

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ УРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБНИХ БІОЦЕНОЗІВ

Трохименко Г.Г., Кособуцька О.О., Літвак О.А., Благодатний В.В.
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
пр. Героїв України, 9, 54007, м. Миколаїв
antr@ukr.net, lena52000@ukr.net, olya.litvak@gmail.com, woblaho@ukr.net

У сучасних умовах особливої актуальності набуває проблема подальшого ефективного розвитку землеробства, пошуку альтернативних шляхів підтримання родючості ґрунтів та екологічної безпеки продуктів рослинного походження за умови збереження та збільшення рівня виробництва сільськогосподарської продукції. Метою даного дослідження є порівняльний аналіз впливу різних біопрепаратів на процеси росту та розвитку рослин, а також вивчення їх ефективності в залежності від концентрації та технології обробки культури. У лабораторних умовах було виконано біотестування з визначення фізіологічної дії розчинів біопрепаратів на показники схожості і проростання пагонів насіння тест-культури для визначення фітотоксичного ефекту добрив, які досліджуються. Об'єктами дослідження були розчини біопрепаратів в наступних варіантах: ЕМ-препарат «Байкал ЕМ-1»; ЕМ-препарат «Байкал ЕМ-1»+сироватка молочна; сироватка молочна; біопрепарат «Ефект»; біопрепарат «Ефект»+сироватка молочна; дистильована вода (контроль). Як тест-об'єкт було використано насіння вівса посівного (*Avena sativa* L.). У результаті проведеного експерименту виявлено, що найбільш активна динаміка росту тест-об'єктів відзначалася при обробці сумішшю біопрепарату «Ефект»+сироватка при 10-ти відсотковій концентрації розчину. При цьому найбільша висота паростків вівса склала 191,1 мм на 15-й день експерименту. Максимальні показники зеленої маси тест-об'єктів виявилися при застосуванні біопрепаратів «Ефект» + сироватка при концентрації розчину 5%. Обґрунтовано, що застосування мікробіологічних препаратів у поєднанні з сироваткою має позитивний ефект на ростові процеси рослин та їх якісні показники. Впровадження біотехнологій на основі високоефективних мікроорганізмів дає змогу запропонувати альтернативну стратегію екологічно стійкого землекористування, що базується на заміні мінеральних добрив мікробними препаратами. У зв'язку з цим створення препаратів на основі мікробних біоценозів, здатних зберігати свої основні властивості в конкретних агрокліматичних умовах, є перспективним напрямом і становить значний практичний інтерес. *Ключові слова:* відновлення ґрунту, сільськогосподарські культури, ефективні мікроорганізми, ЕМ-технологія, біотестування, тест-об'єкт, біодобриво.

Analysis of the possibility of increasing crop yields based on the use of microbial biocenoses. Trokhymenko H., Kosobutka O., Litvak O., Blahodatnyi V.

In modern conditions, in today's conditions, the problem of further effective development of agriculture, finding alternative ways of maintaining soil fertility and ecological safety of products of plant origin, under the condition of preserving and increasing the level of agricultural production, is becoming particularly relevant. The purpose of this study is to compare the effect of various biological products on plant growth and development, as well as to study their effectiveness depending on the concentration and technology of crop treatment. In laboratory conditions, biotesting was performed to determine the physiological effect of biological product solutions on germination and shoot germination of test crop seeds to determine the phytotoxic effect of the fertilisers under study. The objects of the study were solutions of biological products in the following variants: EM preparation "Baikal EM-1"; EM preparation "Baikal EM-1"+whey; whey; biological preparation "Efekt"; biological preparation "Efekt"+whey; distilled water (control). The test object was oat seeds (*Avena sativa* L.). As a result of the experiment, it was found that the most active growth dynamics of the test objects was observed when treated with a mixture of the biological product "Efekt"+whey at a 10 per cent solution concentration. The highest height of oat sprouts was 191.1 mm on the 15th day of the experiment. The maximum indicators of green mass of the test objects were found when using biological products "Efekt" +whey at a solution concentration of 5%. It is substantiated that the use of microbiological preparations in combination with whey has a positive effect on plant growth processes and their quality indicators. The introduction of biotechnology based on highly efficient microorganisms makes it possible to offer an alternative strategy for environmentally sustainable land use based on the replacement of mineral fertilizers with microbial preparations. In this regard, the development of drugs based on microbial biocenoses capable of retaining their basic properties in specific agroclimatic conditions is a promising area of practical interest. *Key words:* soil restoration, crops, effective microorganisms, EM technology, biotesting, test object, biofertiliser.

