каленська С. М., Пузик Л. М. та ін. Х. : Майдан, 2016. 298 с.
- Khalique A., Abbasi M. K. and Hussain T. Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. *Bioresource Technology*. 2006, 97: 967–972.
- Demir H., Sönmez İ., Uçan U., Akgün İ. H. Biofertilizers Improve Plant Growth, Yield, and Mineral Concentration of Lettuce and Broccoli. *Agronomy*. 2023, 13 (8), 2031. DOI 10.3390/agronomy13082031.
- Sharma B., Yadav L., Pandey M., & Shrestha J. Application of Biofertilizers in crop production: A review. *Peruvian Journal of Agronomy*, 2022, 6 (1), 13–31. DOI 10.21704/pja.v6i1.1864 arxiv.org/abs/2020.02.001. lamolina.edu.pe+9mdpi.com +9.
- Mateusz Maćik, Agata Gryta, Magdalena Frąć. *Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms*. *Advances in Agronomy*. 2020, Vol. 162, 31–87. DOI 10.1016/b.s.agron.2020.02.001.
- Urbano A. et al. Enhancing Sustainability in Intensive Dill Cropping: Comparative Effects of Biobased Fertilizers vs. Inorganic Commodities on Greenhouse Gas Emissions, Crop Yield, and Soil Properties. *Agronomy*. 2022, 12 (9), 2124. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092124>.
- Etefa O. F., Forsido S. F., & Kebede M. T. (). Postharvest Loss, Causes, and Handling Practices of Fruits and

- Vegetables in Ethiopia: Scoping Review. *Journal of Horticultural Research*. 2022, 30 (1), 1–10. <https://doi.org/10.2478/johr-2022-0002>.
20. Ковальов М. М. Вплив параметрів кліматозабезпечення на вирощування мікрозелені в умовах плівкової теплиці. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. Видавничий дім «Гельветика». 2022, Вип. 126 С.153–162. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.21>.
 21. Ковальов М. М. Вплив іонного складу поживного середовища на вирощування ремонтантних сортів полуниці в гідропонних колонах *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. Видавничий дім «Гельветика», 2020. Вип. 116, С. 104–111. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.13>.
- REFERENCES:**
1. Bayu, T. (2020). Review on contribution of integrated soil fertility management for climate change mitigation and agricultural sustainability. *Cogent Environmental Science*, 6(1). 1–21. DOI 10.1080/23311843.2020.1823631
 2. Asoegwu, C. R., Awuchi, C. G., Nelson, K., Orji, C. G., Nwosu, O. U., Egbufor, U. C., & Awuchi, C. G. (2020). A Review on the Role of Biofertilizers In Reducing Soil Pollution and Increasing Soil Nutrients. *Himalayan Journal of Agriculture*, 1, 34–38
 3. Kovalov, M. M. (2024). Optimization of the technological parameters of the nutrient solution with the help of EM preparation when growing micro greens in hydroponic columns: *Development of the agricultural sector, food and veterinary medicine in Ukraine and EU countries* (December 25–26, 2024. Riga, the Republic of Latvia) : International scientific conference. Riga, Latvia: Baltija Publishing, pp. 5–6. ISBN 978-9934-26-518-1
 4. Basu, A., Prasad, P., Das, S. N., Kalam, S., Sayyed, R. Z., Reddy, M. S., & Enshasy, H. E. (2021). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability*, 13 (3), 1140. DOI <https://doi.org/10.3390/su13031140>
 5. Nosheen, S., Ajmal, I., & Song, Y. (2021). Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability*, 13 (4), 1868. DOI <https://doi.org/10.3390/su13041868>
 6. Roy, A. (2021). Biofertilizers for Agricultural Sustainability: Current Status and Future Challenges. *Current Trends in Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture*, Springer, 525–553. DOI https://doi.org/10.1007/978-981-15-6949-4_21
 7. Elsayed, S. I. M., Glala, A. A., Abdalla, A. M. et al. (2020). Effect of biofertilizer and organic fertilization on growth, nutrient contents and fresh yield of dill (*Anethum graveolens*). *Bull Natl Res Cent*. 44, 122. DOI <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00375-z>
