

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

НУБІП України

**05.09– МР. 925 «3» 2021.10.11. 12 ПЗ**

**ВАСЮКОВ ІВАН РОМАНОВИЧ**

НУБІП України

**2022 р.**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ФАКУЛЬТЕТ АГРОБІОЛОГІЧНИЙ

УДК 631.4:658.916.31

**ПОГОДЖЕНО**

Декан агробіологічного факультету

проф. О.Л. Тонха

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри ґрунтознавства  
та охорони ґрунтів

проф. В.О. Забалуєв

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**«Біологічна активність лучно-чорноземного карбонатного ґрунту за  
вирощування гороху»**

Спеціальність 201 «Агрономія»

(цифр і назва)  
(назва)

Освітня програма «Агрохімія і ґрунтознавство»

Гарант програми

Науковий керівник,  
докт. с.-г. наук, проф.

Виконав \_\_\_\_\_

В.О. Забалуєв

О.Л. Тонха

І.Р. Васюков

КИЇВ – 2022

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

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

(підпис)

ЗАВДАННЯ

до виконання магістерської роботи

**Васюков Іван Романович**

Тема роботи : «**Біологічна активність лучно-чорноземного карбонатного ґрунту за вирощування гороху**»

Спеціальність 201 «Агрономія»

Освітня програма «Агрохімія і ґрунтознавство»

2. Керівник роботи: д.с.-г.н. проф. О.Л. Тонха

Затверджені наказом від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

1. Термін подання студентом магістерської роботи 2022.10.25

2. Вихідні дані до магістерської роботи є стаціонарний дослід кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва

3. Перелік питань, що підлягають дослідженню

3.1 Відібрати зразки ґрунту для мікробіологічних досліджень у травні.

3.2 Визначити чисельність амоніфікаторів, нітрифікаторів в лучно-чорноземному ґрунті за різних варіантів удобрення.

3.3 Розрахувати К мобілізації – іммобілізації азоту за різних варіантів удобрення.

3.4 Урожайність гороху за різних варіантів удобрення.

Студент \_\_\_\_\_

І.Р. Васюков

Керівник роботи

О.Л. Тонха

## РЕФЕРАТ

Магістерську роботу викладено на 62 сторінках, яка складається з 4 розділів, вміщує в себе 2 рисунки та 9 таблиць. Список посилань містить 83 джерел з наукових та фахових видань.

**Метою роботи** було оцінити біологічну активність і азотний режим лучно-чорноземного карбонатного ґрунту за різних варіантів удобрення.

**Методи досліджень.** Визначення чисельності різних груп ґрунтових мікроорганізмів проходило згідно з методикою Д.Г. Звягінцева [75] посівом ґрунтової суспензії на тверді поживні середовища. На м'ясо-пептонному агарі (МПА) вивчалась загальна чисельність мікроорганізмів, що розкладають органічні сполуки, які містять азот. На крохмало-аміачному середовищі (КАА) вивчалися мікроорганізми, що асимілюють мінеральні форми азоту.

**Результати та їх новизна.** Найбільша чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів отримано в шарі 20-40см за внесення  $N_{15}P_{15}K_{15}$  на фоні післядії органіки, а найменша — за застосування тільки мінеральної системи удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Інтенсивність процесів деструкції над процесами синтезу органічної речовини можна побачити у варіанті нижнього шару варіанту  $N_{30}P_{30}K_{30}$  ( $K_{ол}=0,17$ ). Взаємодія використання органічних і мінеральних добрив найкраще впливають на перебіг біологічних процесів і оптимізують формування угруповань ґрунтової мікробіоти і хоча показник у варіанті нижнього шару варіанту  $N_{30}P_{30}K_{30}$  більше у 9 разів в порівнянні з відповідним шаром контролю і близько 5 раз вищий в порівнянні з верхнім шаром даного варіанту, але це значення дуже низьке для даного показника. Найвищий вміст нітратного азоту був отриманий на варіанті з органо-мінеральною системою удобрення з  $N_{45}P_{45}K_{45}$ . На цьому ж варіанті отримано найвищу урожайність гороху — 3,34 т/га, що на 0,93 т/га більше порівняно з контролем. Висока вартість добрив призвела до формування найбільшого умовно чистий дохід 6840 грн/га на іншому варіанті застосування післядії органіки +  $N_{15}P_{15}K_{15}$ .