Постановка проблеми. Підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва є одним з пріоритетних завдань агропромислового комплексу. Сучасне сільське господарство характеризується інтенсивним застосуванням хімічних засобів, що неминуче спричиняє цілу низку небажаних наслідків: погіршення властивостей ґрунту, порушення середовища проживання ґрунтових живих

організмів (мікрофлори, черв'яків тощо), накопичення в сільськогосподарській продукції шкідливих для людини та тварин речовин (нітратів, нітритів, залишків пестицидів тощо) [1]. Враховуючи зазначене, постає проблема подальшого ефективного розвитку землеробства, пошуку альтернативних шляхів підтримання родючості ґрунтів та екологічної безпеки продуктів рослинного походження за умови

збереження та збільшення рівня виробництва сільськогосподарської продукції.

Зростаючий рівень антропогенного навантаження у сільському господарстві потребує використання спеціальних технологічних прийомів землеробства, які будуть забезпечувати підвищення урожайності культур, а також сприяти збереженню ресурсного потенціалу агроландшафтів [2]. Світова практика землеробства свідчить, що до таких заходів відносяться раціональне використання природних та господарських ресурсів, розробка наукових основ ресурсозбереження, впровадження ефективних та маловитратних біотехнологій, які спрямовані на забезпечення збалансованого функціонування агроєкосистем.

Актуальність дослідження. Одним з напрямів отримання стабільних врожаїв сільськогосподарських культур є оптимізація живлення рослин та підвищення ефективності використання добрив. Останнім часом у практику сільського господарства широко впроваджують ресурсозберігаючі технології, суть яких полягає в застосуванні бактеріальних препаратів. Як препарати активної дії на рослини та насіння, вони відкривають широке поле їхнього застосування, підвищуючи продуктивність агрофітоценозів і покращуючи якісні характеристики рослинницької продукції за досить низького рівня витрат.

У зв'язку з цим особливою актуальністю набувають технологічні прийоми застосування мікробіологічних препаратів на основі симбіотичних та асоціативних мікроорганізмів та гумусових речовин різного походження у посівах зернових культур. Значний інтерес представляють препарати групи ЕМ (ефективні мікроорганізми). Їх застосування призвело до появи такого напрямку в біотехнології як ЕМ-технологія. ЕМ-препарати являють собою симбіотичні комплекси ретельно підібраних мікроорганізмів, здатних ефективно розпізнавати і протистояти патогенній мікрофлорі [3]. У свою чергу, це призводить до скорочення або виключення використання хімічних засобів захисту рослин – гербіцидів, фунгіцидів, а також мінеральних добрив. У результаті знижується навантаження на ґрунт, зокрема на агрокорисні мікроорганізми, від хімічних засобів. Це також підвищує біологічну активність ґрунту за рахунок збільшення кількості корисної мікрофлори, отже, і ґрунтової родючості.

Створення науково обґрунтованих та економічно вигідних біотехнологій для підвищення родючості ґрунтів і фітосанітарної оптимізації агроєкосистем з використанням популяцій ефективних мікроорганізмів – складне завдання. Ефективність таких технологій практично залежить від кількісного та якісного складу мікробного ценозу, складу ґрунтового комплексу, стійкості рослинного організму, безлічі інших біотичних та абіотичних чинників [4]. Однак, створення достатньою мірою гнучкого методологічного підходу до розв'язання цієї проблеми можливе.

Подібний підхід може бути заснований на комплексному використанні штамів мікроорганізмів або їхніх асоціацій, що мають високу поліфункціональну активність, з різними екологічними характеристиками та ефективністю дії в природних екосистемах.

Основні ефекти від застосування ЕМ-технології: відновлення родючості ґрунту; оздоровлення сільськогосподарських культур; значний економічний ефект при вирощуванні зернових та овочевих культур; стримування розмноження шкідливих мікроорганізмів; економія добрив, скорочення необхідної кількості отрутохімікатів; отримання екологічно чистих продуктів харчування [5].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Попит на сільськогосподарську продукцію, вироблену екологічно чистим способом зростає з кожним роком, тому використання екологічно чистих технологій та матеріалів для виробництва харчових продуктів, матиме значне зростання в найближчі роки. Очікується, що світовий ринок біологічних добрив зросте до 3,9 мільярдів доларів США у 2025 році [6].

