

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**МКР. 366 «С» 2023.03.13.002 ПЗ**

**ЖУК ЛІЛІ МИХАЙЛІВНИ**

**2023 р.**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ФАКУЛЬТЕТ АГРОБІОЛОГІЧНИЙ

УДК 631.544.4:631.8:635

<b>ПОГОДЖЕНО</b> Декан агробіологічного факультету доц. О.Л. Тонха «__» _____ 2023 р.	<b>ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ</b> Завідувач кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів проф. В.О. Забалуєв «__» _____ 2023 р.
--	---

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
на тему: «Формування продуктивності гороху за застосування  
біостимуляторів»

Спеціальність \_\_\_\_\_ 201 «Агрномія»  
Освітня програма «Агрохімія і ґрунтознавство»  
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми  
доктор с.-г. наук, професор \_\_\_\_\_ В.О. Забалуєв  
Керівник магістерської кваліфікаційної роботи  
доктор с.-г. наук, професор \_\_\_\_\_ О.Л. Тонха

Виконала \_\_\_\_\_ Л.М. Жук

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ґрунтознавства та охорони  
ґрунтів ім. проф. М.К. Шикули

д.с.-г. н., проф. \_\_\_\_\_ В.О. Забалуєв

НУБІП України

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТЦІ

НУБІП України

Жук Лілі Михайлівні

Спеціальність

201 «Агронія»

Освітня програма

«Агрохімія і ґрунтознавство»

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

НУБІП України

Тема магістерської роботи «Формування продуктивності ґорсху за  
застосування біостимуляторів» затверджена наказом ректора НУБІП України

від .....

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10.10.2023 р.

НУБІП України

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

Ґрунт – чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий,  
грубопилуватий на лесі. Вміст гумусу в орному шарі за Тюрнім становить

3,56%, ємність поглинання – 31,1-32,3 мг-екв на 100 г ґрунту, рН водний –

НУБІП України

6,5. До складу мінеральної твердої фази ґрунту входить 37% фізичної глини,

63% піску. Щільність ґрунту в рівноважному стані 1,17-1,24 г/см<sup>3</sup>, вологість

стійкого в'янення – 11%. Вміст в ґрунті рухомого фосфору – 12,8 мг/100 г

ґрунту (за Чиріковим) та обмінного калію – 14,5 мг/100 г ґрунту (за

Мачигінім).

НУБІП України

Сорт гороху Оркестра, вусатого тину, біостимулятори – біочар,  
вермікомпост, рісний підролзонт.

Перелік питань, що підлягають вивченню:

1. Проаналізувати досягнення вітчизняних та закордонних вчених у дослідженні впливу біостимуляторів на посівах гороху;

2. Проаналізувати вплив різних біостимуляторів та підібрати найоптимальніші форми;

3. Встановити вплив досліджуваних факторів на продукційні процеси протягом вегетації в контексті формування сухої та сирої біомаси посівів, їх складових.

4. Визначити особливості формування урожайності та елементів структури врожаю посівів гороху за застосування різних біостимуляторів;

5. Оцінити економічну ефективність від використання кожного біостимулятора.

Дата видачі завдання 28.10.2022 р.

Керівник магістерської роботи

О.Л. Тонха

Завдання прийняла до виконання

Л.М. Жук

## РЕФЕРАТ

Тема магістерської роботи . «Формування продуктивності гороху за застосування біостимуляторів».

Дипломна робота займає 54 сторінки друкованого тексту і складається зі вступу, трьох розділів, 13 таблиць, 8 рисунків, висновків, рекомендацій виробництву та списку використаної літератури, який охоплює 117 найменувань.

В першому розділі описано дані біостимулятори (біочар, вермікомпост, рибний гідролізат) та дослідження вітчизняних та закордонних вчених про їх вплив на врожайність гороху та ґрунту.

В другому розділі охарактеризовано умови проведення польових досліджень.

В третьому розділі проаналізовано динаміку результатів досліджень, формування біомаси рослини протягом вегетації залежно від виробничої системи та видового складу за обробки біостимулянтами, зміна показників ґрунту, а також показано економічну ефективність від впровадження досліджуваних елементів технології вирощування.

Робота завершується висновками та рекомендаціями виробництву.

РИБНИЙ ГІДРОЛІЗАТ, БІОМАСА, БІОЧАР, ВЕРМИКОПОСТ,  
ПРОДУКТИВНІСТЬ, УРОЖАЙНІСТЬ

Зміст

Вступ.....	
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ВПЛИВ БІОСТИМУЛЯТОРІВ (БІОЧАР, ВЕРМИКОМПОСТ, РИБНИЙ ГІДРОЛІЗАТ ) НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	10
1.1 Вплив біостимуляторів на родючість ґрунту .....	10
1.2 Вплив біостимуляторів на урожайність.....	22
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
2.1. Методика та схема дослідів .....	25
2.2. Погодно-кліматичні умови.....	26
2.3 Ґрунтові умови проведення дослідів.....	27
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
§.1 Зміна активної кислотності ґрунту .....	30
3.2 Зміна вмісту мінерального азоту, рухомого фосфору та обмінного калію за застосування різних біостимуляторів на посівах гороху.....	31
3.3 Зміна біомаси на різних етапах вирощування гороху за застосування біостимуляторів.....	34
§.4 Урожайність та економічна ефективність застосування біостимуляторів за вирощування гороху.....	40
ВИСНОВКИ.....	43
РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ.....	45
Список використаної літератури.....	46

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

## Вступ

**Актуальність теми.** Одним із напрямів екологізації землеробства є раціональне застосування зернобобових культур в сівозміні. Урожайність

яких і реалізація генетичного потенціалу визначається якістю посівного матеріалу, живленням, ґрунтово-кліматичними умовами, наявністю хвороб та

шкідників, агротехнікою. Рослини потребують правильного живлення, включаючи макро- і мікроелементи, для здорового росту і розвитку.

Недостатнє або надмірне живлення може призвести до дефіциту врожаю або до забруднення навколишнього середовища. Ґрунтово-кліматичні умови:

Властивості ґрунту та кліматичні умови в регіоні мають велике значення для вирощування культур. Деякі рослини потребують певних ґрунтових умов і

погодних умов для оптимального росту. Для забезпечення успішного вирощування сільськогосподарських культур, фермери і агрономи повинні

враховувати ці чинники та вживати відповідні заходи для їх контролю і покращення. Це може включати вибір відповідного сорту, внесення

необхідних добрив, вживання заходів щодо захисту рослин від хвороб і шкідників, а також дотримання правильних агротехнічних рекомендацій для

конкретних культур і регіонів [Камінський та ін., 2004].

В Україні горох є найпоширенішою культурою, він здатний формувати досить високі і стабільні врожаї зерна, порівняно з іншими зернобобовими

культурами [Січкара, 2020]. У світі під посіви зернобобових культур віднесено близько 160 млн. га. Найбільші посівні площі гороху зосереджені у

Європі, сої – в Америці та Азії, люпину – Океанії, нуту – Азії [Бахмат, 2012].

Удосконалення ефективності сортових технологічних прийомів вирощування зернобобових культур (гороху, сої, нуту, квасолі, люпину) та їх вплив на

родючість ґрунту, його фізико-хімічний склад і отримання високих врожаїв із використанням добрив мікробіологічного та стимулюючого характеру

дозволені до використання у безпечних органічних технологіях вирощування на думку Телекало, 2019 мають важливе наукове та стратегічне

значення [Телекало, 2019].

Потреба в екологічній стійкості при одночасному збільшенні кількості, якості та швидкості переробки відходів для отримання високоцінних екологічно чистих добрив є дуже затребуваною. Вермікомпостування, біочар та ін. є хорошою технологією для валоризації промислових, побутових, міських і сільськогосподарських відходів.

Активне використання засобів захисту рослин, мінеральних добрив спричиняє деградацію ґрунтів, зниження кількості різних груп ґрунтових бактерій та їх фізіологічної активності, і як наслідок, порушення структури агроценозів. Одним із заходів підвищення стійкості рослин є застосування

регуляторів росту та біостимуляторів, які екологічно безпечні, інтенсифікують фізіологічні процеси в рослинах. Їх використання позитивно впливає на стан мікробного угруповання ґрунтів, дає змогу зменшити вплив стресових чинників, реалізувати генетичні програми, збільшити урожай [Catroux та ін., 2001].

Отже дослідження з оцінки продуктивності гороху посівного (*P. Sativum* L.) за використання біостимуляторів, показників родючості ґрунту мають велике значення в агроекологічних практиках.

**Зв'язок роботи з науковими програмами.** Робота виконувалась за підтримки Horizon Europe Framework Programme (HORIZON) under the grant agreement No101079308 conducted as part of the ECOTWINS (Research Capacity Building and Upskilling and Upgrading the Research Team in NUBiP (Ukraine) on Agroecological Intensification for Crop Production) project.

**Мета дослідження** полягає у встановленні впливу біостимуляторів на ріст, продуктивність та урожайність гороху та показників родючості ґрунту.

Щоб досягти поставленої мети досліджень було вирішено наступні завдання:

1. Проаналізувано досягнення вітчизняних та закордонних вчених у дослідженні впливу біостимуляторів на посівах гороху;
2. Проаналізувано вплив різних біостимуляторів та підібрати найоптимальніші форми;

3. Встановлено вплив досліджуваних факторів на продукційні процеси протягом вегетації в контексті формування сухої та сирої біомаси посівів, їх складових.

4. Визначено особливості формування урожайності та елементів структури врожаю посівів гороху за застосування різних біостимуляторів;

5. Оцінено економічну ефективність від використання кожного біостимулятора.

**Об'єкт дослідження:** сорт гороху Оркестра, біостимулятори – біочар, вермікомпост, рибний гідролізат, елементи структури врожаю, урожайність, економічна ефективність.

зміна якісних та кількісних показників гороху на різних етапах розвитку (30, 60 доба та збір врожаю) та формування врожаю під впливом біостимулятора та зміни показників родючості ґрунту.

використовувались агальнонаукові методи: аналіз, синтез; спеціальні методи: польовий, лабораторний; статистичні методи: дисперсійний, факторний аналіз, порівняльно-розрахунковий, математичного моделювання тощо. Дані магістерської роботи отримані в польовому досліді проекту Horizon Europe

“ECOTWINS”. Лабораторні методи використовувалися для визначення показників структури врожаю.

**Цінність отриманих результатів** полягає в уточненні впливу різних біостимуляторів на урожайність гороху за вирощування в однакових умовах та вплив погодних умов.

# РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ВПЛИВ БІОСТИМУЛЯТОРІВ (БІОЧАР, ВЕРМИКОМПОСТ, РИБНИЙ ГІДРОЛІЗАТ) НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

## 1.1. Вплив біостимуляторів на родючість ґрунту

В наш час неможливо уявити вирощування с.-г. культур без застосування агрохімікатів. Лише до 10% від загальної площі земель в Україні до війни використовували позитивні для ґрунту агроекологічні практики. Однак надмірне використання хімічних добрив призводить до токсичності ґрунту та забруднення ґрунтових та поверхневих вод. При цьому накопичення хімічних елементів становить загрозу навколишньому середовищу, а отже і здоров'ю людини. Такі темпи забруднення можуть становити ще більшу небезпеку у майбутньому на фоні глобального потепління, коли кількість опадів значно скоротиться, а випаровування буде високим [Körschens та ін., 2013]

Накопичено багато матеріалу, що доводить позитивні результати застосування бактеріальних препаратів у технології вирощування культур через передпосівне інокулювання насіння штамми асоціативних бактерій роду *Azotobacter*, здатних стимулювати ростові процеси, поліпшувати їх мінеральне живлення [Kolesnikov та Paschenko, 2017] та захищати від ряду інфекцій і підвищувати стійкість до несприятливих умов, а також підвищувати мікробіологічну активність ґрунту [16, 17]. За даними Singh та Gupta, 2018 застосування рістрегуляторів на посівах гороху, сої, квасолі, ячменю і злакових кормових трав сприяє значному підвищенню активності симбіотичної та асоціативної азотфіксації [17].

Дослідженнями Kolesnikov та Paschenko, 2017 встановлено, що мікробіологічні біостимулятори Стимпо та Регоплант виявляли біозахисні властивості, посилювали ростові процеси, активували утворення бобово-ризобіального симбіозу сої [10]. Під час застосування біостимуляторів зростала польова схожість озимих та ярих злакових культур, посилювалися процеси дихання, живлення та фотосинтезу, зростало нагромадження

хлорофілу в листках, що сприяло формуванню вищої стійкості рослин до хвороб та підвищенню врожайності [10]. Біостимулятори Стимпо та Рехоплант покращували функціонування фотосинтетичного апарату гороху, що збільшило біологічну врожайність посівів на 24 та 30 % відповідно [10].