Найвищий рівень рентабельності 192% отримано за застосування післядії органіки N15P15K15, а найменший 78% за мінеральної системи удобрення N30P30K30.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

РЕФЕРАТ ЗТ	
ВСТУП	34
РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ ТА ЇЇ ЗМІНИ ПІД	
ВПЛИВОМ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ	
КУЛЬТУР (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	36
1.1 Зміни біологічної активності ґрунтів за різних елементів технологій	
виращування бобових	36
1.2. Вплив мінеральних добрив на урожайність зернобобових культур	48
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Програма досліджень	50
2.2. Об'єкт досліджень	50
2.3 Агрометеорологічні умови проведення досліджень	53
РОЗДІЛ 3. БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ЛУЧНО-ЧОРНОЗЕМНОГО ҐРУНТУ	
ТА ЇЇ ЗМІНИ ПІД ВПЛИВОМ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ УДОБРЕННЯ	
3.1 Мікробіологічні процеси у лучно- чорноземному ґрунті	56
3.2 Мінеральний азот в лучно-чорноземному ґрунті за різних варіантів	
удобрення	60
3.3 Вплив різних варіантів удобрення на амонійний азот ґрунту	64
РОЗДІЛ 4. АГРОНОМІЧНА І ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ	
ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ	
4.1. Урожайність гороху за різних варіантів удобрення	66
4.2. Економічна ефективність вирощування гороху	70
РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ГОРОХУ	
	73
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	75

# НУВБІП України

## ВСТУП

Нинішній стан сільського господарства це багатобарвна палітра напрямів та тенденцій становлення нових форм організації, структур землекористування, пошуків нетрадиційних сівозмін та технологій вирощування культур, які здатні даги гарантований прибуток. Хаос в розвитку аграрної економіки спричинився не тільки і не стільки через революційні зміни в державі в цілому, пов'язані зі змінами форми власності, розривом усталених господарських зв'язків, руйнуванням системи постачання матеріальних ресурсів та гарантованого збуту вирощеного врожаю, а, скоріше за все, переосмисленням новим "призовом" аграріїв цілісних підходів до рілляництва (традиційних способів обробітку ґрунту) та структури сівозміни. Це, будучи помноженим на менталітет пересічного українця — отримати все й одразу, і породило у вітчизняному сільському господарюванні ту нечувану строкатість, яку ми нині спостерігаємо. І все ж, якщо підходити до ситуації, як то кажуть, з наукових позицій, радше із сучасних поглядів, то цей самий хаос є основою для виникнення нових оригінальних (більш високого рівня організованості) структур. А сама земля годувальниця вимагає вже зараз якогось поміркованого, основаного на здоровому глузді та перевіреного досвідом і часом підходу. Насамперед, набір культур, які ми по чергово висіваємо на поля з тим, щоб, зробивши ставку на 2–3 високорентабельні культури, не перевиснажити поле, заселивши його хворобами та шкідниками, спонукавши спалахи епіфітотій та епізоотій [Гончар, 2008].

ґрунт є місцем існування для незчисленної кількості макро- і мікроорганізмів. Для макроорганізмів ґрунт виступає як цілісне місце існування. Для мікроорганізмів ґрунт слід розглядати як складну гетерогенну систему з різко різними умовами мешкання в кожній окремій його частині. Пригнічуючи маса мікроорганізмів ґрунту (до 80-90%) знаходяться в адсорбованому стані на поверхні ґрунтових агрегатів, коренів рослин або речовинах органічного опаду. Велика частина мікроорганізмів перебуває в ґрунті в неактивному стані - у

видляді ендоспор, мікроцист, вегетативних клітин, що ведуть нерухомий спосіб життя, або переживають несприятливі умови.

Стержневою проблемою сучасного землеробства є відтворення родючості чорноземів і в першу чергу забезпечення в них бездефіцитного балансу гумусу.

Без цього неможливо підвищити і стабілізувати продуктивність цієї галузі сільського господарства, зробити її ефективною і екологічно безпечною.

Ця проблема комплексна, бо процес гумусоутворення залежить від багатьох природніх і виробничих факторів. Для її вирішення потрібно

встановити закономірності і механізми мікробної трансформації гумусових речовин, віднайти ресурси свіжої органічної речовини, розробити агроприйоми і

технології, які б дозволили забезпечити відтворення родючості чорноземів.

Невдачі в розв'язанні цієї проблеми пов'язані з несистемним підходом, коли намагались все вирішити за допомогою високих норм добрив, особливо мінеральних.