Відповідно до прийнятої у 2015 р. державами-членами ООН резолюції «Перетворення нашого світу: порядок денний в сфері сталого розвитку до 2030 року» та адаптованих з урахуванням специфіки розвитку України «Цілей сталого розвитку України на період до 2030 року», другою глобальною ціллю (ЦСР2) є «подолання голоду, досягнення продовольчої безпеки, поліпшення харчування і сприяння сталому розвитку сільського господарства» [7, 8]. Серед основних завдань сформованих в Національній доповіді «Цілі сталого розвитку: Україна» у досягненні ЦСР2 передбачено «забезпечити створення стійких систем виробництва продуктів харчування, що сприяють збереженню екосистем і поступово покращують якість земель та ґрунтів, в першу чергу, за рахунок використання інноваційних технологій» [9].

Інтенсифікація зусиль щодо переходу традиційної моделі розвитку сільськогосподарської галузі на принципи стійкості, екологічної безпеки та використання сучасних біотехнологій буде сприяти забезпеченню продовольчої безпеки та зниженню негативного впливу на довкілля. У зв'язку з цим проблема використання ЕМ-препаратів з метою підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, відтворення якостей ґрунтів та отримання екологічно безпечної продукції є актуальною, має наукове і практичне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченню впливу біологічних препаратів та їхніх післядій на продуктивність сільськогосподарських культур залежно від доз добрив за обробітку на різних ґрунтах і за різних кліматичних умов присвячені дослідження зарубіжних і вітчизняних учених. Численні дослідження, проведені в наукових установах і на виробництві в різних регіонах країни, дово-

дять ефективність і перспективність ЕМ-технології. У роботах таких вчених, як Патица В.П., Волкогон В.В., Мельничук Т.М., Паламарчук І.П., Зеленьяньска Н.М. наведені результати ефективного застосування мікробіологічних препаратів у технології вирощування різних сільськогосподарських культур та аналізу їхнього впливу на природний потенціал родючості ґрунту, показники врожайності та якості вирощеної продукції.

У різних країнах світу за останні 30 років виникли й успішно розвиваються цілі галузі промислового виробництва мікробіологічних препаратів для сільського господарства. Науково-технічні досягнення у галузі виробництва мікробних препаратів характеризуються розширенням їхнього асортименту. ЕМ-препарати дають значний позитивний ефект не тільки в рослинництві, але й у плодівництві, тваринництві, птахівництві, приготуванні кормів, рекультиватії земель [10]. Технології ефективних мікроорганізмів можуть використовуватися при переробці відходів, звалищ, видаленні неприємних запахів на сільгосп підприємствах, а також як метод доочищення виробничих стічних вод [11]. Найбільш популярними ЕМ-препаратами в Україні є «Байкал ЕМ-1», «Сяйво», «ЕМ-бокаші». В останні роки українськими вченими розроблений новий мікробіологічний препарат «Ефект».

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У процесі впровадження ЕМ-технологій ще багато питань залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, визначення оптимальних доз біопрепаратів, способи та терміни їх застосування для різних культур, спільне використання різних препаратів та інші проблеми. Дослідження з цих питань слід продовжувати для більш ефективного та науково обґрунтованого залучення сучасних біотехнологій у виробничі процеси з урахуванням їх позитивних впливів на стан навколишнього середовища і забезпечення продовольчої та екологічної безпеки. Також серед груп мікробіологічних препаратів рідко можна зустріти дані з порівняння їхньої ефективності як біостимуляторів.

Новизна дослідження полягає у порівняльному аналізі впливу різних біопрепаратів на процеси росту та розвитку рослин, а також вивчення їх ефективності в залежності від концентрації та технології обробки культури.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проведено на кафедрі екології та природоохоронних технологій Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова та НДІ екології та енергозбереження НУК. Експерименти супроводжувалися спостереженнями, обліками та аналізами відповідно до загальноприйнятої методики [12, 13, 14].

У лабораторних умовах було виконано біотестування з визначення фізіологічної дії розчинів біопрепаратів на показники схожості і проростання пагонів

насіння тест-культури для визначення фітотоксичного ефекту добрив, які досліджуються.

Методи біотестування базуються на вивченні специфіки зворотної реакції тест-об'єктів на дію низки негативних факторів і дозволяють визначити певний рівень екологічної безпеки. Біотестування як метод біологічного контролю дає можливість встановити ступінь токсичності середовища і повинно відповідати вимогам сучасного біомоніторингу. Тест-об'єкти звичайно обирають серед розмаїття видів, найбільш чутливих до забруднюючих компонентів [15]. Біотестування має за основу такий метод наукового пізнання, як біологічне моделювання. Будь-яка модель є певною мірою специфічною формою відображення дійсності [16, 17].

Об'єктами дослідження були розчини біопрепаратів у таких варіаціях:

1. ЕМ-препарат «Байкал ЕМ-1»;
2. ЕМ-препарат «Байкал ЕМ-1»+сироватка молочна;
3. Сироватка молочна;
4. Біопрепарат «Ефект»
5. Біопрепарат «Ефект»+сироватка молочна.
6. Дистильована вода (контроль).