Основною бобовою культурою в Україні є горох (*Pisum sativum* L.), який має велике харчове значення, значні посівні площі з яких знаходяться в степовій напівпосушливій зоні. Горох дуже вимоглива культура і часто не усвідомлює свого генетичного потенціалу продуктивності через недоступне середовище умов (Камінський, 2000). Подібні умови змінюють процеси фотосинтезу,

води і мінеральний стан, гальмують розвиток і ріст рослин. Один із способів оздоровлення рослини резистентності – використання природних регуляторів росту. На думку деяких авторів, зростання обробка регуляторів сприяла значному підвищенню активності симбіотичної азотфіксації та об'єднання.

Доведено ефективність використання біостимуляторів Рехоплант, Стимпо під час пшениці, вирощування ячменю, люцерни, сої (Пономаренко, 2010).

Натомість ці методи не завжди актуальні чи можливі у всіх умовах. Тому є необхідність у пошуках інших технологій в боротьбі з деградацією та відтворенням родючості.

В 21 столітті, коли населення світу вже перебільшує 8 млрд і продовжує стрімко рости, безумовно головною метою є забезпечення населення продовольством. Але водночас збільшується і площа земель непридатних для вирощування сільськогосподарської продукції. Таким чином, великі площі ріллі поступово піддаються деградації від ерозійних процесів. Тому деградація ґрунту стала вже глобальною екологічною проблемою, яка може вчинити продовольчу кризу. А отже, відновлення стану ґрунту є пріоритетною метою сталого сільського господарства.

І одним з рішень цієї проблеми стали біостимулятори. Вони являють собою продукти, що складаються з мікроорганізмів або речовин, які стимулюють метаболізм рослин, підвищують врожайність і стійкість рослин до біотичних і абіотичних стресів. Вони стали хорошою альтернативою

скорочення використання хімічних речовин без втрати врожайності та якості продукції. Саме їхня екологічність надає їм такий попит [Grammenou *et al.*, 2023]. Біовугілля, біогумус, гумінові речовини, екстракти морських водоростей, гідролізовані білки та амінокислоти, рослинні екстракти, неорганічні сполуки, корисні мікроорганізми є основними категоріями біостимуляторів. Вони мають вплив на взаємодію між ґрунтом та рослиною за допомогою різних механізмів, таких як посилення поглинання поживних речовин, стимуляція росту коренів, антиоксидантна активність і поліпшення структури ґрунту [Pylak та ін., 2019].

Директива Ради ЄС від 12 грудня 1991 року, на фоні забруднень ґрунтів та вод нітратами, закликала до значного зменшення використання азотовмісних добрив. Як наслідок, почався розвиток органічного землеробства, з використанням натуральних препаратів, які покращують ріст і розвиток рослин і не створюють багатьох екологічних ризиків. І як альтернативу добривам почали використовувати біостимулятори [Grammenou *et al.*, 2023].

Біостимулятори – це продукти, що можуть впливати на метаболічні та ферментативні процеси рослин, покращуючи продуктивність і якість врожаю. Вони також можуть допомагати рослинам боротися зі стресовими умовами навколишнього середовища, такими як посуха, абіотичний стрес і холод [Drobek та ін., 2019]. Біостимулятори є продуктами, які стимулюють процеси живлення рослин незалежно від вмісту поживних речовин у самому продукті, оскільки метою є покращення використання поживних речовин рослинами чи ризосферою рослин саме з ґрунту. Біостимуляторами можуть бути будь-які суміші речовин, які органічні за своєю природою і можуть покращити умови врожаю, не викликаючи небажаних побічних ефектів. Біостимуляторами можна назвати різні ферменти, білки, амінокислоти та природні стимулятори, такі як фенольні сполуки, фульвокислоти та білкові гідролізати. Також туди відносяться певні види

грибів (*Trichoderma reesei*) та бактерій (*Rhodococcus spp.*, *Enterobacter spp.*) [Xu та ін., 2018].

Важливо ще раз наголосити, що біостимулятори не є добривами, оскільки вони не забезпечують поживними речовинами саме рослини, але вони можуть сприяти отриманню поживних речовин, підтримуючи метаболічні процеси в ґрунті та рослинах. Біостимулятори можуть бути як рослинного, так і тваринного походження. Серед джерел біостимуляторів тваринного походження популярними є гідролізати харчових побічних продуктів, таких як рибні відходи [Chalamaiah та ін., 2012]. Зазвичай їх отримують за допомогою методів лужного або хімічного гідролізу. Хімічні добрива завдають шкоди навколишньому середовищу, тому в перспективі заміна їх на природні біостимулятори.

Біостимулятори були розроблені з харчових відходів, компостів, гною, біогумусу, відходів аквакультури [Yakhin та ін., 2017]. Побічні продукти переробки тварин зазвичай перетворюють на білкові гідролізати за допомогою хімічного або ферментативного гідролізу для використання в якості біостимуляторів. Одним з таких прикладів є білковий гідролізат на основі курячого пір'я [Chalamaiah та ін., 2012]. Гідролізати рибного білка, які отримують з риб'ячої шкіри, голів, нутрощів, кісток та інших побічних продуктів також використовують як біостимулятори [Chalamaiah та ін., 2012]. Методи ідентифікації біостимуляторів, отриманих з риби та побічних продуктів тваринного походження, включають аналіз амінокислот.

Варто зазначити про негативний вплив добрив на мікробіологічну складову ґрунту [Singh та ін., 2018]. Тим більше, надмірне внесення добрив сприяє зменшенню органічної речовини в ґрунті та його родючості [John та ін., 2020], впливає на різноманітність ґрунтової мікробіоти [5,6], має вплив на цикл азоту та популяції бактерій [7], а також знижує рН ґрунту, що призводить до зниження чисельності бактеріальних спільнот [8].

З метою запобігання цих проблем і як наслідок знищення ґрунтового потенціалу, останні десятиліття Європейський Союз розробляє все жорсткіші правила щодо граничних норм внесення хімічних добрив.

Дослідженнями Joseph та ін., 2021 було встановлено, що використання такого біостимулятора, як біочар, підвищує доступність фосфору у 4,6 разів.

Іншими позитивними результатами було зниження концентрації металів у тканинах рослин на 17-39%, нарощування органічного вуглецю в ґрунті на 3,8% та зменшення викидів парникового газу, крім CO<sub>2</sub>, з ґрунту на 12-50%.

Таким чином використання природних біостимуляторів покращують характеристики ґрунту та доступність поживних речовин для рослин культур і тим самим дозволяє значно зменшити використання хімічних добрив, які в свою чергу при інтенсивному застосуванні спричиняють серйозні проблеми зі здоров'ям ґрунту [26].

У своїх дослідках Rose та ін., 2014 зробили висновок про загальне збільшення сухої маси на 22 % для пагонів і на 21 % для коренів. Таким чином біостимулятори були визначені як матеріали, які в невеликих кількостях сприяють росту рослин [34]. Природні біостимулятори сприяють

захисту навколишнього середовища та є економічно ефективною альтернативою синтетичним продуктам, таким як добрива, засоби захисту рослин і регулятори росту рослин [99]. Ці продукти можуть покращувати хімічні та біологічні властивості ґрунту, стимулювати ріст рослин і зберігати родючість ґрунту [Joseph та ін., 2021]. Біостимулятори також збільшують

біомасу коренів і активність ґрунтових ферментів [Schmidt та ін., 2003]. Існує багато груп і форм біостимуляторів, включаючи ферменти, білки, амінокислоти, мікроелементи та інші сполуки. Феноли, салцилова кислота, гумінові та фульвокислоти та протеїнові гідролази також підпадають під це визначення [Drobek та ін., 2019].

Крім того, гриби та бактерії також є важливою групою рослинних біостимуляторів, які можуть змінювати популяції ґрунтових мікроорганізмів [102]. У цьому контексті деякі автори [Drobek та ін., 2019] стверджують, що

пребіотики — це природні продукти, зокрема осад стічних вод, компост, перегній, гній тварин, які покращують біохімічну активність ґрунту та мікробну популяцію. Подібним чином застосування пребіотиків у ґрунтах може покращити ріст культур шляхом виробництва біологічно активних речовин, таких як гормони та ферменти, боротьби з хворобами ґрунту [102].

Значення мікроорганізмів як біостимулянтів у своїх дослідженнях продемонстрували Colla та ін., 2015, коли в тепличних умовах було отримані результати згідно яких прироста у сухій масі пагонів становила 167%, 56%, 115%, 68% і 58% відповідно у салату, дині, перцю, помідорів та кабачків порівняно з контролем. В умовах відкритого ґрунту маса пагонів та коренів зросла на 61% та 57%. Для кабачків ранній і загальний результат збільшився на 59% і 15% відповідно. Було встановлено, що це збільшення ваги коренів і пагонів було пов'язане з підвищенням поглинання поживних речовин [52].

Біостимулятор у складі фульвокислот також покращив властивості ґрунту та ріст рослин. У досліджах S Yousfi та ін., 2021 використанням фульвокислот, вміст органічної речовини збільшився у 4 рази на піщаних та у 2 рази на супіщаних ґрунтах, мікробна активність збільшилась у 3 та 2 рази відповідно. В тому ж досліді були зафіксовані хороші результати у рості коренів — на 32 і 43 % порівняно з контролем. Подібним чином додавання фульвокислот до ґрунтів може мати важливі наслідки для фізичних, хімічних, і біологічних характеристик ґрунту [109, 110]. Гумінові та фульвокислоти містять поживні катіони, такі як калій, кальцій і магній, у формі, яка легко засвоюється рослинами [Yousfi та ін., 2021]. В останні роки біостимулятори стали корисним підходом до оздоровлення ґрунту та захисту навколишнього середовища. Кілька досліджень перевіряють вплив біостимуляторів на склад і властивості ґрунту, а також на ріст рослин. Проведено оцінку використання біостимуляторів для відновлення ґрунту [113]. Крім того, інші дослідження показали, що біостимулятори можуть підвищувати активність ризосферних мікробів і ґрунтових ферментів, а також виробництво регуляторів росту ґрунту [S Yousfi та ін., 2021].

Біостимулятори можуть стимулювати розпад і мінералізацію органічної речовини ґрунту, дозволяючи покращити доступність ґрунтового азоту [Chen та ін., 2002]. Біостимулятори допомагають рослинам переносити

біотичні та абіотичні стреси, підвищують ефективність використання поживних речовин і виявляють сприятливий вплив на властивості ґрунту,

такі як рН, електропровідність ґрунту (ЕС) і вміст азоту в ґрунті [Dick та ін., 1988]. Крім того, агротехнічні обробки ґрунту сильно впливають на ферментативну активність порівняно з іншими біохімічними параметрами

ґрунту [118]. Активність ґрунтових ферментів визначається як потенційні індикатори якості ґрунту через їх зв'язок із біологією ґрунту та циклами

поживних речовин у ґрунті [Nardi та ін., 2009]. Каталаза та дегідрогеназа є одними з найвідоміших ферментів, пов'язаних із біологічними

характеристиками та родючістю ґрунту. фермент каталаза визначається важливим індикатором родючості ґрунту та аеробних мікроорганізмів [50].

Крім того, активність ферменту фосфатази ґрунту каталізує гідроліз органічних сполук фосфору та перетворює їх у неорганічну форму фосфору, яка засвоюється рослинами та мікроорганізмами [Lemanowicz та ін., 2018].

З іншого боку, кілька досліджень показали важливість використання біостимуляторів для росту коренів. Біостимулятори можуть покращувати

характеристики вегетативного росту пагонів і коренів, включаючи довжину та суху вагу. Так у дослідженнях Schmidt та ін., 2003 було встановлено, що за

використання біостимулянтів і залежно від їх комбінації, можна отримати прибавку у масі коренів від 17 до 166%.

Дослідження Malik та ін., 1985 також показали, що додавання біостимуляторів до рослин змінює морфологію коренів рослин, а

біостимулятори сприяють кращому засвоєнню поживних речовин через збільшення площі поглинаючої поверхні [54]. Біостимулюючі продукти

можуть бути введені в листя культур, насіння або ґрунт як засіб стимулювання росту коренів [Zandonadi та ін., 2010].

За рахунок можливості використання органічних відходів від сільськогосподарської діяльності для переробки в біостимулятори, ми отримуємо своєрідний кругообіг продукції. Таке рішення позитивно впливає не лише на ґрунт за рахунок органічності продукту, а й в цілому може врятувати екологію від надлишку відходів.

**Біочар (Biochar)**, або ще як називають біовугілля являє собою багатий на вуглець порошкоподібний продукт, що залишається після піролізу деревини. Виготовляється шляхом так званого термічного розкладання, у закритих контейнерах при мінімальному доступі кисню або ж взагалі без нього, і за відносно низьких температур (<700°C). Головою метою виробництва є подальше застосування для поліпшення ґрунту [11].

Не дивлячись на свою простоту, біочар має велику кількість позитивних якостей, в тому числі безпосередньо на ґрунт. Він має ефект «активованого вугілля», адсорбуючи з ґрунту надлишкові речовини, які уповільнюють розвиток кореневої системи. За рахунок своєї пористості забезпечує затримання поживних речовин і вологи в ґрунті, циркуляцію повітря в ґрунті, а також транспортні шляхи для мікоризи. Окрім цього може покращувати властивості малородючих ґрунтів, нейтралізує підвищену кислотність і має антибактеріальні властивості, що допомагає боротися з деякими видами шкідників (немаєодів, дотяжок) і запобігати гнійним процесам [12]. Окрім цього підвищує ємність катіонного обміну ґрунту та вміст макро- і мікроелементів [70-72]. Та однією з найголовніших властивостей біочару є вплив на мікробіоту ґрунту. Позитивний вплив на дощових черв'яків, але окрім того і на менших мешканців ґрунту [13,14]. А саме ці показники напряду впливають на здоров'я і родючість ґрунту.