Нестачу органічних добрив можна компенсувати залученням для цієї цілі соломи зернових, супутньої продукції інших культур та використанням зеленого добрива. Крім цього великий резерв криється в зменшенні надмірної мінералізації гумусу інтенсивним обробітком і підвищенні коефіцієнта

гуміфікації свіжої органічної речовини, чого можна досягти розробляючи і впроваджуючи відповідні технології вирощування культур. Це можуть бути ґрунтозахисні технології з мінімалізацією обробітку ґрунту, які забезпечують

його захист від факторів деградації і підвищують врожайність сільськогосподарських культур.

В наших дослідженнях проблема вирішується завдяки системному підходу, який передбачає використання різних видів органічних і мінеральних добрив, супутньої продукції і сидерації. Тому, метою нашої роботи буде

встановити вплив різних технологій вирощування культур на біологічну активність ґрунту і трансформацію сполук азоту за вирощування гороху.

# РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ ТА ЇЇ ЗМІНИ ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

## 1.1 Зміни біологічної активності ґрунтів за різних елементів технологій вирощування бобових

Біологічні властивості ґрунтів в значній мірі залежать від біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів та специфіки функціонування різних еколого-трофічних груп мікробного ценозу педосфери [Сімоцько та ін., 2007]. Діяльність ґрунтових мікроорганізмів визначає родючість ґрунтів, їх екологічний та фітосанітарний стан, але окрім того, ґрунтові мікроорганізми високочутливі індикатори, які миттєво реагують на наявність в екосистемах контамінантів, що віддзеркалюється на показниках біологічної активності ґрунту, зокрема ферментативній активності та інтенсивності виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту [Звягинцев Д.Г. 1987р.; Symochko L., Roshko V 2007р.; Harwood C. S., Greenberg E. P].

В функціонуванні ґрунтових екосистем ферменти, що накопичуються у ґрунті в процесі життєдіяльності живих організмів відіграють виключно важливу роль. Завдяки біокаталітичним процесам за участю різних ферментів, ґрунти здійснюють свої найважливіші біогеоценологічні функції, такі як гумусовоенергетичні, трофічні, санітарно-відновлювальні, тощо [Хазієв Ф.Х. 2005р].

Дослідженнями різних авторів було встановлено, що активність ґрунтових ферментів може виступати додатковим діагностичним показником ґрунтової родючості. Одним із важливих ферментів класу оксидоредуктаз є каталаза. Її активність пов'язана із розкладом токсичного для живих організмів перекису водню. З ферментів класу гідролаз найбільш адекватним показником, який відображає каталіз гідролітичного розкладу вуглецевмісних речовин ароматичного ряду з перетворенням їх у гумусні сполуки, є інвертаза [Казеев

К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф., Семиколенных А.А. 2001р. Даденко Е.В. 2005р].

Рівень антропогенного навантаження безпосередньо впливає на показник біологічної та ферментативної активності ґрунту, тому останні можна використовувати для оцінки екологічного стану ґрунтів при проведенні мікробіологічних моніторингових досліджень педосфери. Рівень біологічної та ензиматичної активності ґрунту підлягає сезонній динаміці. Навесні ці показники майже вдвічі вищі ніж восени у всіх варіантах досліді. Найвищим рівнем біологічної активності за інтенсивністю виділення вуглекислого газу,

каталазною та інвертазною активністю характеризувався ґрунт дубово-грабового лісу, що пов'язано з відсутністю прямого антропогенного впливу [Symochko L., Koshko V., 2007].

Окультурення ґрунтів з метою одержання первинної сільськогосподарської продукції призводить до зниження рівня біологічної активності ґрунту та ензиматичних показників, що обумовлено порушенням збалансованості біохімічних та мікробіологічних процесів при нерациональному застосуванні різних агрозаходів. Особливо негативно на рівень каталазної та інвертазної активності впливає беззмінне вирощування агрокультур [Сімочко та ін., 2007].

Бобові культури, як відомо за дослідженнями багатьох українських і іноземних вчених, покращують родючість ґрунту завдяки симбіотичній асоціації з мікроорганізмами, такими як ризобії, які фіксують атмосферний азот і роблять азот доступним для господаря та інших культур за допомогою процесу, відомого як біологічна фіксація азоту (BNF). Бобові культури, включені в систему землеробства, покращують родючість ґрунту і врожайність сільськогосподарських культур. Переваги бобових культур у системі землеробства пояснюються з точки зору прямого переносу азоту, залишкового фіксованого азоту, доступності та поглинання поживних речовин, впливу на властивості ґрунту, розриву циклів шкідників та посилення іншої ґрунтової мікробної активності. Найкращі переваги бобових культур і системи BNF можна

отримати, інтегрувавши їх у системи вирощування культур [Tonha та ін., 2010; Tonha та ін., 2012; Ali et al., 2002; Anjabor et al., 2002; Bergersen et al., 2002].