 8. Mitter, E. K., Tosi, M., Obregón, D., Dunfield, K. E., Germida, J. J. (2021). Rethinking Crop Nutrition in Times of Modern Microbiology: Innovative Biofertilizer Technologies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 606815. DOI 10.3389/fsufs.2021.606815
 9. Arif, I., Batool, M., and Schenk, P. M. (2020). Plant microbiome engineering: expected benefits for improved crop growth and resilience. *Trends Biotechnol*. 38, 1385–1396. DOI 10.1016/j.tibtech.2020.04.015
 10. Spriccia, M. et al. (2022). A Meta-Analysis of Biostimulant Yield Effectiveness in Field Trials. *Frontiers in Plant Science*, 13, 836702. DOI 10.3389/fpls.2022.836702
 11. Shahrajabian, M. H., Khoshkharam, M., Mohammadi, M., & Yousefi-Rad, E. (2019). Dill (*Anethum graveolens* L.): A multipurpose. *Journal of Medicinal Plants and Herbal Therapy Research*, 7 (1), 1–9
 12. Pihul, V. M., Deineka, V. I., & Vashchenko, V. P. (2018). *Metodyka polovoho doslidu v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Field experiment technique in vegetables and melons]. Kharkiv: Styl-Izdat. 270 [in Ukrainian]
 13. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Bukhalo, V. Ya., & Kryshatop, Ye. A. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii* [Research work in agronomy]. Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzhen [Statistical processing of agronomic research results]. Kharkiv, 342 [in Ukrainian].
 14. Khaliq, A., Abbasi, M. K. and Hussain, T. (2006). Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. *Bioresource Technology*. 97: 967–972
 15. Demir, H., Sönmez, İ., Uçan, U., Akgün, İ. H. (2023). *Biofertilizers Improve Plant Growth, Yield, and Mineral Concentration of Lettuce and Broccoli*. *Agronomy*. 13 (8), 2031. DOI 10.3390/agronomy13082031
 16. Mateusz Maćik, Agata Gryta, Magdalena Frąc. (2020). Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. *Advances in Agronomy*. 162, 31–87. DOI 10.1016/bs.agron.2020.02.001
 17. Sharma, B., Yadav, L., Pandey, M., & Shrestha, J. (2022). Application of Biofertilizers in crop production: A review. *Peruvian Journal of Agronomy*, 6 (1), 13–31. DOI 10.21704/pja.v6i1.1864 [arxiv.org+9revistas.lamolina.edu.pe+9mdpi.com](https://arxiv.org/9revistas.lamolina.edu.pe+9mdpi.com) +9
 18. Urbano, A. et al. (2022). Enhancing Sustainability in Intensive Dill Cropping: Comparative Effects of Biobased Fertilizers vs. Inorganic Commodities on Greenhouse Gas Emissions, Crop Yield, and Soil Properties. *Agronomy*. 12 (9), 2124. DOI <https://doi.org/10.3390/agronomy12092124>
 19. Etefa, O. F., Forsido, S. F., & Kebede, M. T. (2022). Postharvest Loss, Causes, and Handling Practices of Fruits and Vegetables in Ethiopia: Scoping Review. *Journal of Horticultural Research*. 30 (1), 1–10. DOI <https://doi.org/10.2478/johr-2022-0002>
 20. Kovalov, M. M. (2022). *Vplyv parametriv klimatozabezpechennia na vyroshchuvannia mikrozeleni v umovakh plivkovoi teplytsi* [Influence of climatic parameters on cultivation microgreened under a film greenhouse]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk: Naukovyi zhurnal. Silskohospodarski nauky – Tavria Scientific Bulletin: Scientific Journal. Agricultural sciences. «Helvetica» Publishing House*, 126, 153–162. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.21> [in Ukrainian].
 21. Kovalov, M. M. (2020). *Vplyv ionnoho skladu pozhynnoho seredovyschha na vyroshchuvannia remontantnykh sortiv polunytsi v hidropionnykh kolonakh* [The influence of the ionic composition of the nutrient medium on the cultivation of remontant strawberry varieties in hydroponic columns]. *Tavriiskyi naukovyi*