Окрім позитивного впливу на ґрунт, біочар здатен впливати на екологію в цілому. Активні іони, що містяться в біовугіллі, не дозволяють вуглецю винарєвуватися в зовнішнє середовище, а забезпечують його довготривалу затримку саме в ґрунті і легке поглинання рослинами. Таким

чином, скорочується кількість парникових газів у атмосфері, а отже знижується загроза парникового ефекту [12].

На сьогодні біочар можна назвати одним з найкращих природних добрив з рядом переваг:

- Водотримуюча здатність за рахунок пористості, а з нею і затримка поживних речовин
- Ідеальне середовище для мікробіоти
- Покращення якості води
- Зменшення викидів парникових газів ґрунтом
- Зменшення вимивання поживних речовин
- Зменшення кислотності ґрунту
- Зменшення в потребах у зрошенні та добривах [15].

Тобто вся дія біочару відбувається за рахунок пористості, що утримує всі корисні речовини в резерві, а шкідливі консервуються за принципом активованого вугілля. Біочар можна вважати добривом, що попереджує деградацію ґрунтів, або ж може бути задіяний у рекультивациі [Fowles та ін., 2007].

Однак є певні і недоліки даного продукту. В певних випадках він може уповільнювати проростання насіння, абсорбція пестицидів може знижувати їх ефективність, для лужних ґрунтів з високим рН не рекомендується, адже не для всіх рослин це є оптимальним [Berihun та ін., 2021]. А також за неправильного підбору вихідного матеріалу та неправильній технології виробництва – йде шкода докільно, що у кругообігу ґрунт-вода-повітря може мати негативні наслідки [104].

Дослідження на кислих ґрунтах вказує на те, що такі фізичні властивості ґрунту, як загальна пористість, об'ємна щільність, і хімічні властивості, такі як загальний азот, доступний фосфор, калій, рН і органічний вуглець ґрунту, були покращені завдяки застосуванню біочару порівняно з контролем. У роботі Berihun та ін., 2017 можна побачити, що за застосування різних норм біочару може підвищити рН від 10% до 32%. За їх

спостережень збільшення рН ґрунту та пористості ґрунту, а також зниження об'ємної щільності та обмінної кислотності можуть бути пов'язані з вмістом золу в біоугіллі [73].

**Вермікомпост (Vermicompost)**, або біогумус – це дрібнодисперсний, схожий за структурою на торф біоматеріал, отриманий у результаті прискореного біологічного розкладання органічних відходів шляхом взаємодії дощових черв'яків та мікроорганізмів. Органічні відходи подрібнюються на більш дрібні частинки завдяки роботі кишечника дощових черв'яків, а розкладання прискорюється завдяки мікробіологічній активності [Atanasiu та ін., 2010].

Вермікомпост зазвичай має низьке співвідношення С:N і має стабільну фізичну структуру з наявними ґрунтовими мікропорами, стабільними макроагрегатами і органо-мінеральними комплексами, що призводить до хорошої пористості, аерації, дренажу, гарної водоутримуючої здатності, мікробної активності, загального збалансованого мінерального поживного режиму і колоїдної буферної здатності [Pathma та ін., 2012]. Саме наявність гумінових та фульвокислот пояснює колоїдну буферність біогумусу [Pathma та ін., 2012].

Основна технологія полягає у тому що мікроби беруть участь у основних біохімічних розщепленнях органічних полімерів на менш великі одиниці у відходах біомаси, для вивільнення поживних речовин та енергії. В той же час «інженери-екологи» - дощові черв'яки сприяють фізичному та механічному розщепленню біомаси на дрібні частинки, збільшують площу її поверхні, покращують аерацію і за рахунок симбіозу з мікробами у кишечнику повністю перетворюють на біогумус [76]. Це було досліджено Kumar та ін., 2017 коли на 60 добу вермікомпостування коров'ячого гною та соломи вміст азоту збільшився з 0,84% до 1,34%, калію з 0,84% до 1,34% і фосфору з 1,27% до 1,83% у біогумусі.

При цьому важливо відзначити вміст у біогумусі фітогормонів, які в свою чергу грають велику роль у рості та розвитку рослин, а також

спроможності протистояти біотичним та абіотичним факторам [Zhang та ін., 2015].

Manuśeń та ін., 2014 було проведено дослідження впливу біогумусу на ґрунт, де був посіяний горох і було встановлено наступні дані. Додавання гумусу збільшило вміст азоту в ґрунті на 33%, фосфору на 40%, а калію – на 67%. Також було покращення у складі мікроелементів, Zn, Cu, Mn і Fe відповідно збільшили свої показники на 91, 67, 56 та 10% [77].

**Рибний гідролізат (Fish hydrolysate)** – рідкий концентрат, який виготовляють з відходів рибних продуктів методом ферментативного гідролізу. Набуття аквакультурою великої популярності серед споживачів, протягла за собою таку екологічну проблему як велика кількість рибних субпродуктів. Понад 60 % рибної біомаси, включаючись голови, хребти, хвости, нутрощі та інше підпадає під утилізацію як відходи [Chalamaiah та ін., 2012].

Прекрасною альтернативою було рішення перетворювати дані відходи на біостимулятори. Білкові гідролізати при цьому мають халатну активність, що в свою чергу допомагає покращувати структуру та якість ґрунту, а також зменшувати стрес під час росту рослин. Крім того, вони мають здатність підвищувати ефективність звичайних мінеральних добрив [49]. Переробка можлива будь-якої частини рибини. Шкіра багата на колаген та желатин, які вдало гідролізуються до білкових гідролізатів. Окрім цього гідролізації піддаються голови, хребти, печінка, ікра та ін. [50-59].

Виробництво гідролізатів за допомогою ферментативного гідролізу відбувається в контрольованих умовах рН та температур, за рахунок чого кінцевий продукт має відмінну якість та біодоступність [60,61]. Гідроліз розщеплює великі білки на менші розчинні пептидні ланцюги, що містять 2-20 амінокислот. Як біостимулятор поставляються у вигляді рідких екстрактів, розчинних порошків та гранул, і їх можна вносити у ґрунт, наносити на корені чи фоліарно [62].

Дослідами було встановлено, що після застосування гідролізату ґрунт мав вище співвідношення C:N і вміст K і Fe, ніж це значення рН [63].

Біостимулятори підсилюють поглинання і засвоєння поживних речовин рослинами. Це зазвичай пояснюється здатністю біостимулятора підвищувати активність ґрунту як мікробіологічно, так і ферментативно, а також змінювати структуру коренів і змінювати розчинність і транспортабельність мікроелементів [79, 80].

Окрім покращення властивостей ґрунту, таких як дихання, білкові гідролізати діють як стимулятори росту для ґрунтових мікроорганізмів, які можуть використовувати їх як легке джерело вуглецю та азоту. Білкові гідролізати також можуть комплексувати та хелатувати мікро- та макроелементи ґрунту, такі як Fe, щоб вони стали більш доступними для рослин [64].

Гідролізати рибного білка являють собою суміш олігопептидів, поліпептидів і амінокислот, які можна застосовувати як фоліарно або прикоренево [Colla та ін., 2015].

У роботі Trevisan та ін., 2017 нового біостимулятора APR (гідролізат білку, отриманий з колагену) досліджувалось збільшення сухої маси коренів і пагонів, а також їх співвідношення. Ефект залежав від дози, і кращий результат (збільшення на 20% маси коренів) показали досліди з половиною дози. Повна доза дала покращення лише на 12% порівняно з контролем. При цьому біомаса пагонів не змінювалась в трьох умовах зростання.

Активними речовинами білкових гідролізатів є нежирні амінокислоти, включаючи аспарагінову кислоту, серин, треснін, гідроксипролін, треонін, глутамінову кислоту, пролін, гліцин, аланін, метіонін, ізолейцин, лейцин, тирозин, мелатонін, органічні речовини, коротколанцюгові пептиди та білки [Chalamaiah та ін., 2012].

Головною проблемою в аквакультурі є утилізація відходів, як з риби, так і води, що була задіяна в переробці. Неправильна утилізація може спричинити забруднення в навколишньому середовищі. Більша частина

рибних «відходів» складається з білку та жиру [Colla та ін., 2015], а переробка шляхом компостування може становити важливий ресурс для виробництва біостимуляторів.

Ферментативний гідроліз із застосуванням таких ферментів, як алкалаза, папаїн, пепсин, трипсин, хімотрипсин, панкреатин, флаворизим, проназа, нейтраза, протамекс, бромелайн, кріотин F, протеаза N, протеаза A, оріентаза, термолізін і валідаза, є найбільш переважним методом при виробництві біоактивних гідролізатів [92]. Білкові гідролізати класифікують на тваринне та рослинне походження. Білкові гідролізати тваринного походження включають шкіряні субпродукти, кров'яне борошно, рибні субпродукти, куряче пір'я та казеїн, тоді як рослинного походження включають насіння бобових, сіно люцерни та рослинні субпродукти [Colla та ін., 2015].

## 1.2. Вплив біостимуляторів на урожайність

*Біочар.* Своєю природою забезпечує прискорений ріст і розвиток рослин, оскільки ґрунт постійно прогрівається; сприяє функціонуванню в ґрунті мікроорганізмів, що мають позитивний вплив на врожайність [99].

Практичні дослідження показали, що при додаванні біочару до добрив відбувається підвищення врожайності до 25%. У порівнянні з іншими добривами, біовугілля сприяє підвищенню вуглецю на 1,25%, а рівня вологи на 23%, тоді як мінеральні добрива відповідно лише на 0,93% та на 18%.

Отже, як було зазначено, біочар сприяє затриманню води в ґрунтах, що підвищує загальну доступність до вологи рослин, та заощаджують кошти на встановленні дренажів, або систем спікання води на полях [68].

З проведених дослідів Joseph та ін., 2021 були отримані результати збільшення врожайності на 10-42% і зроблені висновки про значний вплив біовугілля на ріст та розвиток гороху [26].

В досліді Vethup та ін., 2017 на горосі використовувався біочар на основі Лантану та кукурудзяних качанів. Краще себе зарекомендував перший. І саме вихідна речовина та норма біостимулянта мала головний

вплив на розвиток рослин на всіх етапах. В загальному завдяки застосуванню біовугілля було значно збільшено відсоток та індекс схожості, середній час проростання, висота рослин, свіжа та суха біомаса, кількість стручків на рослину, кількість насінин в стручку та їх урожайність. Загальна врожайність з внесенням біочару на основі Лантану з максимальною дозою – збільшилась майже в 4 рази.

Цим дослідом було дійдено висновку, що заміна класичного використання вапна на кислих ґрунтах біочаром – є гарним рішенням не тільки з економічного боку, а й для здоров'я ґрунту.

**Вермікомпост.** Окрім значного вмісту мінеральних поживних речовин, вермікомпост має мікробні властивості, які здатні стимулювати ріст рослин [Wong та ін., 2015]. Як відомо певні групи грибів та бактерій відповідають за кругообіг поживних речовин у ґрунті, а ріст їхньої популяції лише збільшить біодоступність мінеральних поживних речовин. Симбіоз деяких мікроорганізмів з рослинами, дають змогу рослині використовувати поживні речовини, які були хімічно недоступні. Мікроорганізми здатні продукувати доступні для рослин поживні речовини через мікробні процеси, такі як фіксацію атмосферного азоту, хелатування заліза, розчинення фосфатів та вироблення фітогормонів [29-37]. Такі бактерії як *Rhizobium* sp. та *Bradyrhizobia* sp. пов'язані з асиміляцією азоту в бобових шляхом формування азотфіксуючих бульбочок [Hungria та ін., 2006]. При цьому ріст спостерігався не тільки на бобових культурах [39]. Інокуляція цих корисних мікробів на с/г культурах загалом покращує ріст, підвищує врожайність, власне якість врожаю та вміст поживних речовин, а також знижує потребу в хімічних добривах [Owen та ін., 2015]. Мікроорганізми запобігають абіотичному стресу, такому як посуха, перезволоження, висока температура, токсичність ґрунту важкими металами та солями [45]. Поглинання та живлення рослин відбувається в зоні ризосфери, де всі коренева система рослин як «приймач» збирає дані та використовує всі поживні речовини що є навколо [44].

Досліди Китаг та ін., 2014 на горосі показали, що проростання насіння, цвітіння та плодоношення дійсно відбувається раніше на ділянках оброблених вермикомпостом. Відсоток схожості становив більше 90% на 11 добу порівняно з контролем з 20% на 16 день. Висота рослин на 2 тижні на оброблених ділянках становила 12 см, тоді як контроль лише 8 см. Початок цвітіння також вищереджав на 2-3 дні контроль. Так само були позитивна різниця у кількості квіток і стручків і відповідно у урожайності [107].