Бобові підвищують родючість ґрунту завдяки дії мікроорганізмів, які позитивно впливають на властивості ґрунту, включаючи біологічні, хімічні та фізичні властивості ґрунту [Stagnari et al., 2017; Nanganoa et al., 2019; Vasconcelos

et al., 2020]. Вирощування бобових культур формує низькі витрати та стійкі системи сільськогосподарства з екологічної, економічної та управлінської точок зору [Ghosh та ін., 2007; Stagnari та ін., 2017]. Це пояснюється внеском

бобових через їх здатність фіксувати азот ( $N_2$ ) і здатність відновлювати родючість ґрунту та розривати цикли хвороб та інших шкідників, які атакують культури [Kebede, 2020a].

Загальна фіксація азоту у світі оцінюється приблизно в  $1,75 \times 10^{11}$  кг з яких симбіотична фіксація азоту в бобових культурах становить приблизно  $8,0 \times$

$10^{10}$  кг шляхом фіксації в середньому 20–200 кг N фіксованого га<sup>-1</sup> рік<sup>-1</sup>, а іншу майже половину промислово фіксують під час виробництва азотних добрив (приблизно  $8,8 \times 10^{10}$  кг) [Shah et al., 2021]. Таким чином, біологічна фіксація азоту (BNF) через симбіоз ризобій та бобових є найкращою альтернативою та

більш стійким процесом групи симбіотичних бактерій, так званих ризобій, які фіксують атмосферний  $N_2$  і продукують фіксовані поживні речовини, які доступні як для бобових рослин, так й для інших культур [Stagnari et al., 2017].

Повне використання BNF і максимальну вигоду від такого застосування можна отримати шляхом інтеграції бобових культур у системи землеробства

[Stagnari et al., 2017; Kebede, 2020a]. Добре відомі приклади включення бобових у сівозміну з одночасним вирощуванням сидератів і кулісних посівів [Ghosh та ін., 2007; Meena та ін., 2018; Kebede, 2020a; Lengwati та ін., 2020]. Широкі

запровадження та використання бобових технологій, включаючи методи, які покращують систему BNF та інтегрують її в системи вирощування

сільськогосподарських культур, є обов'язковими для збільшення сільськогосподарського виробництва.

Отже, збільшення рівня фіксованого азоту може бути досягнуто шляхом прийняття методів управління, які впливають на BNF у системах сільськогосподарського виробництва, таких як вибір генотипів бобових, інокуляція ефективними ризобіями та використання належної агрономічної практики та систем вирощування культур [Wani et al., 1995; Montañez, 2000; Vanlauwe та ін., 2019]. Таким чином, удосконалення та використання BNF є дуже важливими, особливо в країнах, що розвиваються, де більша частина збільшення виробництва продуктів харчування має відбуватися для забезпечення зростання населення світу.

Бобові культури, такі як звичайна квасоля, коров'ячий горох, соя та арахіс, є важливими господарями для ризобій, які виконують BNF. Окрім фіксації азоту в системі вирощування, бобові також сприяють перетворенню нерозчинного фосфору (P) у ґрунті, збільшенню активності ґрунтових мікробів, покращенню фізичного середовища ґрунту, відновленню органічної речовини та придушенню бур'янів [Giller, 2001; Stagnari та ін., 2017]. BNF бобових (наприклад, бобів, сочевиці, гороху, нуту, люцерни, червоної конюшини тощо) коливається від 21 до 389 кг га<sup>-1</sup> [Vasconcelos et al., 2020]. Stagnari та ін. (2017) вказали, що величина BNF і пов'язаний з цим внесок різняться залежно від видів бобових, властивостей ґрунту, кліматичних умов і систем вирощування сільськогосподарських культур (тобто монокультури, змішані культури, сівозміни тощо), а також стратегій управління ґрунтом [17].