Вияткова багатофункціональність препарату «Байкал ЕМ-1» полягає в широкому діапазоні дії мікроорганізмів, які входять до їх складу. Біодобриво містить у своєму складі живі клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium var. phosphaticum*, *Azotobacter chroococcum*, *Enterobacter*, *Paenibacillus polymyxa*, іншу корисну мікрофлору (молочнокислі бактерії, продуценти ферментів); вітаміни, фітогормони, амінокислоти та інші фізіологічно-активні речовини [18]. Цей препарат здатний оздоровити кореневмісний шар ґрунту, знижуючи індекс вмісту фітопатогенів, зрушити баланс органомінеральних сполук у бік збагачення доступними формами азоту і фосфору.

Біопрепарат «Ефект» – це новітній експериментальний препарат. Комплекс корисних мікроорганізмів, що входять до складу біопрепарату, мають ріст-стимулюючі та фунгіцидні особливості: *Azotobacter vinelandii* фіксує азот з атмосфери, переводить його в доступну для рослин форму, синтезує ріст-стимулювальні речовини (нікотинова та пантотенова кислоти, біотин, гетероауксин), *Bacillus subtilis* – забезпечує бактеріальний захист рослин від фітопатогенів.

Молочна сироватка – це відходи молокопереробної промисловості. У дослідженні сироватка використовувалася як частина поживного середовища. Застосування молочної сироватки як добрива покращує стан рослин, насичує їх необхідними мікроелементами, дозволяє отримати вищий урожай якісних плодів. Крім цього, кисло-молочний продукт допомагає у боротьбі з грибовими захворюваннями. Внесення сироватки здійснюють кореневим та поза-кореневим способами. Необхідно враховувати, що

сироватка містить молочну кислоту, тому здатна підвищити кислотність ґрунту. Молочна кислота – сильний стерилізатор, вона пригнічує шкідливі мікроорганізми та прискорює розкладання органічної речовини.

Для дослідження було взято 4 концентрації (0,1%, 1%, 5%, 10%) біопрепаратів. Концентрації розчинів були отримані розбавленням необхідної кількості концентрату дистильованою водою й доведення загального об'єму до 100 мл.

Дослідження проводили із насінням вівса посівного (*Avena sativa* L.) в якості тест-об'єкту. Це однорічна трав'яниста рослина, що відноситься до родини Злаки (*Poaceae*). Овес є дуже важливою продовольчою, кормовою і технічною сільськогосподарською культурою, відзначається досить високим потенціалом урожайності зерна, а також досить часто використовується як тест-об'єкт в біотестуванні.

Овес був посіяний в горщики, по 25 насінин у кожен горщик. Ґрунт для зразків – чорнозем південний. Кожен зразок мав відповідне маркування. Експеримент проходив за таких умов:

- середня температура повітря – 20,3 °С;
 - частота поливу: спочатку 1 раз на 7 днів, потім 1 раз на 4 дні;
 - середня вологість повітря – 62%;
 - кількість горщиків – 63 штуки.
- Тривалість спостереження – 15 діб.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Систематичний облік пророщених насінин вівсу дозволяє визначити їх схожість, динаміку росту та показники зеленої маси. Спостереження за тест-об'єктами велось з 2-го дня після посіву, коли почалось проростання насіння. Нижче наведені результати спостережень при різних умовах обробки тест-об'єктів біопрепаратами.

На другий день експерименту перші паростки з'явилися у контрольних зразках (обробка водою). У ході спостережень зразки, які поливалися розчином «Байкал ЕМ-1» зростали на рівні із контрольними зразками, але за сприятливих умов (збіль-

шення сонячного світла та підвищення температури повітря у приміщенні лабораторії, де відбувався експеримент) вони стали однаковими разом із зразками при інших варіантах обробки біопрепаратами. При обробці препаратом «Байкал ЕМ-1» з концентрацією в 10% на 6-й день відбувся стрибок у прирості тест-об'єктів, що свідчить про активізацію розвитку популяції мікроорганізмів. Наприкінці експерименту найбільшої висоти досягали зразки, які були оброблені зазначеним препаратом також з концентрацією в 10% (рис. 1).

При обробці сумішшю препаратів «Байкал ЕМ-1» + сироватка перші паростки з'явилися на 4-й день досліджень. Найбільшого приросту мали рослини при обробці концентрацією даних препаратів в 10% (рис. 2).