**Рибний гідролізат (*Fish hydrolysate*)**. Вважається гарним кандидатом в органічному землеробстві за рахунок антиоксидантних властивостей. Так у дослідях Xu, Mou, 2017 рибні гідролізати збільшили кількість листя від 22 до 28 на одну рослину, діаметр стебла з 1,37 до 1,68 см, свіжу та сушу масу пагонів з 49 до 89 та 5,5 до 7,7 г відповідно, масу кореня з 0,52 до 0,8 г. це також збільшило відносний вміст води в листку від 87% до 90% і соковитість з 267 до 288 од. однак на площу листя це не вплинуло.

Крім того біостимулятор підвищив вміст хлорофілу в листі, швидкість фотосинтезу та продишову провідність, що є гарним показником для вирощування салату чи іншої зелені [63].

Є дослідження, які доводять, що рибні гідролізати покращують використання поживних речовин рослинами та викликають морфологічні зміни в архітектурі коренів [du Jardin, 2015]. Також мають ефект проти посухи та можуть стимулювати ріст і активність корисних мікробів і покращувати антиоксидантну активність. Біологічним ефектом цих механізмів дії є кращий ріст і розвиток коренів, посилений ріст коренів і листя, індукція цвітіння і поліпшення зав'язування плодів, а також зменшення їх опадання [Yakhin, 2017].

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Методика та схема досліду

Полеві дослідження проводилися на базі Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» (ВП НУБІП України «АДС») протягом весни/літа 2023 року, яка розташована в с. Пшеничному Білоцерківського району Київської області Правобережного Лісостепу України. Природні умови Лісостепу України досить неоднорідні, що відображається у диференціації ґрунтового покриву та його якісних показниках. Такі умови визначають необхідність відповідного районування за ґрунтово-екологічними характеристиками для подальшого раціонального використання.

При посіві був використаний класичний зяблевий обробіток ґрунту на 22-24 см. Посів був здійснений звичайним рядковим способом з міжряддям 12,5 см сівалкою Луганськ «КЛЕН». Глибина сівби гороху 6-8 см. Насіння перед сівбою обробляли інокулянтном Біонорма бобові 2 л/т. Сорт гороху Orchestra – (оригінація NPZ) – вусатий тип. Жодні засоби захисту посівів не вносилися, так як головною ідеєю дослідів є максимальна органічність.

Дата сівби гороху 24 березня. Сходи почали з'являтися 13 квітня. Перший відбір, а саме на 30 день після сходів, був проведений 13 травня. Другий відбір відповідно на 60 день - 14 червня.

Дата повної стиглості 6 липня (80 % побуріння бобів).

Елементи структури врожаю обраховувалися з пробного снопа зібраного з 1 м<sup>2</sup>. Урожай обліковували на вологість 14 %.

Відбір ґрунту. Відбирали по 2 проби з кожного варіанту з глибини 0-15 см, 15 – 30 см до сівби, та після сівби.

Дослід було закладено у трьох повторностях. Площа елементарної ділянки складала 15 м<sup>2</sup> (1,5 м \* 10 м), облікової – так само 15 м<sup>2</sup>. При цьому

висівалися спарені ділянки (2 ділянки одного варіанту разом). Перша ділянка була для відбору зразків, а на іншій відбувався облік шкідливих організмів.

Таблиця 2.1.

Схема досліду

<b>Фактор А: Виробничі системи</b>	<b>Фактор В: Біостимулянти</b>
А.1. Горох село	В1. Без стимулянтів (контроль) В2. Бючар 2,5 т/га В3. Вермикомпост 2,5 т/га В4. Fish hydrolysate (по 2 л/га на 30 та 60 добу після сходів)

Метою дослідження було визначити вплив різних біостимуляторів на посів гороху. Моя виробнича система складалась виключно з гороху без підсіву. У якості біостимулянтів було обрано бючар, вермикомпост і рибний гідролізат. Для точності дослідів залишаємо і контроль.

## 2.2. Погодно-кліматичні умови

Клімат зони проведення досліджень – помірно континентальний. Багаторічна середньорічна температура повітря становить 8,5°C. Середня багаторічна температура липня – 21,6°C, січня – мінус 5,8°C. У середньому за рік випадає 585 мм опадів, із них узимку – 140 мм (24%), навесні – 123 мм (21%), влітку – 234 мм (40%) і восени – 88 мм (20%).

За 2023 рік маємо такі дані (рис.2.1) погодно-кліматичних умов за даними сайту Meteoblue.

Як бачимо за період вегетації посіву гороху середня температура коливалась в межах 9...40 °C. Опадів найбільше було саме в квітні, травні коли почалось проростання культури. А починаючи з 7 травня до 10 червня та 5 серпня по 3 жовтня 2023 опаді були відсутні. При чому температури доходили до 40 °C особливо в літні місяці.

Отже, погодні умови 2023 року були не сприятливими для вирощування гороху.

Васильков  
50.19°N / 30.31°E 165м н.у.м.  
(12 x 12 km)

2022-12-11 - 2023-10-10  
304 дня (дней)

meteoblue

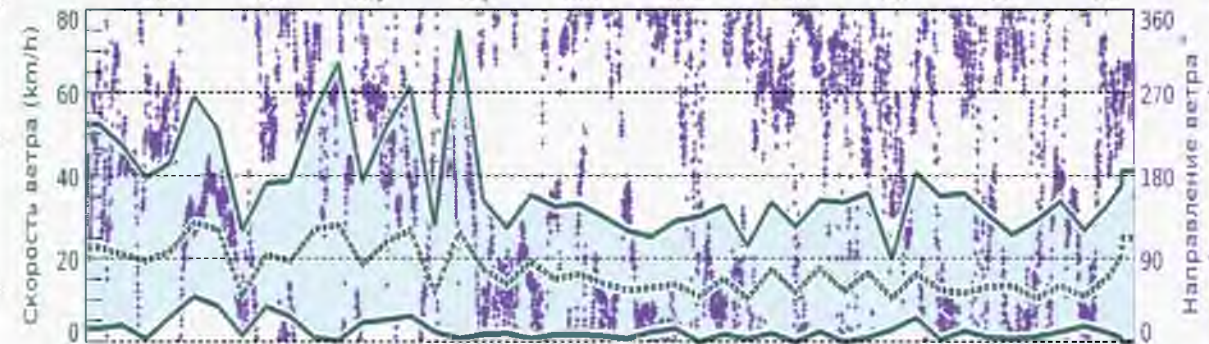
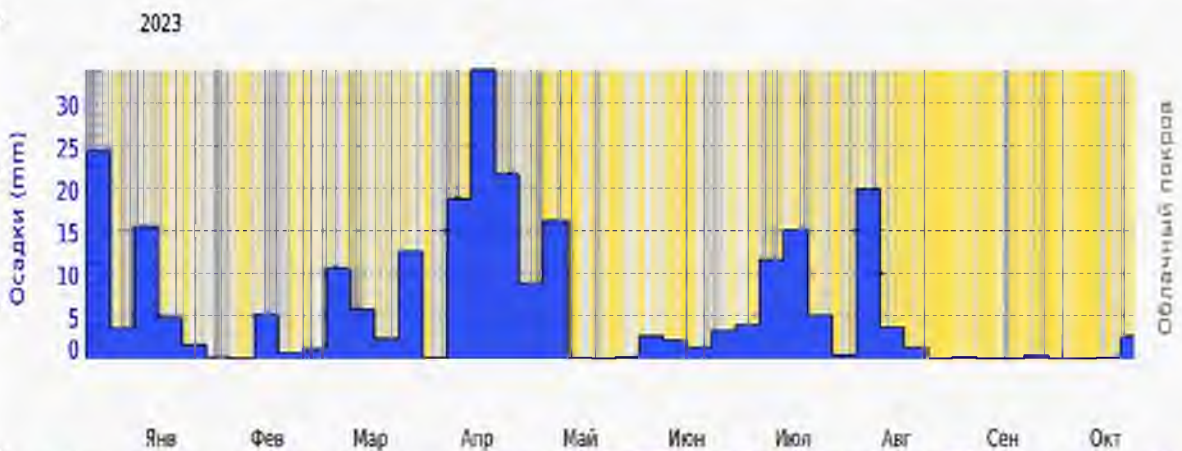
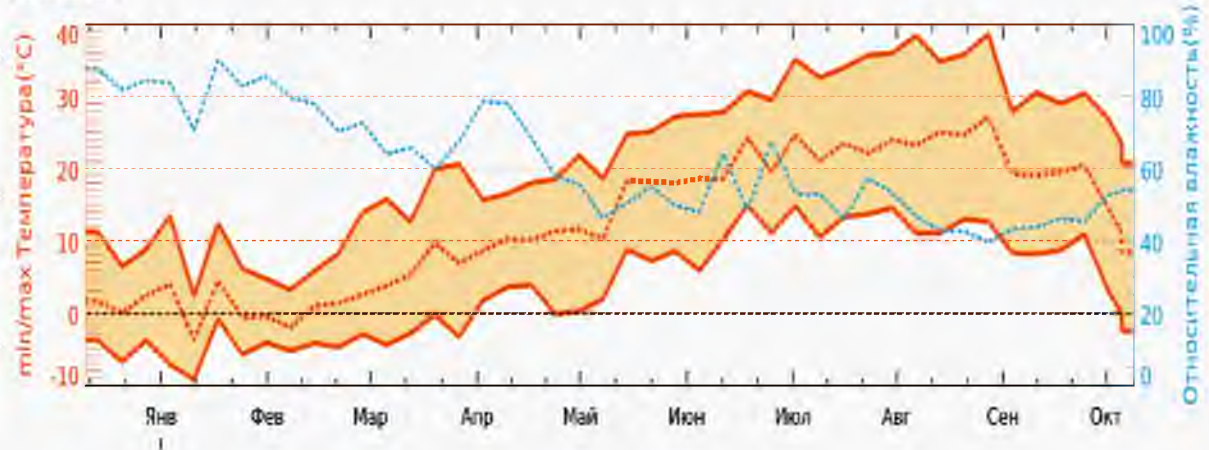


Рис. 2.1. Річний графік температури, опадів та швидкості вітру за даними сайту Meteoblue

### 2.3. Ґрунтові умови проведення дослідів

За структурою ґрунтового покриття зона Лісостепу є однією з найскладніших. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий, грубопилуватий на лесі. Вміст гумусу в орному шарі за Тюрнієм становить 3,56%, ємність поглинання – 31,1-32,3 мг екв на 100 г

грунту, рН водний – 6,5. До складу мінеральної твердої фази ґрунту входить 37% фізичної глини, 63% піску. Щільність ґрунту в рівноважному стані 1,17-1,24 г/см<sup>3</sup>, вологість стійкого в'янення – 11% (табл. 2.2-2.4).

Таблиця 2.2.

Вміст гумусу і агрохімічні показники чорнозему типового

Гори-зонт	Глибина взяття зразка, см	Вміст гумусу, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	Забезпеченість фосфором	K <sub>2</sub> O, мг/кг	Забезпеченість калієм
Н	0-43 (20)	3,56	128	Середня	145	Середня
Нрк	44-72 (45)	2,61	105	Середня	120	Середня
Phk	73-134 (80)	1,12	101	Середня	145	Середня
Pk	135 та глибше	0,45	39	Дуже низька	133	Висока

Таблиця 2.3.

Фізико-хімічні показники і гранулометричний склад чорнозему типового

Гори-зонт	рН (Н <sub>2</sub> O)	Забезп. кальцієм	MgO, мг/кг	Забезп. Mg	K-Mg	CaO, мг/кг	Забезп. кальцієм	Гранулометричний
Н	6,5	Близький до нейтрального	348,2	Середня	0,4	2799	Середня	Середньоосуглинковий
Нрк	7,9	Слаболужний	464,3	Середня	0,7	3778	Середня	Середньоосуглинковий
Phk	8,6	Середньолужний	331,6	Середня	0,6	2799	Середня	Середньоосуглинковий
Pk	8,1	Середньолужний	381,4	Середня	0,4	2799	Середня	Середньоосуглинковий

Таблиця 2.4.

Мінеральні сполуки азоту в чорноземі типовому

Гори-зонт	N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	N <sub>min</sub> , мг/кг	Забезпеченість мінеральним азотом
Н	0,9	17	17,9	Середній
Нрк	0,6	23	23,6	Середній
Phk	1,5	13	14,5	Низький
Pk	0,7	7	7,7	Дуже низький

НУБІП України

Враховуючи дані, фізико-хімічних і агрохімічних показників, можна зробити висновок, що орний шар, який характеризується близьким до нейтрального рН, хорошим вмістом гумусу та середнім забезпеченням всіх мінеральних сполук, сприяє вирощуванню сільськогосподарських культур.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Зміна активної кислотності ґрунту

Відомо, що деревний попіл сприяє підвищенню продуктивності як на агроландшафтах, так і в лісах. Його властивості, як добрива, зумовлені вмістом калію у формі поташу ( $K_2CO_3$ ) – легкорозчинного у воді і доступного рослинам з'єднання. Окрім цього, попіл містить фосфор, кальцій, магній, сірку, бор, манган та інші необхідні рослинам макро- і мікроелементи, знижує кислотність ґрунту, покращує фізичну структуру ґрунту, збільшує доступ кисню в ґрунт, без якого не зможуть вести життєдіяльність аеробні мікроорганізми і ґрунтові безхребетні [44].