Крім того, родючість ґрунту може бути відновлена за допомогою азоту, отриманого в результаті розкладання решток бобових, що в основному залежить від того, як їх рештки використовуються (чи включені, що приносить більше користі, повністю видалені з поля, або спалені) [Ghosh et al., 2007; Philakaratna та ін., 2016]. Види бобових, які зазвичай використовуються для виробництва зерна та сидератів, можуть фіксувати азот у діапазоні від 100 до 300 кг га<sup>-1</sup> з атмосфери [Fujita et al., 1992]. У природній екосистемі бобові можуть фіксувати азот у діапазоні 1,34–34,02 кг азоту на акр на рік. У системах землеробства, наприклад, багаторічні бобові культури, такі як люцерна, конюшина, справжня

конюшина та вика, можуть фіксувати до 250–500 фунтів N на акр на рік (Walley et al., 1996). Подібним чином бобові, такі як коров'ячий горох, арахіс, фаба і соя, можуть фіксувати до 113,4 кг азоту на га<sup>-1</sup>. Використання цих бобових культур

у системі землеробства, включаючи сівозміну, проміжне посів, зелене добриво та пасовища, збагачені бобовими культурами, має значні переваги порівняно з

системами вирощування одноосібних культур з точки зору використання добрив і, отже, викидів парникових газів CO<sub>2</sub> та N<sub>2</sub>O. Дослідженнями вчених Kebede, (2020a), Stagnary та ін. (2017) показано, що бобові є конкурентоспроможними

культурами з точки зору як екологічних, так і соціально-економічних переваг,

які потенційно можуть бути включені в сучасні сільськогосподарські системи,

які характеризуються зменшенням різноманітності культур і надмірним використанням добрив і агрохімікатів. Зокрема, позитивний внесок бобових у

сільськогосподарську систему в основному виникає через специфічні

властивості бобових фіксувати атмосферний азот у багаті азотом органічні

сполуки та опосередковано через їхню меншу залежність від агрономічних факторів [Vasconcelos та ін., 2020]. Окрім цього, фіксація азоту на основі бобових

має важливе значення для систем землеробства, оскільки вона використовується

культурами, що фіксують і не фіксують азот, що ростуть поблизу, оскільки

переваги можуть бути доповнені рослинами-фіксаторами [Vanlauwe et al., 2019; Kebede, 2020a, b].

Частина симбіотично фіксованого азоту в бобових стає доступною для наступних культур через розкладання та мінералізацію залишків бобових

[Thilakarathna et al., 2016; Islam and Adjesiwor, 2017]. Рештки бобових культур

можуть бути джерелом більшої кількості мінерального азоту для наступних культур, ніж залишки зернових, завдяки відносно високому вмісту азоту та

відносно низькому співвідношенню C:N у залишках бобових порівняно із залишками зернових культур. Поживні речовини, отримані з розкладених

коренів, бульбочок, кореневих шапочок, клітин кореневої облямівки, відлущених клітин і епідермісу (нерозчинних у воді матеріалів) значно сприяють

переносу поживних речовин під землю [Loiann et al., 2015]. Зернові, які

вирощуються разом із бобовими культурами, отримують додатковий азот порівняно з монокультурою зернових. Використання бобових культур у різних системах землеробства може спричинити значне та прогресивне збільшення врожайності на наступних небобових культурах порівняно з сівозміною з небобовими культурами [Kebede, 2020a]. Припускається, що багато факторів пояснюють ці результати, включаючи збагачену доступність азоту після бобових та інші ефекти ротації, такі як зменшення хвороб та інших шкідників і більш високий рівень мікоризної колонізації та різноманітність у ґрунтах. Мерфі-Бокерн та ін. (2017) стверджували, що багата азотом біомаса коренів, пагонів і листя бобових, яка підтримується BNF, покращує доступність N для сусідніх або наступних рослин небобових культур у вигляді ексудатів, а жива та старіюча біомаса забезпечує додатковий підземний шар N-збагачений вхід у ґрунт [34].

Поживні речовини, отримані від розкладених коренів, бульбочок, кореневих шапочок, клітин кореневої облямівки, відлущених клітин і епідермісу (нерозчинних у воді матеріалів), значною мірою сприяють переносу поживних речовин під землю [Loarn et al., 2015]. Сівозміна, що включає бобові, можуть зменшити кількість азотних добрив, що вносяться під наступні культури. За даними Mayer et al. (2003), азот, отриманий із кореневищ бобових, сприяє збільшенню залишкового вмісту азоту в ґрунті на 35–44% і становить 79–85% підземного азоту рослин на стадії зрілості. Окрім цього, 47% усього підземного азоту, отриманого з рослин, можна отримати з решток коренів бобових. Крім того, завдяки використанню інокулянтів ризобій допомагає покращити доступний азот і фосфор у ґрунті після збору врожаю, і його можна використовувати для наступної культури [Matse et al., 2020].