При обробці ґрунту сироваткою насіння вівсу проросло на 3-й та 4-й дні. Найбільша кількість перших паростків з'явилась у зразках, які поливалися сироваткою з концентрацією розчину 5% та 10% у порівнянні із контрольними зразками. При цьому тест-об'єкти, що були оброблені 10-ти відсотковим розчином сироватки починаючи з 5-го дня спостереження мали найбільший приріст, порівняно зі зразками обробленими іншою концентрацією даного розчину (рис. 3). Аналогічна ситуація відзначалася і при застосуванні ЕМ-препарату «Ефект» (рис. 4).

Динаміка росту тест-об'єктів при обробці препаратами «Ефект»+сироватка також доводить ефективність саме 10-ти відсоткової концентрації зазначеної суміші (рис. 5).

Аналіз результатів порівняння показників росту паростків вівса при різних варіантах обробки біопрепаратами дає можливість зазначити, що на 6-й день дослідження найбільшої висоти мали зразки оброблені ЕМ-препаратом «Байкал ЕМ-1». Наприкінці експерименту (15 доба) зразки, що були оброблені розчином «Ефект»+сироватка мали найбільше значення росту – 191,1 мм. А зразки, які поливалися «Байкал ЕМ-1» були на рівні зі зразками контролю (рис. 6, рис. 7).

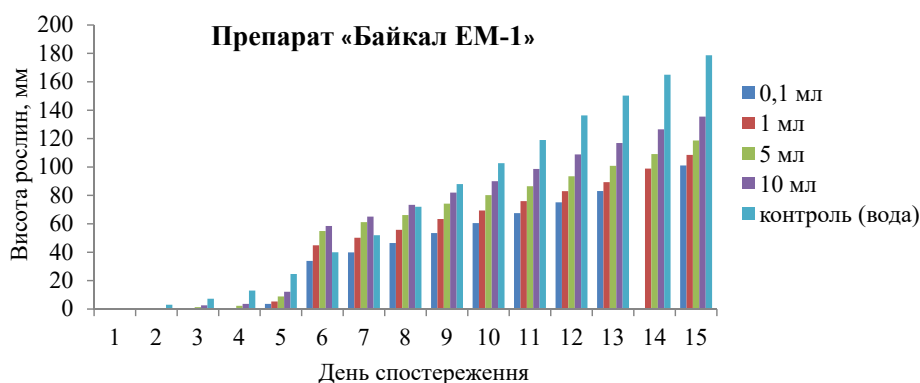


Рис. 1. Динаміка росту тест-об'єктів при обробці препаратом «Байкал ЕМ-1» при різних концентраціях розчину

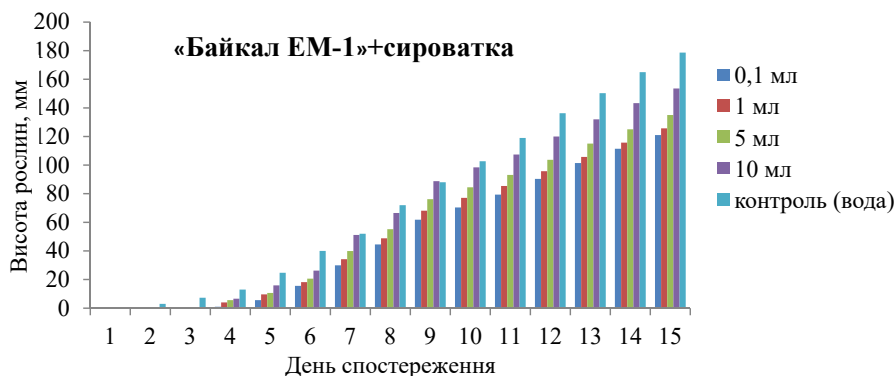


Рис. 2. Динаміка росту тест-об'єктів при обробці сумішшю «Байкал ЕМ-1»+сироватка при різних концентраціях розчину

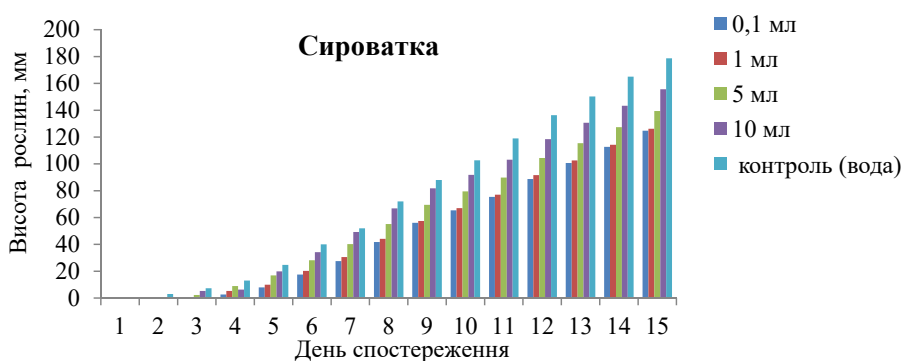


Рис. 3. Динаміка росту тест-об'єктів при обробці сироваткою при різних концентраціях розчину