Результати досліджень Мандро та ін., 2015 дають підстави припустити, що біочар може істотно покращити технологію лісовідновлення та лісонасадження завдяки підвищенню продуктивності рослин, істотно зменшивши витрати на утримання, добрива та працю.

Таблиця 3.1.

Динаміка активної кислотності в чорноземі типовому в посівах гороху за внесення біостимуляторів, рН  $H_2O$ , 2023 рік

Біостимулятор	Шар ґрунту, см	Дослідження показника	
		До сівби	Після збирання врожаю
Без стимулятора	0 – 20		
	– 40		
Біочар	0 – 20		
	– 40		
Вермікомпост	0 – 20		
	– 40		
Рибний гідролізат	0 – 20		
	– 40		

Можна помітити, що внесення біостимуляторів мало невеликий вплив на кислотність ґрунту. Як до сівби, так і після збору врожаю, реакція ґрунтового середовища була в межах нейтральної і зміна показників була лише в становила до 0,5 од.

До сівби найбільша різниця була на ділянці з біочаром 0,5 од, а за застосування рибного гідролізату різниця не перевищувала 5%. Після збирання врожаю, різницю в 0,4 одиниць по відношенню до контролю разом показали біочар та вермікомпост, а от рибний гідролізат лише на 0,2 од.

Та як вже було зазначено, особливого впливу це не нанесло. Тож точно можна казати, що поганого впливу на кислотність ґрунту ці три біостимулятори не завдають. Отже, вермікомпост і біочар сприяє зменшенню кислотності на 0,2-0,5 одиниць рН порівняно з контролем.

### 3.2. Зміна вмісту мінерального азоту, рухомого фосфору та обмінного калію за застосування різних біостимуляторів на посівах гороху

У дослідях Tian Hu, Jiating Wei, Li Du, Jibao Chen & Jun Zhang (2023)

було встановлено, що застосування біочару збільшує вміст загального та амонійного азоту на 4,7-32,3% та 8,3-101,5%, відповідно. Окрім цього змінює склад популяції бактерій.

Таблиця 3.2.1.

Вміст мінерального азоту в чорноземі типовому в посівах гороху за внесення біостимуляторів, мг/100 г ґрунту, 2023 рік

Біостимулятор	Шар ґрунту, см	Дослідження показника	
		До сівби	Після збирання
Без стимулятора	0 – 20		
	20 – 40		
Біочар	0 – 20		↓
	20 – 40	↓	↓
Вермікомпост	0 – 20	↑	↑
	20 – 40	↑	↑
Гідролізат рибний	0 – 20		
	20 – 40		↑
НІР 095			

Порівнюючи показники, що були взяті до посіву на глибині 0-20 см, можна сказати, що по відношенню до контролю, підвищення було лише при

внесенні вермікомпосту. Вміст мінерального азоту був збільшений на 12,9%, в той час як біочар та рибний гідролізат не показали жодних змін. На глибині ж 20-40 см, вміст азоту при застосуванні біочару був зменшений на 15,2% порівняно з контролем, натомість вермікомпост підвищив на 6%, а рибний гідролізат залишив без змін.

Також були взяті зразки ґрунту безпосередньо після збору врожаю. Ділянки, де був застосований біочар показали від'ємний результат – на глибині 0-20 см зниження вмісту азоту було на 13%, а на глибині 20-40 – 9,5% порівняно до контролю. Вермікомпост дав збільшення на 8,7% на

першому ярусі, та на 4,8% на другому відповідно. Рибний гідролізат показав зміни лише на глибині 20-40 см, збільшивши вміст мінерального азоту на 14,6%. На глибині 0-20 см ніяких змін не було.

Можна зробити висновок, що у дослідженні мінерального азоту, найбільше вплив серед біостимуляторів мав вермікомпост.

Таблиця 3.2.2.

Вміст рухомого фосфору в чорноземі типовому в посівах гороху за внесення біостимуляторів, мг/100 г ґрунту, 2023 рік

Біостимулятор	Шар ґрунту, см	Дослідження показника	
		До сівби	Після збирання
Без стимулятора	0 – 20		8
	20 – 40		0
Біочар	0 – 20	↑	↑
	20 – 40	↑	↑
Вермікомпост	0 – 20	↑	↑
	20 – 40	↑	↑
Гідролізат рибний	0 – 20	↑	↑
	20 – 40	↑	↑
НІР 095			

Оцінюючи таблицю вмісту рухомого фосфору, можна одразу помітити, що ситуація краща ніж з азотом. Підвищення елемента ми спостерігали у всіх варіантах. Так для прикладу, найкращий результат до сівби на глибині 0-20

см і 20-40 см показав вермікомпост, підвищення склало відповідно 37% і 39%. Менше себе у верхніх шарах проявив рибний гідролізат – тут збільшення рухомого фосфору було лише на 2% відносно контролю. Але на глибині 20-40 см він показав досить непоганий результат – 21% прибавки до контролю. Біочар проявив себе посередньо до сівби.

Після збору врожаю і дослідження ґрунту на вміст рухомого фосфору найкращий результат відносно ділянок без використання стимулятора знову був у вермікомпосту. Збільшення елемента на глибині 0-20 см було на 61%, а на глибині 20-40 см аж на 68%. Тут себе проявив добре і біочар, прибавка на першому шарі ґрунту була 43%, на другому – 49%. Дещо слабше себе проявив рибний гідролізат. На глибині 0-20 см вміст фосфору збільшився лише на 29%, дещо більше на глибині 20-40 см – 29% відносно контролю.

Знову можна зробити висновок, що вермікомпост проявив себе тут найкраще.

Таблиця 3.2.3.  
Вміст обмінного калію в чорноземі типовому в посівах гороху за внесення біостимуляторів, мг/100 г ґрунту, 2023 рік

Біостимулятор	Шар ґрунту, см	Дослідження показника	
		До сівби	Після збирання
Без стимулятора	0 – 20		
	20 – 40		
Біочар	0 – 20	↑	↑
	20 – 40	↑	↑
Вермікомпост	0 – 20	↑	↑
	20 – 40	↑	↑
Гідролізат риби	0 – 20		↑
	20 – 40	↑	↑
НІР 095			

Порівнюючі показники по обмінному калію, бачимо, що тут найкраще правив себе вже біочар. До сівби він дав покращення на 21,9% і 25,3% відповідно на глибині 0-20 см і 20-40 см. Після сівби порівнюючи з

контролем вміст калію був на 43,3% більше на першому ярусі ґрунту і на 28,8% на другому відповідно. За першого відбору вермікомпост дав прибавку близько 11% на двох ярусах ґрунту, а от гідролізат риби проявив себе лише на глибині 20-40 см з покращенням на 3,2%. Після збору врожаю теж добре показав себе вермікомпост, трішки слабше рибний гідролізат. На глибині 0-20 см вермікомпост мав збільшення на 24%, на 20-40 см – на 21,6%. Відповідно у риб це було 11,5% і 4,5% порівняно до ділянок без внесення біостимулятора.

Тож бачимо, що у відношенні до вмісту калію і його приріст має біочар.

### 3.3. Зміна біомаси на різних етапах вирощування гороху за застосування біостимуляторів

Перший відбір був проведений на 30 добу після появи сходів. Площа рамки для відбору – 1м<sup>2</sup> (1\*1 м). Як бачимо найкращий результат показав вермікомпост, що було обумовлено кращими умовами живлення на старті росту рослин.

Таблиця 3.3.1.

Біомаса гороху від першого відбору за застосування біостимуляторів,

Біостимулятор	2023 рік	
	Сира біомаса, г	Суха біомаса, г
Контроль		
Біочар		
Вермікомпст		
Риби		

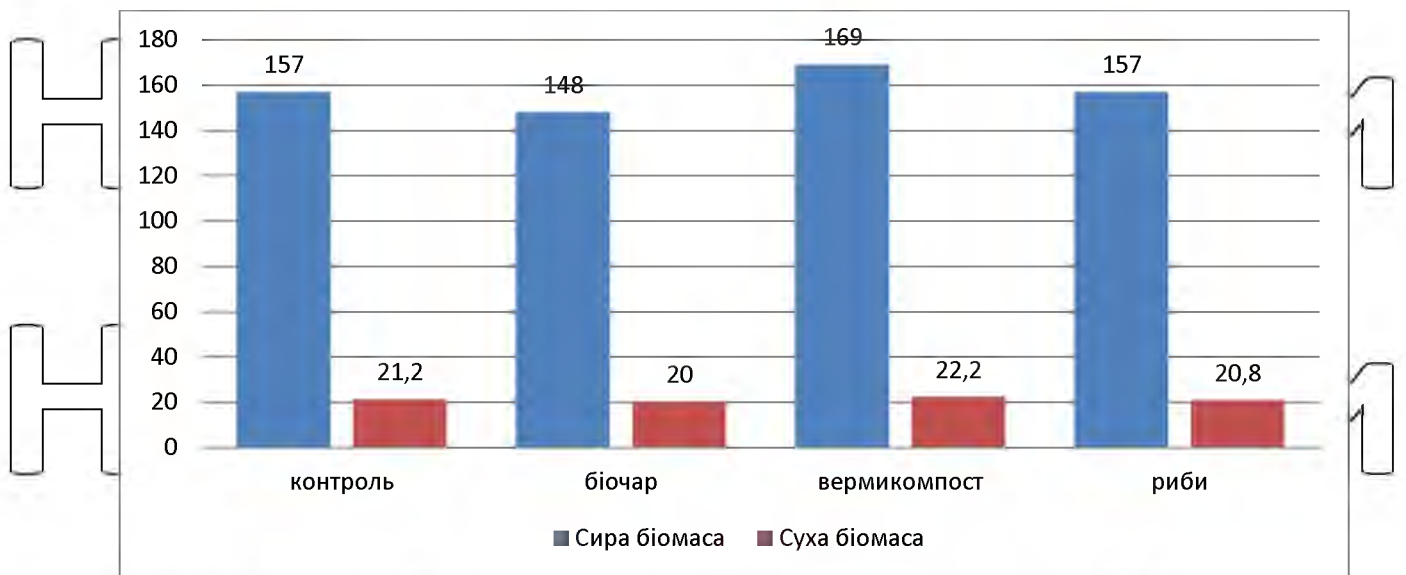


Рис. 3.3.1. Порівняння впливу біостимуляторів на масу рослин, 1 відбір 2023 року



Рис. 3.3.2. Горох у другий відбір (60-62 доба всходів)

Другий відбір було зроблено на 62 добу від сходів.

Таблиця 3.3.2.

Дані гороху від другого відбору за застосування біостимуляторів, 2023 р

Біостимулятор	Висота, см	Сира вага, г/см <sup>2</sup>	Вміст сухої маси, %	Вологість, %	Суша вага, г/см <sup>2</sup>	Сирий бур'ян,	Сухий бур'ян,	Сира біомаса	Суша біомаса, г
Контроль									
Біочар									
Вермикомпост									
Рибний гідролізат									

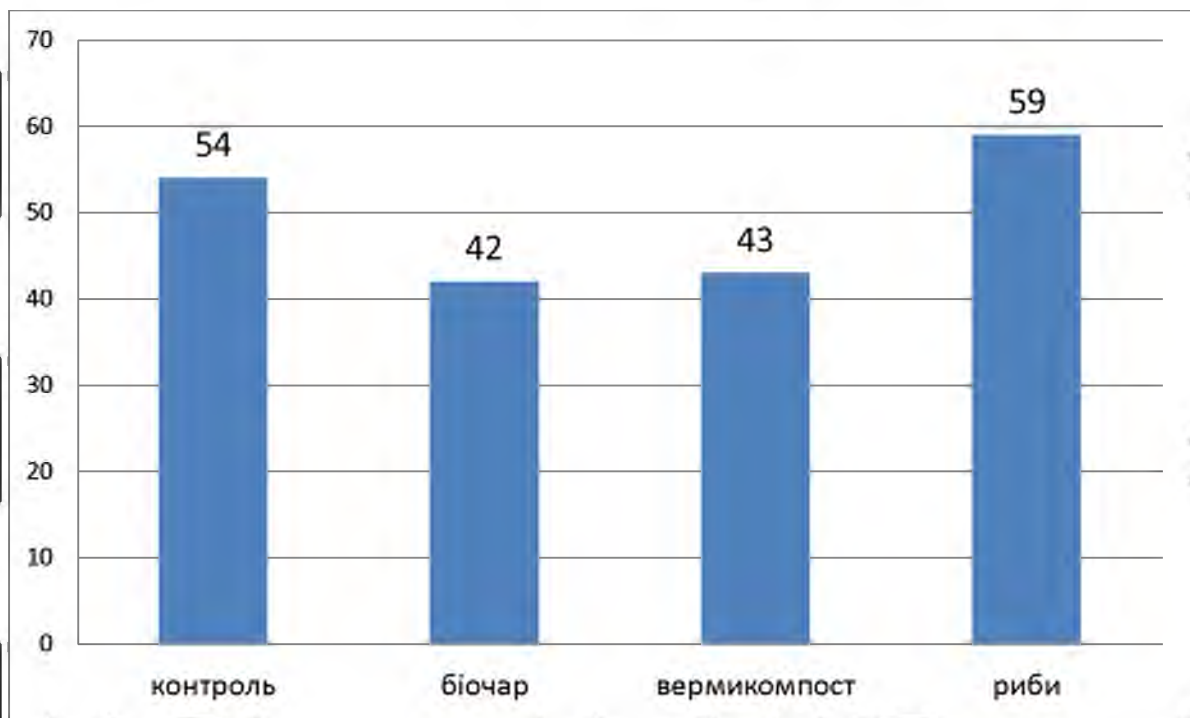


Рис. 3.3.3. Висота гороху на 62 добу від всходів за використання різних біостимуляторів

Як можемо спостерігати з рис 3.3.3 і 3.3.4, у другому відборі себе краще зарекомендував рибний гідролізат на 5 см порівняно з контролем. Використання біочару і вермикомпосту порівняно з контролем зменшувало

висоту рослин, хоча рослини більше були забезпечені елементами живлення. Це, на нашу думку, було обумовлено засушливими умовами року, а рибний гідролізат сприяв зменшенню стресу від жарких умов.