Також звіти показують, що BNF можна покращити шляхом інокуляції бобових культур сумісними ризобіями [Wani та ін., 1995; Adeleke та Haruna, 2012; Bhowmik та Das, 2018]. Покращена фіксація азоту може залишити надходження залишкового азоту в ґрунт, що сприяє утворенню органічної речовини та може бути джерелом недорогих поживних речовин для наступного сезону врожаю. Рослинний опад листя під час росту бобових культур у

вузликів кореня становить до 40 кг N га<sup>-1</sup> [Buresh and De Datta, 1991]. Ghosh та ін. (2007) стверджували, що бобові, такі як соя, горох, вігна та земляний горіх, які культивуються як проміжна культура для гороху, мали позитивний залишковий внесок у врожайність наступної пшениці. Таким чином, вважається, що використання бобових культур у системі землеробства та використання BNF сприяє підвищенню родючості ґрунту та дає економічні переваги [Ndakidemi та ін., 2006].

Під час збору врожаю насіння бобових та внесення решток у ґрунт уся поживна речовина, що міститься в рослині, нерівномірно розподіляється між різними вегетативними частинами [Lohan та ін., 2015; Thilakarathna та ін., 2016].

Ці частини також відрізняються один від одного за рівнем, до якого вони вивільняють мінеральні поживні речовини в ґрунт і, зрештою, у наступні культури. Зміни поживних речовин, що відбуваються під час розкладання рослинних залишків, залежать від поведінки із залишками, температури, фізичних і хімічних властивостей ґрунту, а також від того, чи ґрунти загоплені та/або залишаються аеробними [Buresh and De Datta, 1991]. Однак розкладання залишків може бути покращено за рахунок вмісту лігніну та поліфенолів, хоча концентрація азоту в тканинах, співвідношення C:N і стан води в ґрунті є

основними аспектами, що впливають на швидкість мінералізації та отримання залишків бобових для наступних культур [Peoples and Herridge, 2009]. Проте, коли бобові сидерати вирощуються та призначені для використання в сільськогосподарській системі, усі частини рослин повертаються в ґрунт. У цьому випадку кількість поживних речовин, що залишилися в ґрунті, і концентрація поживних речовин у

Системи вирощування бобових покращують кілька аспектів родючості ґрунту, включаючи вміст органічного вуглецю та гумусу в ґрунті, доступність і поглинання N і P, а також органічні C і N, а також вивільнення газоподібного водню як побічного продукту BNF, який сприяє розмноженню бактерій бобових. розвиток бульбочок у ризосфері [Stagnari et al., 2017]. Доступність і поглинання поживних речовин рослинами залежать головним чином від кількості,

концентрації та активності, що відбувається в кореневій зоні ґрунту, а також здатності ґрунту замінювати лімітні поживні речовини в ґрунтовому розчині. Азот і фосфор є основними елементами, які у великій кількості містяться в ґрунті та атмосфері відповідно, але знаходяться у формах, недоступних для рослин. Ці елементарні поживні речовини зазвичай є обмежуючими факторами для росту та розвитку рослин [Mmbaga et al., 2014]. Stagnari та ін. (2017) розділив надходження поживних речовин від зернових зернобобових на дві частини: (1)

компонент «азотного ефекту», який зумовлений забезпеченням поживними речовинами з BNF, який є більшим за низького вмісту азоту в наступних циклах урожаю, та (2) компонент «ефект руйнування врожаю», який включає неспецифічні переваги бобових культур, такі як поліпшення органічної речовини та структури ґрунту, мобілізація фосфору, утримання та доступність води в ґрунті, а також зниження тиску від хвороб і бур'янів. Отже, внесок бобових є найвищим у бобових, включених до різноманітних систем землеробства [17].

Також BNF на основі бобових позитивно впливає на доступність і реальний хімізм поживних речовин у ґрунті, які, таким чином, стимулюють доступність і засвоєння поживних речовин рослинами. Дослідженнями Fujita et al. (1992) показано, що максимальне поглинання азоту пшеницею було

досягнуто, коли культуру вирощували за системою проміжних посівів кукурудза-соя або кукурудза-арахіс, ніж після окремого посіву гороху. Окрім цього, мікробні інокулянти, особливо види ризобій, стали багатобічним рішенням деяких проблем, пов'язаних з інтенсивним сільським господарством, шляхом підвищення доступності та засвоєння поживних речовин і, зрештою, підвищення врожайності [44].