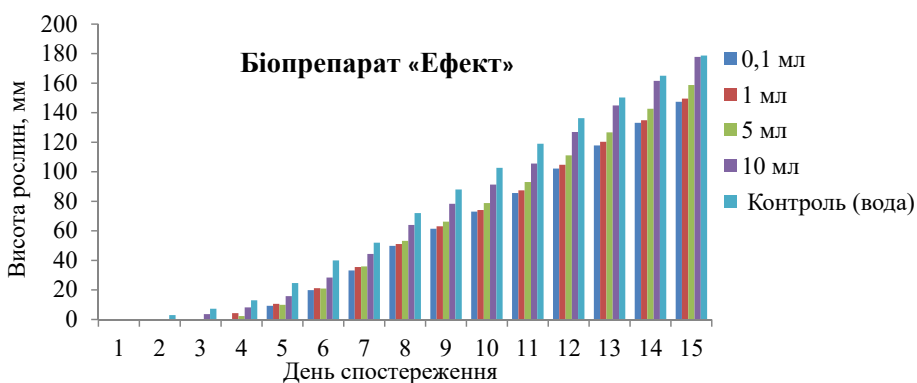


Рис. 4. Динаміка росту тест-об'єктів при обробці препаратом «Ефект» при різних концентраціях розчину

На наступному етапі дослідження проводилося визначення показників зеленої маси тест-об'єктів. Для цього кожен зразок брали та на відстані приблизно 2 см від землі зрізали. Вимірювання проводились в лабораторних умовах за допомогою електронних ваг. Графіки врожайності тест-об'єктів вказані на рис. 8–12. При різних варіантах обробки біопрепаратами виявлено такі результати:

– «Байкал ЕМ-1»: максимальне значення зеленої маси мають зразки після обробки розчином

10%, мінімальна маса – при обробці розчином 0,1% і 1%;

– «Байкал ЕМ-1»+сироватка: максимальне значення зеленої маси – після обробки розчином 1%, мінімальна маса – при обробці розчином 10%;

– сироватка: максимальне значення зеленої маси – після обробки розчином 5%, мінімальна маса – при обробці розчином 0,1%;

– біопрепарат «Ефект»: максимальне значення зеленої маси – після обробки розчи-

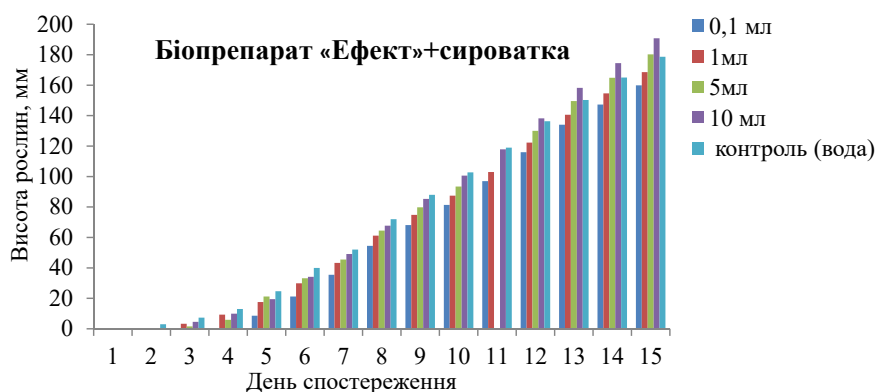


Рис. 5. Динаміка росту тест-об'єктів при обробці препаратами «Ефект» + сироватка при різних концентраціях розчину

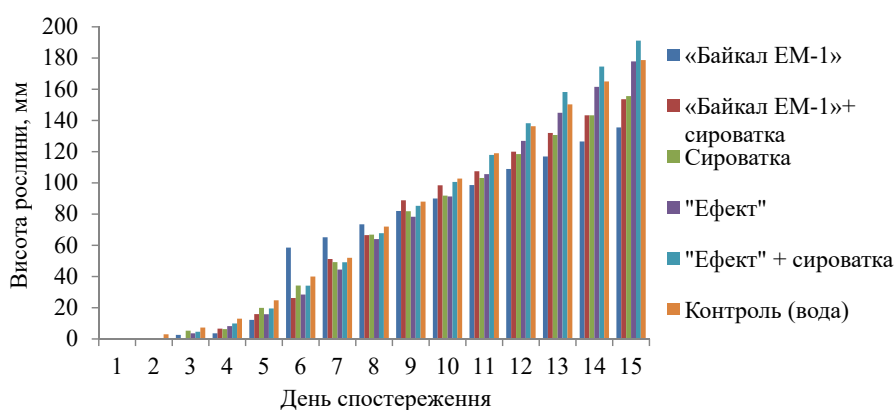


Рис. 6. Порівняльна характеристика росту тест-об'єктів



Рис. 7. Стан паростків вівса у кінці проведеного дослідження

ном 10%, мінімальна маса – при обробці розчином 0,1%;