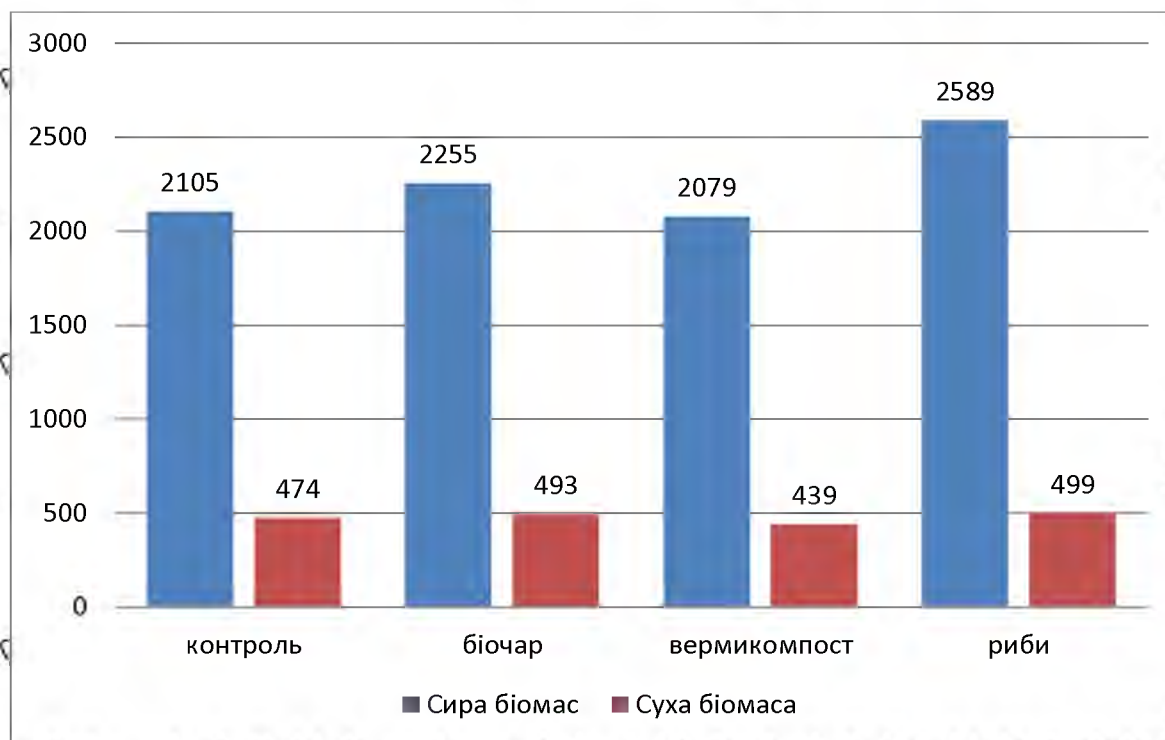


Рис. 3.3.4. Маса рослин гороху за застосування біостимуляторів, 2 відбір 2023 року, НІР 095=11 г/м<sup>2</sup>

Найбільшу масу рослин гороху у 2 відборі отримано за застосування рибного гідролізата і вона становила 499 г/м<sup>2</sup>, що на 25 г більше порівняно з контролем. Найгіршим варіантом був вермикомпост, зменшення врожайності становило 60 г/м<sup>2</sup>.



Рис 3. Видяд рослини гороху на 60 добу після появи сходів (ВВСН, 71)

Таблиця 3.3.3.

Біомаса гороху при зборі врожаю за застосування біостимуляторів,  $г/м^2$ ,

Біостимулятор	Зерно	Содома	Біомаса
Контроль			
Біочар			
Вермикомпост			
Рибний гідролізат НІР-095			

Збір врожаю проводився на 90 добу. Найкращий результат також показав рибний гідролізат за застосування якого біомаса зерно збільшилась на 86 г і загальна біомаса на 58  $г/м^2$ .



Рис.3.3.5. Горох при зборі врожаю

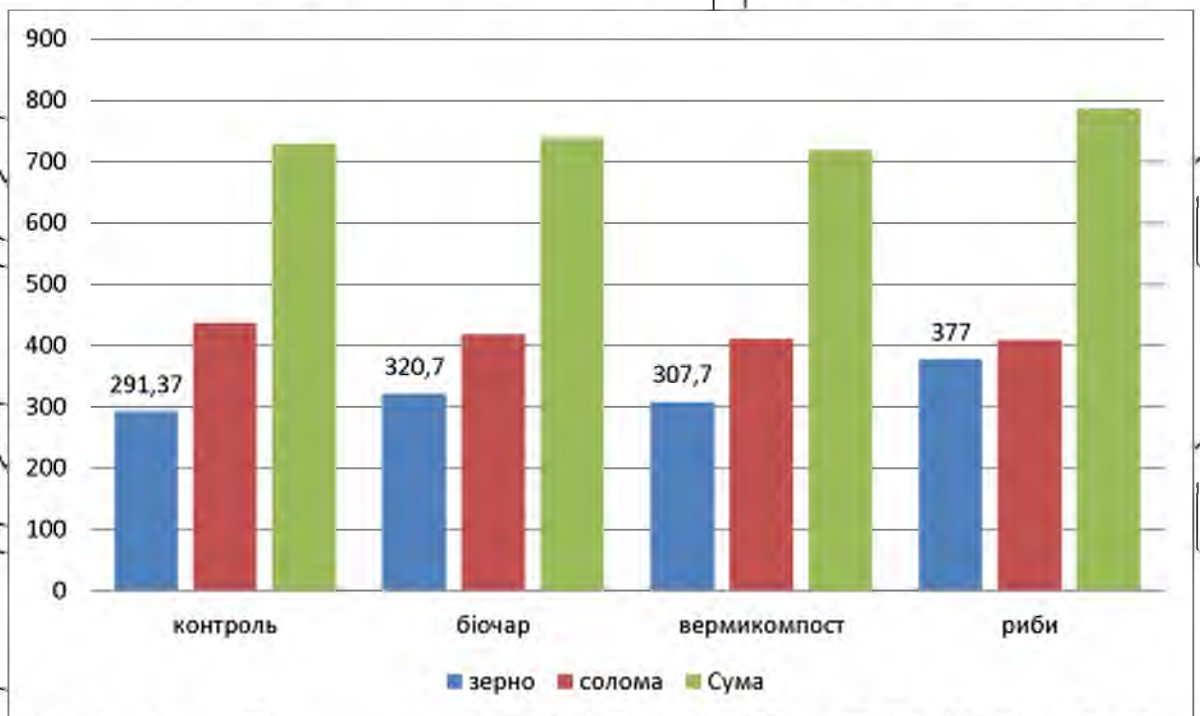


Рис. 3.3.6. Вплив біостимуляторів на біомасу гороху при зборі врожаю, т/м<sup>2</sup>

Збір врожаю проводився на 90 добу. Найкращий результат також показав рибний гідролізат за застосування якого біомаса зерно збільшилась на 86 г і загальна біомаса на 58 г/м<sup>2</sup>

### 3.4. Урожайність та економічна ефективність застосування

#### біостимуляторів за вирощування гороху

За останні декілька років горох в Україні перетворився на нішеву культуру. В першу чергу це пов'язано з економічними аспектами його вирощування, а саме цін, які формуються на його зерно. На думку експертів з агрофірми Ерідон (Ерідон, 2023) при розрахунку економічної ефективності вирощування гороху слід враховувати не тільки прямий вклад гороху в економічний показник року, а і його вплив як попередника на наступні культури, а саме:

- ✓ Зменшення кількості бур'янів в сівозміні (хоча горох сам по собі погано конкурує з ними);
- ✓ зменшення тиску хвороб на зернові культури (через переривання циклу розвитку багатьох збудників);
- ✓ відбувається фіксація атмосферного азоту в ґрунті, що добре позначається на врожайності наступних культур;
- ✓ економічно використовується ґрунтова волога та покращується структура ґрунту і його мікробіологічна активність.

Узагальнення наукових досліджень з усього світу показує, що середнє підвищення врожайності пшениці після вирощування гороху становить 20% і більше. Слід також відмітити той факт, що позитивний ефект вирощування гороху часто поширюється на другу культуру в сівозміні, іноді навіть і на третю (за винятком сухих умов).

Для розрахунку економічної ефективності було взято наступні показники: вартість 1 т гороху зараз 7,0 тис. грн., вартість стимулятора вказана в таблиці 3.4 1, але так як вермікомпости біочар вносять в ґрунт, то для і післядія його буде поділена на 3 роки.

Таблиця 3.4.1.

Урожайність гороху та вартість біостимулятора

№ ділянок	Варіант	Урожайність, т/га	К-ть стимулятора, га	Ціна за 1 т стимулянта, тис. грн	Вартість стимулятора, грн/га	Вартість стимулятора під горох, грн/га
B1	Контроль	2,91	-	-	-	-
B2	Біочар	3,21	2,5 т	10	25000	8333
B3	Вермикомпост	3,08	2,5 т	7,5	18750	6250
B4	Гідролізат риби	3,77	4 л	1,0	4000	4000
	НІР (095)	0,16				

Характеризуючи урожайність гороху необхідно зазначити, що найбільша урожайність гороху отримано за застосування рибного гідролізату (3,77 т/га), що на 30 % більше порівняно з контролем. Застосування вермикомпосту не дало достовірного приросту врожаю порівняно з контролем. Біочар мав достовірний приріст на 10% порівняно з контролем.

Таблиця 3.4.2.

Економічна ефективність вирощування гороху із застосуванням біостимуляторів

№ ділянки	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Затрати на вирощування, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабельність,
B1					
B2					
B3					
B4					

Найбільший умовно чистий прибуток був отриманий за використання В4 рибного гідролізанта і він становив 14390 грн/га, рівень рентабельності 89,9%. Найменший прибуток за використання вермикомпосту, можливо це результат впливу жарких погодних умов.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВИСНОВКИ

1. Отримано позитивний вплив усіх біостимуляторів порівняно з контролем (варіант без обробки) на урожайність гороху та показники ґрунтової родючості.

2. Вермикомпост і біочар сприяє зменшенню кислотності на 0,2-0,5 одиниць рН порівняно з контролем.

3. До посіву на глибині 0-20 см по відношенню до контролю, підвищення було лише при внесенні вермикомпосту. Вміст мінерального азоту був більший на 12,9%, в той час як біочар та рибний гідролізат не показали жодних змін.

4. Застосування вермикомпосту підвищувало вміст мінерального азоту в шарі ґрунту 0-20 см на 8,7%, а у 20-40 см на 4,8% порівняно з контролем.

5. За вмістом рухомого фосфору позитивний вплив спостерігали за усіх біостимуляторів. Найкращий результат до сівби на глибині 0-20 см і 20-40 см показав вермикомпост, підвищення складало відповідно 37% і 39%. Після збору врожаю вміст рухомого фосфору був також найвищий на цьому ж варіанті. Збільшення елемента на глибині 0-20 см було на 61%, а на глибині 20-40 см аж на 68%. Тут себе проявив добре і біочар, прибавка на першому шарі ґрунту була 43%, на другому 49%. Дещо слабше себе проявив рибний гідролізат. На глибині 0-20 см вміст фосфору збільшився лише на 29%, дещо більше на глибині 20-40 см – 29% відносно контролю.

а вмістом обмінного калію, бачимо, що тут найкраще правив біочар. До сівби він дав покращення на 21,9% і 25,8% відповідно на глибині 0-20 см і 20-40 см. Після сівби порівнюючи з контролем вміст калію був на 43,3% більше на першому ярусі ґрунту і на 28,8% на другому відповідно.