Виявлено покращення поглинання азоту та фосфору після інокуляції різних бобових культур ефективними штамми ризобій. Nyoki and Ndakidemi (2014) виявили, що інокуляція *Bradyrhizobium japonicum* разом із внесенням фосфору у коров'ячий горох покращує поглинання

таких поживних речовин, як N і P [45]. Подібним чином Desta et al. (2015) вказали, що інокуляція бобових культур може покращити здатність до утворення

бубочок і фіксацію азоту, що, у свою чергу, покращує поглинання поживних речовин фабою [46].

Види бобових також мають механізми розчинення та відновлення фосфору з недоступних форм у зв'язку з ризобіями. Наприклад, Stagnari et al. (2017)

повідомили про збільшення доступності фосфору на рівні ризосфери в системі проміжних посівів, ніж у єдиних культурах. Одним із механізмів є виділення органічної кислоти з коренів бобових рослин, що знижує рН у ґрунті, що прилягає до коренів, і розчиняє та вивільняє фосфор. Другим механізмом є

виділення в ґрунт ферментів фосфатази, які можуть розкласти органічний матеріал, що містить фосфор [17]. Третій механізм – це реакція взаємодії між

поверхнею коренів бобових і нерозчинним фосфором, що оточує коріння рослин [Ae and Shen, 2002]. Однак ступінь внеску бобових у надходження фосфору в

систему землеробства значною мірою залежить від типу ґрунту та існуючої ґрунтової атмосфери. Переваги бобових культур у сільськогосподарській системі наступні:

- покращення структури ґрунту після бобових культур або непокращення водоутримуючої та буферної здатності ґрунту та збільшення доступності поживних речовин, пов'язане з включенням залишків бобових.

- розрив циклу шкідників і хвороб сільськогосподарських культур, а також фітотоксичний і алелопатичний вплив різних рослинних решток.

- покращення мікробної активності ґрунту та, ймовірно, гетеротрофної фіксації азоту після додавання залишків бобових.

- додаткові нітрати, виявлені в ґрунті внаслідок бобових культур, а не після зернових чи інших небобових культур, що може бути пов'язано з меншою кількістю нітратів, які поглинаються бобовими, або є результатом стимулювання рівня мінералізації в системі вирощування бобових.

Зокрема, поза сезонне вирощування покращених бобових пар і їхнє подальше використання як сидератів є життєво важливим для покращення виробництва ґрунту та продуктивності шляхом додавання поживних речовин, таких як N та органічний C, а також шляхом придушення бур'янів [Lemage and

Tsegaye, 2020]. Naig та ін. (1999) довів, що 1-річні посіви *Sesbania sesban* підвищувала врожайність наступних посівів гороху на 50–80%, а 2-річні показало підвищення врожайності на 150–270%. Післядія різних бобових пар спостерігалися протягом 4 років після парування, а врожайність була втричі більшою, ніж монокультурна кукурудза [48]. Lemage та Tsegaye (2020) показали, що занедбані сільськогосподарські угіддя можна відновити, використовуючи покращений пар бобових, який може підвищити рН ґрунту, органічний вуглець, доступний фосфор, доступний калій і загальний вміст азоту [47]. Крім цього, показано, що різні системи перелогу бобових мають різну врожайність зерна та економічні переваги, починаючи від підвищення вмісту поживних речовин у ґрунті, збільшення врожайності зерна та підвищення економічної цінності перелогу.

Сидерати — це місцево вироблені та нерозкладені рослинні речовини, особливо бобові, які вносяться на поверхню ґрунту (як у природоохоронному землеробстві) або обробляються в ґрунт, щоб допомогти як мульча та поправка до ґрунту. Зелені добрива культивуються з конкретною метою забезпечення поживними речовинами сільськогосподарської системи шляхом розкладання біомаси [Gangwar et al., 2004; Fageria, 2007; Ghosh et al., 2007]. Сидерати на основі бобових вирощують із спеціальною метою збільшення доступності азоту в системі за рахунок використання азоту, фіксованого з атмосфери бобовими культурами [Murphy-Vokern et al., 2017]. Сидерати вигідні для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і родючості ґрунту. Бобові культури є сидеральними культурами вищого рангу порівняно з небобовими культурами через їх здатність фіксувати атмосферний азот. Внесення сидератів бобових культур та їх розкладання сприяє розчиненню макроелементів, таких як N, P і K, і мікроелементів (Zn, Fe, Mn і Cu) у ґрунті, а також може зменшити дефіцит різних поживних речовин шляхом переробки поживних речовин. через зелене добриво [Ghosh et al., 2007]. Крім того, Meena et al. (2018) виявили, що сидерати бобових культур можуть підвищити стійкість сільського господарства шляхом

збільшення збереження різних поживних речовин, покращення родючості ґрунту та зменшення ерозії ґрунту та глобального потепління.