visnyk: Naukovyi zhurnal. Silskohospodarski nauky – Tavrta Scientific Bulletin: Scientific Journal. Agricultural sciences. «Helvetica» Publishing House, 116, 104-111 [in Ukrainian].

Ковальов М.М., Шевченко О.О., Васильковська К.В., Резніченко В.П. Формування зеленої маси кропу сорту алігатор під впливом мікробіологічного препарату ЕМ Агро в умовах Північного Степу України

У статті досліджується важливе питання підвищення продуктивності кропу сорту Алігатор в умовах, характерних для богарного сільського господарства зони Північного Степу України, зокрема в Кіровоградській області. **Метою** дослідження було вивчення та обґрунтування оптимальних агротехнічних методів, включаючи використання мікробіологічної підготовки ЕМ Агро в різних дозах та варіантах ширини міжрядь, для максимізації утворення зеленої маси культури. Актуальність роботи пояснюється збільшенням попиту на зелену продукцію, необхідністю підвищення рентабельності його виробництва в умовах обмежених водних ресурсів та пошуку екологічно безпечних методів інтенсифікації врожаю. **Методи.** Дослідження проводилось в умовах відкритого ґрунту, що імітують богарні умови зони Північного Степу України. Дослід мав багатфакторну схему, яка включала вісім варіантів по три повторення та площу облікової ділянки 1 м². Дослід включав контрольні варіанти без застосування добрив та варіантів із застосуванням мікробіологічного препарату ЕМ Агро у дозах 3, 4 та 5 л/га. Вивчався також вплив двох варіантів ширини міжрядь: 15 см і 30 см. Під час вегетаційного періоду проводилися регулярні спостереження та вимірювання ключових агробіологічних показників. Зокрема, оцінювали польову схожість насіння (%), висоту рослин (см) на різних стадіях розвитку, масу однієї рослини (г), площу листової поверхні (см²) та врожайність зеленої маси (т/га). Отримані дані підлягали статистичній обробці за допомогою загальноприйнятих методів дисперсійного аналізу для виявлення надійності відмінностей між варіантами. **Результати.** Отримані дані чітко показали значний позитивний вплив мікробіологічного препарату ЕМ Агро на всі досліджувані показники росту та розвитку кропу. Виявлено значне збільшення показника схожесті насіння у варіантах з застосуванням ЕМ Агро, що забезпечує оптимальну врожайність культур. Рослини, оброблені препаратом, показали більш інтенсивний ріст, який проявлявся у більших значеннях висоти рослин кропу, значному збільшенні середньої маси однієї рослини та площі листової поверхні порівняно з варіантами контролю. Найвища продуктивність рослин кропу і, як наслідок, загальний вихід зеленої маси, зафіксована із застосуванням ЕМ Агро в дозі 5 л/га. Варіанти з шириною міжряддя 15 см показували більш високу врожайність порівняно з шириною в 30 см. Найвищі показники врожайності, що перевищують 20 т/га, були досягнуті у варіанті з внесенням ЕМ Агро 5 л/га та шириною міжряддя 15 см. **Висновки.** Проведені дослідження виявили високу ефективність мікробіологічного препарату ЕМ Агро у підвищенні продуктивності кропу сорту Алігатора в богарних умовах Північного Степу України. Використання препарату сприяє кращому проростанню насіння, посиленню процесів росту, збільшенню біомаси однієї рослини та загального виходу зеленої маси. Оптимальна норма застосування мікробіологічного препарату ЕМ Агро для цих умов становить 4 л/га. Крім того, підтверджується доцільність використання ширини міжрядь 15 см для максимізації врожаю. Результати підкреслюють перспективу інтеграції біологічних препаратів у технології

вищівування зелених культур для забезпечення стійкого та екологічно чистого сільськогосподарського виробництва в умовах зміни клімату та обмежених водних ресурсів.

Ключові слова: кріп, Алігатор, ЕМ Агро, врожайність, богарні умови, ширина міжрядь, зона Північного Степу України.

Kovalov M.M., Shevchenko O.O., Vasylovskaya K.V., Reznichenko V.P. Formation of green mass of dill Aligator variety under the influence of the microbiological preparation of EM Agro in the conditions of the northern steppe of Ukraine

The article explores an important issue of increasing the productivity of the Aligator variety in conditions characteristic of the boogin agriculture of the Northern Steppe zone of Ukraine, in particular in the Kirovograd region. **The objective.** The aim of the work was to study and substantiate optimal agrotechnical techniques, including the use of the microbiological preparation of EM Agro at different doses and variants of row width, to maximize the formation of green mass of culture. The relevance of the work is due to increasing demand for green products, the need to increase the profitability of its production in conditions of limited water resources and the search for environmentally safe methods of crop intensification. **Methods.** The study was conducted in open soil conditions that mimic the boom conditions of the Northern Steppe zone of Ukraine. The experiment had a multifactorial scheme, which included eight options for three repetitions and an area of 1 m² of accounting area. The experiment included control options without the use of fertilizers and variants with the use of microbiological preparation EM Agro at doses of 3, 4 and 5 l/ha. The influence of two row width variants was also studied: 15 cm and 30 cm. During the growing season, regular observations and measuring of key agrobiological indicators were carried out. In particular, the field germination of seeds (%), the height of the plants (cm) at different stages of development, the mass of one plant (G), the area of the leaf surface (cm²) and the yield of green mass (t/ha) were evaluated. **Results.** The data obtained clearly showed a significant positive effect of the microbiological preparation EM Agro on all the studied rates of growth and development of dill. A significant increase in the similar seeds in variants using EM Agro is revealed, which provides optimal crop yield. The plants treated with the preparation showed more intense growth, which was manifested in the higher values of the height of the plants of dill, a significant increase in the average weight of one plant and the area of the leaf surface compared to the options for control. The highest productivity of dill plants and, as a consequence, the total output of green mass is recorded with the use of EM Agro at a dose of 5 l/ha. Options with a row spacing of 15 cm showed a higher yield compared to a width of 30 cm. The highest yield rates exceeding 20 t/ha were achieved in the variant with the introduction of 5 l/ha and the width of the row spacing 15 cm. **Findings.** The studies have revealed high efficiency of the microbiological preparation of EM Agro in increasing the productivity of dill Aligator variety in the booming conditions of the northern steppe of Ukraine. The use of the drug contributes to better seed germination, increased growth processes, increased biomass of one plant and the overall output of green mass. The optimal rate of use of the microbiological preparation EM Agro for these conditions is 4 l/ha. In addition, the expediency of using a row spacing is 15 cm to maximize the crop. The results emphasize the prospect of integration of biological preparations in the technology of growing green crops to ensure a stable and environmentally friendly agricultural production in the conditions of climate change and limited water resources.

Key words: dill, Alligator, EM Agro, yield, boom conditions, rows width, zone of the Northern Steppe of Ukraine.