7. Найбільшу масу рослин гороху у 2 відборі отримано за застосування рибного гідролізанта і вона становила  $499 \text{ г/м}^2$ , що на 25 г більше порівняно з контролем. Найгіршим варіантом був вермикомпост, зменшення врожайності становило  $60 \text{ г/м}^2$ .

8. Найкращий результат на 90 добу показав рибний гідролізат за застосування якого біомаса зерно збільшилась на 86 г і багальна біомаса на 58 г/м<sup>2</sup>.

9. Найбільшу урожайність гороху отримано за застосування рибного гідролізату (3,77 т/га), що на 30% більше порівняно з контролем. Застосування вермикомпосту не дало достовірного приросту врожаю порівняно з контролем. Біочар мав достовірний приріст на 10% порівняно з контролем.

10. Найбільший умовно чистий прибуток був отриманий за використання В4 рибного гідролізату і він становив 14390 грн/га, рівень рентабельності 89,9%. Найменший прибуток за використання вермикомпосту, можливо це результат впливу жарких погодних умов.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ

НУБІП УКРАЇНИ

Для підвищення урожайності гороху та покращення показників ґрунтової родючості рекомендувано використання рибного гідролізанта 4

л/га для отримання приросту врожаю і зменшення стресів рослин і вони є

значно екологічними.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

## Список використаної літератури

1. Камінський В.Ф., Голодна С.А., Гресь А.В. Значення погодно-кліматичних умов у виробництві зернобобових культур в Україні. Корми і кормовиробництво. 2004. Вип. 53. С. 38–48. URL:

[http://fri.vin.ua/pdf\\_materials/KiK53.pdf#page=38](http://fri.vin.ua/pdf_materials/KiK53.pdf#page=38)

2. Січкач В.І. Стан і перспективи розвитку виробництва зернобобових культур у світі та Україні. Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту-Національного центру насіннезнавства та сортовивчення. 2020.

Вип. 26 (66). С. 9–20. URL: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IM)

[IM](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IM)

[AGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/Znpsgi\\_2015\\_26\\_3.pdf](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IM)

3. Телекадо Н.В. Ефективність використання бактеріальних препаратів при вирощуванні гороху посівного. Збірник наукових праць. Сільське господарство та лісівництво. 2019. №14. С. 127–140.

4. Catroux G., Hartmann A., Revellin C. Trends in rhizobial inoculants production and use. Plant and Soil. 2001. Vol. 230, No 1. P. 21–30. URL:

<https://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1004777115628>

5. Бахмат О.М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої: Монографія. Кам'янець-Подільський: Видавель: ІПІ Зволонко Д.Г. 2012. 436 с.

6. Шерстобоева О.В., Вага Л.І. Вплив системи удобрення на біологічну активність штамів азотобактера з ґрунту агрофітоценозу пшениці озимої.

Збалансоване природокористування. 2012. Вип. 1. С. 79–83. URL: [http://natureus.org.ua/archive/2012/Збалансоване\\_природокористування\\_№\\_1\\_2012.pdf](http://natureus.org.ua/archive/2012/Збалансоване_природокористування_№_1_2012.pdf)

7. Карпенко В.П., Івасюк Ю.І., Притуляк Р.М. Функціональна активність листового апарату сої за дії біологічних і хімічних препаратів. Біологічні студії. 2017. Т. 11 (3-4). С. 22–23. URL: <http://dx.doi.org/10.30970/sbi.1103>

8. Анішнін Л.А. Ефективність регуляторів росту за різних доз та способів їх внесення на посівах озимої пшениці. Посібник українського хлібороба.

2009. С. 105–106. URL: [http://www.yuriev.com.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=57&Itemid=31&lang=ua](http://www.yuriev.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=31&lang=ua)

9. Огурцов Ю.Є. Урожайність рослин пшениці озимої та ячменю ярого залежно від застосування регуляторів росту рослин і мікродобрива на різних фонах живлення. Наукові доповіді НУБіП України. 2015. №2 (51). URL:

[http://nd.nubip.edu.ua/2015\\_2/19.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2015_2/19.pdf).

10. Kolesnikov M., Paschenko U. The reaction of pea's plants pro-antioxidant system on biostimulants Stimpro and Regoplant treatment. *Studia Biologica*, 2017, Vol. 11(3-4). P. 24-25. <http://dx.doi.org/10.30970/sbi.1103>

11. Пономаренко С.П., Грицаенко З.М., Бабаяни О.В. Біорегулятори рослин. Рекомендації по застосуванню. К.: Агробіотех. 2015. 35 с. Khan, M. N., Mobin, M., Abbas, Z. K., & Alamri, S. A. Fertilizers and their contaminants in soils, surface and groundwater. *Encyclopedia of the Anthropocene*, 2018, 5, 225-240.

12. Körschens, M., Albert, E., Armbruster, M., Barkusky, D., Baumecker, M., Behle-Schalk, L., & Zorn, W. Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2013, 59(8), 1017-1040.

13. Grammenou, A., Petropoulos, S.A., Thalassinou, G. et al. Biostimulants in the Soil-Plant Interface: Agro-environmental Implications—A Review. *Earth Syst Environ* 7, 2023, 583–600.

14. Pylak, M., Oszust, K., & Fraç, M. Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 2019, 18(3), 597-616.

15. Drobek, M., Fraç, M., & Cybulska, J. Plant biostimulants: Importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress—A review. *Agronomy*, 2019, 9(6), 335.

16. Xu, L., & Geelen, D. Developing biostimulants from agro-food and industrial by-products. *Frontiers in plant science*, 2018, 9, 1567.

17. Chalamaiah, M., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. *Food chemistry*, 2012, 135(4), 3020-3038.

18. Yakhin, O. I., Lubyaynov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in plant science*, 2017, 7, 2049.

19. Bell, C. W., Asao, S., Calderon, F., Wolk, B., & Wallenstein, M. D. Plant nitrogen uptake drives rhizosphere bacterial community assembly during plant growth. *Soil Biology and Biochemistry*, 2015, 85, 170-182.

20. Singh, J. S., & Gupta, V. K. Soil microbial biomass: A key soil driver in management of ecosystem functioning. *Science of the Total Environment*, 2018, 634, 497-500.

21. Wu, L., Jiang, Y., Zhao, F., He, X., Liu, H., & Yu, K. Increased organic fertilizer application and reduced chemical fertilizer application affect the soil properties and bacterial communities of grape rhizosphere soil. *Scientific Reports*, **2020**, *10*(1), 9568.

22. John, K., Abraham Isong, I., Michael Kebonye, N., Okon Ayito, E., Chapman Agyeman, P., & Marcus Afu, S. Using machine learning algorithms to estimate soil organic carbon variability with environmental variables and soil nutrient indicators in an alluvial soil. *Land*, **2020**, *9*(12), 487.

23. Randeep, K.; Ravendra, K.; Om, P. The Impact of Chemical Fertilizers in Our Environment and Ecosystem. <https://www.researchgate.net/publication/331132826>

24. Johannes Lehmann and Stephen Joseph (eds.) Biochar for environmental management: Science and technology. Earthscan, London.

25. Гідротермальна карбонізація біомаси- шлях до вирішення екологічних проблем. Пропозиція <https://propozitsiya.com/ua/gidrotermalna-karbonizaciya-biomasy-shlyah-do-vyrishennya-ekologichnyh-problem>  
<https://propozitsiya.com/ua/gidrotermalna-karbonizaciya-biomasy-shlyah-do-vyrishennya-ekologichnyh-problem>

26. Steinbeiss, S., Gleixner, G. and Antonietti, M.: Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, **2009**, *41*: 1301-1310.

27. Joseph, Stephen; Cowie, Annette L.; Zwieter, Lukas Van; Bolan, Nanthi; Budai, Alice; Buss, Wolfram; Cayuela, Maria Luz; Graber, Ellen R. та ін. (2021). How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biochar. *GCB Bioenergy* (англ.) *13* (11): 1731–1764. ISSN 1757-1707. doi:10.1111/gcbb.12885.

28. Fowles, M.: Black carbon sequestration as an alternative to bioenergy. *Biomass Bioenergy*, **2007**, *31*:426-432.

29. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Webster, K.A., and Buckerfield, J.C. The potential of vermicomposts as plant growth media for greenhouse crop production. In: *Vermiculture Technology Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management* (eds. C.A. Edwards, N.Q. Arancon and R. Sherman), **2010**, 103–128. CRC Press.

30. Le Bayon, R.C. and Milleret, R. Effects of earthworms on phosphorus dynamics—a review. *Dyn. Soil Dyn. Plant*, **2009**, *3* (2): 21–27.

31. Chapuis-Lardy, L., Le Bayon, R.C., Brossard, M. et al. Role of soil macrofauna in phosphorus cycling. In: *Phosphorus in Action: Biological Processes in Soil Phosphorus Cycling* (eds. E. Bünemann, A. Oberson and E. Frossard), **2011**, 199–213. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

32. Dominguez, J. and Edwards, C.A. Relationships between composting and vermicomposting. In: *Vermiculture Technology Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management* (eds. C.A. Edwards, N.Q. Arancon and R. Sherman), **2010**, 11–26. CRC Press.

33. Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in agronomy*, **2015**, *130*, 141-174.

34. Du Jardin, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticultrae*, **2015**, *196*, 3-14.

35. Chiaiese, P., Corrado, G., Colla, G., Kyriacou, M. C., & Roupael, Y. Renewable sources of plant biostimulation: microalgae as a sustainable means to improve crop performance. *Frontiers in plant science*, **2018**, *9*, 1782.

36. Strachel, R., Wyszowska, J., & Baćmaga, M. The role of compost in stabilizing the microbiological and biochemical properties of zinc-stressed soil. *Water, Air, & Soil Pollution*, **2017**, *228*, 1-15.

37. Javaid, A. Foliar application of effective microorganisms on pea as an alternative fertilizer. **2006**, *Agron Sustain Dev* 26: 257-262.

38. Vassileva, M., Flor-Peregrin, E., Malusá, E., & Vassilev, N. Towards better understanding of the interactions and efficient application of plant beneficial prebiotics, probiotics, postbiotics and synbiotics. *Frontiers in plant science*, **2020**, *11*, 1068.

39. Quilty, J. R., & Cattle, S. R. Use and understanding of organic amendments in Australian agriculture: a review. *Soil Research*, **2011**, *49*(1), 1-26.

40. Seyedbagheri, M. M. Influence of humic products on soil health and potato production. *Potato research*, **2010**, *53*(4), 341-349.

41. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*, **2014**, *383*, 3-41.

42. Saviozzi, A., Levi-Minzi, R., Cardelli, R., & Riffaldi, R. A comparison of soil quality in adjacent cultivated, forest and native grassland soils. *Plant and soil*, **2001**, *233*, 251-259.

43. Tejada, M., Benítez, C., Gómez, I., & Parrado, J. Use of biostimulants on soil restoration: Effects on soil biochemical properties and microbial community. *Applied soil ecology*, **2011**, *49*, 11-17.

44. Добриво з деревного вугілля. (2019). Біопаливо та копали України. Retrieved from: <https://bio.Ukr.bio.ua/articles/3267/> (Date of application: 10.12.2019).

45. Мандро, Ю. ., & Вінчук, М. М. (2015). Деревний попіл як засіб зниження переходу  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту в рослини торобини звичайної (*Sorbus aucuparia* L.) та крушини ламкої (*Rhamnus frangula* L.) в лісових екосистемах Полісся України. Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки, *12*, 19-25.

46. Nardi, S., Carletti, P., Pizzeghello, D., & Muscolo, A. Biological activities of humic substances. *Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems*, **2009**, 2(part 1), 305-339.

47. Giannattasio, M., Vendramin, E., Fornasier, F., Alberghini, S., Zanardo, M., Stellin, F., ... & Squartini, A. Microbiological features and bioactivity of a fermented manure product (preparation 500) used in biodynamic agriculture. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, **2013**, 23(5), 644-651.

48. Chen, S. K., Subler, S., & Edwards, C. A. Effects of agricultural biostimulants on soil microbial activity and nitrogen dynamics. *Applied Soil Ecology*, **2002**, 19(3), 249-259.

49. Dick, R. P., Rasmussen, P. E., & Kerle, E. A. Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system. *Biology and Fertility of Soils*, **1988**, 6, 159-164.

50. Frankenberger Jr, W. T., & Dick, W. A. Relationships between enzyme activities and microbial growth and activity indices in soil. *Soil science society of America journal*, **1983**, 47(5), 945-951.

51. Masciandaro, G., Ceccanti, B., Ronchi, V., Benedicto, S., & Howard, L. Humic substances to reduce salt effect on plant germination and growth. *Communications in soil science and plant analysis*, **2002**, 33(3-4), 365-378.

52. Burns, R. G. Enzyme activity in soil: location and a possible role in microbial ecology. *Soil biology and biochemistry*, **1982**, 14(5), 423-427.