– біопрепарат «Ефект»+сироватка: максимальне значення зеленої маси – після обробки розчином 5%, мінімальна маса – при обробці розчином 10%.

Для порівняння результатів зважування по кожному варіанту обробки біопрепаратами було взято максимальні показники маси, які були відмічені при концентрації розчинів в 10%. Порівняльний графік маси рослин вказаний на рис. 13.

Аналіз результатів зважування показує, що вплив ЕМ-препарату «Байкал ЕМ-1» на врожай-

ність тест-об'єктів майже збігався із контрольними зразками. Найменше значення зеленої маси мали зразки, оброблені розчином ЕМ-препарат «Байкал ЕМ-1»+сироватка. Найбільший вплив на показники врожайності мав розчин «Ефект»+сироватка.

Головні висновки. Дослідження з та порівняльний аналіз оцінки впливу розчинів біопрепаратів на показники схожості, динаміки росту та зеленої маси вівса посівного дозволило зробити наступні висновки:

– найбільш активна динаміка росту тест-об'єктів відзначалася при обробці сумішшю біопрепарату

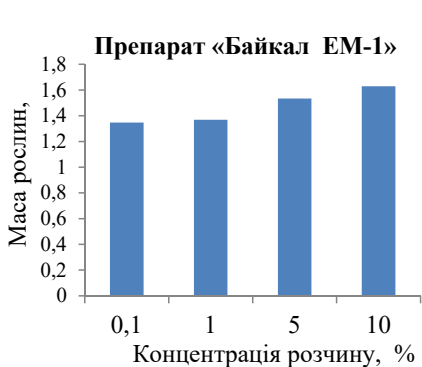


Рис. 8. Маса рослин після обробки препаратом «Байкал ЕМ-1»

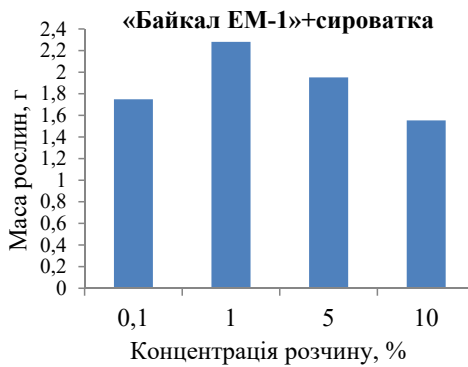


Рис. 9. Маса рослин після обробки препаратами «Байкал ЕМ-1» + сироватка

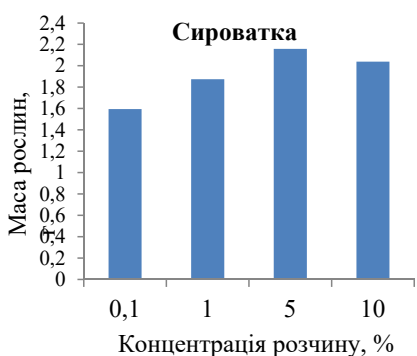


Рис. 10. Маса рослин після обробки сироваткою

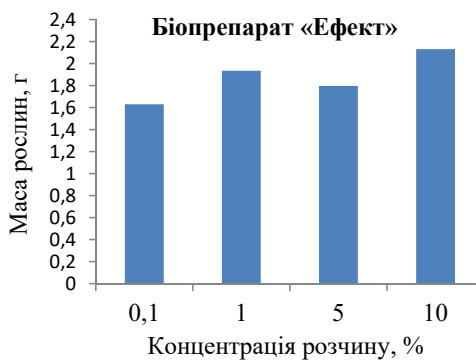


Рис. 11. Маса рослин після обробки біопрепаратом «Ефект»

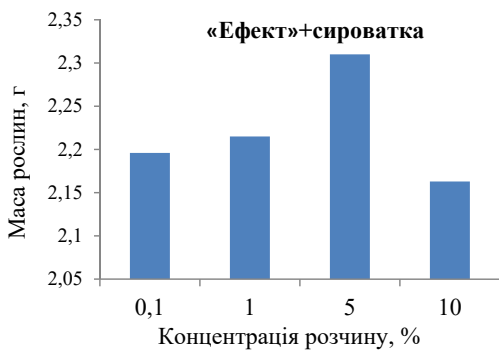


Рис. 12. Маса рослин після обробки біопрепарат «Ефект»+сироватка

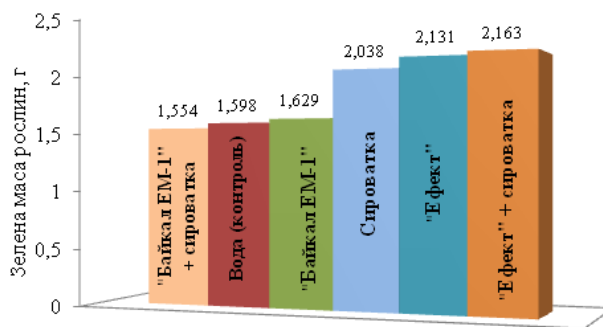


Рис. 13. Порівняння маси рослин при різних варіантах обробки біопрепаратами

«Ефект»+сироватка при 10-ти відсотковій концентрації розчину. При цьому найбільша висота паростків вівса склала 191,1 мм на 15-й день експерименту; – максимальні показники зеленої маси тест-об'єктів виявилися при застосуванні біопрепаратів «Ефект» + сироватка при концентрації розчину 5%.

Отже застосування мікробіологічних препаратів у поєднанні з сироваткою має позитивний ефект на ростові процеси рослин та їх якісні показники. Застосування біотехнологій на основі вискоєфективних мікроорганізмів дає змогу запропонувати

альтернативну стратегію екологічно стійкого землекористування, що базується на заміні мінеральних добрив мікробними препаратами. У зв'язку з цим створення препаратів на основі мікробних біоценозів, здатних зберігати свої основні властивості у конкретних агрокліматичних умовах, є перспективним напрямом і становить значний практичний інтерес. Передбачено проведення натурного експерименту в польових умовах для визначення ефективності досліджуваних препаратів з урахуванням впливу екологічних чинників навколишнього середовища.

Література

1. Чудовська В. А. Органічне землеробство в умовах сталого розвитку сільських територій. *Науковий вісник НУБіП України*. 2011. № 163. С. 313–317.
2. Food and agriculture in the 2030. Driving action across the 2030 Agenda for Sustainable Development. Food and Agriculture Organization (FAO), 2017. 40 p.
3. Higa T., Parr J.F. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. Atami, Japan : International Nature Farming Research Center, 1994. Т. 1.
4. Roy A. Biofertilizers for Agricultural Sustainability: Current Status and Future Challenges. *Current Trends in Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture*. Springer Singapore, 2021, P. 525–553.
5. Grover M., Ali Sk. Z., Sandhya V., Rasul A., Venkateswarlu B. et al. Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stresses. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2011. Vol. 27. № 5. P. 1231–1240.
6. Kumar S., Diksha, Sindhu S.S, Kumar R. Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*. 2022. Vol. 3. 100094.
7. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. United Nations. 35 p.
8. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. Указ Президента України № 722/2019 від 30.09.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>.
9. Цілі сталого розвитку: Україна. Національна доповідь. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 176 с.
10. Зеленянська Н.М., Бах Н.К. Вплив ЕМ-препаратів на розвиток кореневої системи щеплених саджанців винограду. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 102. С. 26–33.
11. Трохименко Г.Г., Магась Н.І., Ахмедова В.Р. Застосування ЕМ-препаратів як одного з можливих методів доочищення стічних вод підприємства пивоваріння від нітратів. *Екологічні науки*. 2018. № 1(20). Том. 1. С. 66–70.
12. Сучасні технології відтворення родючості ґрунтів та підвищення продуктивності агросистем : за ред. Ю. О. Тараріко. Київ : Аграрна наука, 2004. 126 с.
13. Рижука С.М., Медведєва В.В. Технологія відтворення родючості ґрунтів у сучасних умовах : під ред. Київ : 2003. 213 с.
14. Чухрій Ю.П. Біоіндикація. Біотестування. Біомоніторинг. Одеса : ОНАХТ, 2014. 41 с.
15. Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фіто моніторинг. Екологія рослин. Київ : 2006. 404 с.
16. Дідух Я.П. Основи біоіндикації. Київ : Наукова думка, 2012. 312 с.
17. Губачов О.І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. *Нові технології. Науковий вісник КВЕІТУ*. 2010. № 3 (29). С. 164–171.
18. Біологічні препарати. URL: <https://biochem-service.com.ua/bacteriyi/biopreparaty/>.