53. Lemanowicz, J. Dynamics of phosphorus content and the activity of phosphatase in forest soil in the sustained nitrogen compounds emissions zone. *Environmental Science and Pollution Research*, **2018**, 25(33), 33773-33782.

54. Colla, G., Roupael, Y., Di Mattia, E., El-Nakhel, C., & Cardarelli, M. Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2015**, 95(8), 1706-1715.

55. Ertani, A., Pizzeghello, D., Baglieri, A., Cadili, V., Tambone, F., Gennari, M., & Nardi, S. Agro-industrial residues and their biological activity on maize (*Zea mays* L.) metabolism. *Journal of Geochemical Exploration*, **2012**, 129, 103-111.

56. Malik, K. A., & Azam, F. Effect of humic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling growth. *Environmental and Experimental Botany*, **1985**, 25(3), 245-252.

57. Zandonadi, D. B., Santos, M. P., Dobbss, L. B., Olivares, F. L., Canellas, L. P., Binzel, M. L., ... & Façanha, A. R. Nitric oxide mediates humic acids-

induced root development and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activation. *Planta*, **2010**, 231, 1025-1036.

58. Pathma, J. and Sakthivel, N. Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. Springerplus, **2012**, 1: 26.

59. Garcia-Gil, J.C., Ceppi, S.B., Velasco, M.I. et al. Long-term effects of amendment with municipal solid waste compost on the elemental and acidic functional group composition and pH-buffer capacity of soil humic acids. *Geoderma*, **2004**, 121 (1-2): 135–142.

60. Pertusatti, J. and Prado, A.G.S. Buffer capacity of humic acid: thermodynamic approach. *J. Colloid Interface Sci.*, **2007**, 314 (2): 484–489.

61. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*, **2014**, 383, 3-41.

62. Jie Jin, Ke Sun, Yan Yang, Ziyang Wang, Lanfang Han, Xiangke Wang, Fengchang Wu, and Baoshan Xing *Environmental Science & Technology* **2018** 52 (4), 1880-1888.

63. Biederman, L. A., & Harpole, W. S. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB bioenergy*, **2013**, 5(2), 202-214.

64. Wong, W.S., Tan, S.N., Ge, L. et al. The importance of phytohormones and microbes in biofertilizers. In: *Bacterial Metabolites in Sustainable Agroecosystem* (ed. D.K. Maheshwari), **2015**, 105–158.

65. Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in plant science*, **2017**, 7, 2049.

66. Chen, L.M., Dick, W.A., Streeter, J.G., and Hoitink, H.A.J. Fe chelates from compost microorganisms improve Fe nutrition of soybean and oat. *Plant Soil*, **1998**, 200 (2): 139–147.

67. Vessey, J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*, **2003**, 255 (2): 571–586

68. Mishra, D.J., Singh, R., Mishra, U.K., and Shahi, S.K. Role of bio-fertilizer in organic agriculture: a review. *Res. J. Recent Sci.*, **2013**, 2: 39–41.

69. Ahemad, M. and Kibret, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *J. King Saud Univ. Sci.*, **2014**, 26 (1): 1–20.

70. Geisseler, D. and Scow, K.M. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms – a review. *Soil Biol. Biochem.*, **2014**, 75: 54–63.

71. Owen, D., Williams, A.P., Griffith, G.W., and Withers, P.J.A. Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorus acquisition. *Appl. Soil Ecol.*, **2015**, 86: 41–54.

72. Hungria, M., Franchini, J.C., Campo, R.J. et al. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N<sub>2</sub> fixation and N fertilizer to grain yield. *Can. J. Plant. Sci.*, **2006**, 86 (4): 927–939.

73. Antoun, H., Beauchamp, C.J., Goussard, N. et al. Potential of rhizobium and Bradyrhizobium species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: effect on radishes (*Raphanus sativus* L.). *Plant Soil*, **1998**, 204 (1): 57–

67.  
74. Kloepper, J.W., Lifshitz, R., and Zablutowicz, R.M. Free-living bacterial Inocula for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol*, **1989**, 7 (2): 39–44.

75. Elsheikh, E.A.E. and Ibrahim, K.A. The effect of Bradyrhizobium inoculation on yield and seed quality of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Food Chem.*, **1999**, 65 (2): 183–187.

76. Rodriguez, H. and Fraga, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol. Adv.*, **1999**, 17 (4-5): 319–339.

77. Wong, W.S., Tan, S.N., Ge, L. et al. The importance of phytohormones and microbes in biostimulants: mass spectrometric evidence and their positive effects on plant growth. *Acta Hortic.*, **2016**, 1148: 49–59

78. Pacifici, E., Polverari, L., and Sabatini, S. Plant hormone cross-talk: the pivot of root growth. *J. Exp. Bot.*, **2015**, 66 (4): 1113–1121.

79. <https://www.researchgate.net/publication/339109866> Plant Biostimulants in Vermicomposts Characteristics and Plausible Mechanisms, **2020**, 155-180.

80. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.02.052>

81. <https://www.researchgate.net/publication/331132826> The Impact of Chemical Fertilizers on our Environment and Ecosystem

82. Chalamaiah, M., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. *Food chemistry*, **2012**, 135(4), 3020-3038.

83. Laurent, E. A., Ahmed, N., Durieu, C., Grieu, P., & Lamaze, T. Marine and fungal biostimulants improve grain yield, nitrogen absorption and allocation in durum wheat plants. *The Journal of Agricultural Science*, **2020**, 158(4), 279-287.

84. Wasswa, J., Tang, J., Gu, X. H., & Yuan, X. Q. Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of protein hydrolysate from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin. *Food Chemistry*, **2007**, 104(4), 1698-1704.

85. Yin, H., Pu, J., Wan, Y., Xiang, B., Bechtel, P. J., & Sathivel, S. Rheological and functional properties of catfish skin protein hydrolysates. *Journal of food science*, **2010**, 75(1), E11-E17.

86. Sampath Kumar, N. S., Nazeer, R. A., & Jaiganesh, R. Purification and identification of antioxidant peptides from the skin protein hydrolysate of two

marine fishes, horse mackerel (*Magalaspis cordyla*) and croaker (*Otolithes ruber*). *Amino acids*, **2012**, *42*, 1641-1649.

87. Gbogouri, G. A., Linder, M., Fanni, J., & Parmentier, M. Influence of hydrolysis degree on the functional properties of salmon byproducts hydrolysates. *Journal of food science*, **2004**, *69*(8), C615-C622.

88. Sathivel, S. U. B. R. A. M. A. N. I. A. M., Bechtel, P. J., Babbitt, J. E. R. R. Y., Smiley, S. C. O. T. T., Crapo, C. H. A. R. L. E. S., Reppond, K. D., & Prinyawiwatkul, W. I. T. O. O. N. Biochemical and functional properties of herring (*Clupea harengus*) byproduct hydrolysates. *Journal of Food Science*, **2003**, *68*(7), 2196-2200.

89. Je, J. Y., Qian, Z. J., Byun, H. G., & Kim, S. K. Purification and characterization of an antioxidant peptide obtained from tuna backbone protein by enzymatic hydrolysis. *Process Biochemistry*, **2007**, *42*(5), 840-846.

90. Nazeer, R. A., Deeptha, R., Jaiganesh, R., Sampathkumar, N. S., & Naqash, S. Y. Radical scavenging activity of seela (*Sphyræna barracuda*) and ribbon fish (*Lepturacanthus savala*) backbone protein hydrolysates. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, **2011**, *17*, 209-216.

91. Liaset, B., Lied, E., & Espe, M. Enzymatic hydrolysis of by-products from the fish-filleting industry; chemical characterisation and nutritional evaluation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2000**, *80*(5), 581-589.

92. Chalamaiah, M., Rao, G. N., Rao, D. G., & Jyothirmayi, T. Protein hydrolysates from meriga (*Cirrhinus mrigala*) egg and evaluation of their functional properties. *Food Chemistry*, **2010**, *120*(3), 652-657.

93. Ahn, C. B., Lee, K. H., & Je, J. Y. Enzymatic production of bioactive protein hydrolysates from tuna liver: effects of enzymes and molecular weight on bioactivity. *International journal of food science & technology*, **2010**, *45*(3), 562-568.

94. Venugopal, V. Enzymes from seafood processing waste and their applications in seafood processing. *Advances in food and nutrition research*, **2016**, *78*, 47-69.

95. Shavandi, A., Hu, Z., Teh, S., Zhao, J., Carne, A., Bekhit, A., & Bekhit, A. E. D. A. Antioxidant and functional properties of protein hydrolysates obtained from squid pen chitosan extraction effluent. *Food chemistry*, **2017**, *227*, 194-201.

96. Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., & Roupael, Y. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, **2015**, *196*, 28-38.

97. Xu, C., & Mou, B. Drench application of fish-derived protein hydrolysates affects lettuce growth, chlorophyll content, and gas exchange. *Horttechnology*, **2017**, *27*(4), 539-543.

98. Paradiković, N., Vinković, T., Vinković Vrček, I., Zuntar, I., Bojić, M., & Medić-Sarić, M. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2011**, 91(12), 2146-2152.

99. Madende, M.; Hayes, M. Fish By-Product Use as Biostimulants: An Overview of the Current State of the Art, Including Relevant Legislation and Regulations within the EU and USA. *Molecules* **2020**, 25, 1122. <https://doi.org/10.3390/molecules25051122>

100. Report of the HPTA Science Committee . Biochar and humic substances: a comparison, July 21, 2015 /

101. Застосування Biochar в аграрній промисловості  
<http://greenpower.com.ua/clients/articles/2017-05-13-14-15-00/>

102. Du Jardin, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*, **2015**, 196, 3-14.

103. B. Glaser, J. Lehmann, and W. Zech, *Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weathered Soils in The Tropics with Charcoal: A review*, *Biol Fertil Soils*, **2002**, vol. 35.

104. Sohi, S., Loez-Capel, E., Krull, E., & Bol, R. Biochar's roles in soil and climate change: A review of research needs. CSIRO Land and Water Science Report, **2009**, 5(09), 1-57.

105. Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Flockaday, W. C., & Crowley, D. Biochar effects on soil biota—a review. *Soil biology and biochemistry*, **2011**, 43(9), 1812-1836.

106. Berihun T., Tolosa S, Muluken Tadele, and Firew Kebede Effect of Biochar Application on Growth of Garden Pea (*Pisum sativum* L.) in Acidic Soils of Bule Woreda Gedeo Zone Southern Ethiopia /*International Journal of Agronomy* 2017. – <https://doi.org/10.1155/2017/6827323> <https://doi.org/10.1016/j.ijhazmat.2021.126611>

107. Deepthi, M. P., Nivethitha, S., Saminathan, K., Narendhirakannan, R. T., Karmegam, N., & Kathireswari, P. Effect of vermiwash prepared from livestock biowaste as vermiponics medium on the growth and biochemical indices of *Amaranthus viridis* L. *Environmental Technology & Innovation*, **2021**, 21, 101300.

108. Matthew Chekwube Enebe, Mariana Erasmus, vermicomposting technology - A perspective on vermicompost production technologies, limitations and prospects, *Journal of Environmental Management*, Volume 345, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118585> [https://www.researchgate.net/publication/261191490\\_Impact\\_of\\_vermicompost\\_on\\_peas\\_cultivated\\_soil](https://www.researchgate.net/publication/261191490_Impact_of_vermicompost_on_peas_cultivated_soil)

109. <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=45073>

110. Ertani, A., Cavani, L., Pizzeghello, D., Brandellero, E., Altissimo, A., Ciavatta, C., & Nardi, S. Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings. *Journal of plant nutrition and soil science*, **2009**, 172(2), 237-244.

111. Trevisan, S., Manoli, A., Ravazzolo, L., Franceschi, C., & Quaggiotti, S. mRNA-sequencing analysis reveals transcriptional changes in root of maize seedlings treated with two increasing concentrations of a new biostimulant. *Journal of agricultural and food chemistry*, **2017**, 65(46), 9956-9969.

112. Грунтові деградації і технології відтворення родючості ґрунтів: Навчальний посібник / В.О. Забалуєв, А.Д. Балаєв, О.Л. Тонха, О.В. Піковська – Київ.: НУБіП України, **2022** – 279 с.

113. Ghaly, A. E., Ramakrishnan, V. V., Brooks, M. S., Budge, S. M., & Dave, D. Fish processing wastes as a potential source of proteins. *Amino acids and oils: A critical review. J. Microb. Biochem. Technol*, **2013**, 5(4), 107-129.

114. Schmidt, R. E., Ervin, E. H., & Zhang, X. Questions and answers about biostimulants. *Golf Course Manage*, **2003**, 71(6), 91-94.

115. Gupta, A., & Sen, S. Role of biofertilisers and biopesticides for sustainable agriculture, **2013**, scholar. google. com.

116. Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A. A., & Ibraheem, I. Microalgae and wastewater treatment. *Saudi journal of biological sciences*, **2012**, 19(3), 257-275.

117. Вирощування гороху. Правильна оцінка рентабельності [Електронний ресурс] // Еридон. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.eridon.ua/viroschuvannya-gorohu-pravilna-ocinka-rentabelnosti>.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України