Значна кількість живих видів населяє ґрунт і проводить майже всі відомі метаболічні реакції. Коріння рослин, ґрунтова фауна та мікробіота сприяють загальному ґрунтовому диханню; отже, вимірювання дихання ґрунту є показником загальної біологічної активності. Активність дегідрогенази підвищується при загопленні та додаванні поживних речовин у ґрунт. Достовірні вимірювання активності ферментів, накопичених у ґрунті, можна отримати, якщо протягом періоду аналізу виключено як виробництво ферментів, так і асиміляцію продуктів реакції зростаючими мікроорганізмами. Інтерпретація

вимірювань активності ферментів у ґрунті також обмежена труднощами порівняння даних, отриманих різними методами [52].

Результати дослідження показали, що застосування добрив вплинуло на структуру спільноти певних мікробних груп. Аналіз основних компонентів (PCA) показав, що частка PLFA актиноміцетів (10Me 18:0 та 10Me 16:0) була найнижчою за застосування PK і найвищою при комплексному внесенні PKPK. Азот ґрунту вплинув на чисельність актиноміцетів, тоді як кругообіг азоту був пов'язаний з ними. При обробці СК співвідношення грамположитивних і грамнегативних бактерій було нижчим порівняно з таким при обробці з додаванням добрив, що свідчить про те, що внесення добрив стимулювало популяцію грамположитивних бактерій за вирощування рису. Жирна кислота 18:2ω6,9, яка вважається переважно грибового походження, була на низькому рівні в усіх обробках. Співвідношення су 19:0 до 18:1ω7, яке було запропоновано як індикатор стресових станів, зменшувалося при внесенні фульвокислот. У цьому дослідженні були виявлені зміни ґрунтового мікробного співтовариства внесення різних добрив [Zhang et.al, 2007].

У дослідженнях Marinari et.al, 2000 було доведено вплив різних добрив на біологічні та фізичні властивості ґрунту. Під посіви гороху (*Zea mays* L.) вносили біогумус (VC) з біологічного мулу, стабілізованого молочного тною, або мінеральним азотним добривом ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) у нормі  $200 \text{ кг N га}^{-1}$ . Активність

грунтових ферментів (кислї фосфатази, дегідрогенази та протеази БАД) і продукування  $\text{CO}_2$  вимірювали як показники біологічної активності ґрунту. Ці показники метаболічної активності були пов'язані з фізичними властивостями ґрунту, такими як пористість ґрунту. За показники впливу добрив на родючість ґрунту брали розчинні фракції С і N. Існували позитивні кореляції між пористістю ґрунту, ферментативною активністю та виробництвом  $\text{CO}_2$  за внесення органічних і мінеральних добрив. Внесення органічних добрив покращує фізичні та біологічні властивості ґрунту. Збільшення макропор, коливаючись від 50–500 мкм, у ґрунті було пов'язано із застосуванням органічних добрив. Органічні добрив стимулювали біологічну активність ґрунту, ймовірно, через збагачення ґрунту органічною речовиною. Мінеральне добриво підвищило пористість ґрунту за рахунок збільшення регулярних і нерегулярних пор і спричинило ефект ґрунтування природної органічної речовини ґрунту [54].

Введення зерновобобових культур вплинуло на ґрунтові організми, включаючи симбіотичні та несимбіотичні N-фіксуючі бактерії, патогени, мікоризу та фауну, а також процеси, які вони виконують. Ці зміни відбуваються через вплив ексудатів насіння бобових, ризосферних ексудатів і рослинних залишків, що розкладаються. Симбіоз бобових і *Rhizobium* призводить до фіксації азоту ( $\text{N}_2$ ), яка додає доступний для рослин азот у систему ґрунту. За оцінками, близько 171 млн кг  $\text{N}_2$  було фіксовано посівами польового гороху (*Pisum sativum* L.), сочевиці (*Lens culinaris* Medik.), сухих бобів (*Phaseolus vulgaris* L.) і нуту (*Cicer arietinum* L.) у Канаді. Близько 40 мільйонів кг  $\text{N}_2$  було фіксовано посівами польового гороху, сочевиці та сухих бобів (включаючи нут) в агроекосистемах США. Частина фіксованого  $\text{N}_2$  використовується небобовими культурами, які вирощуються після зернових бобових культур. Багато інших асоціацій отримують користь від бобових у системі землеробства, включаючи мікоризні асоціації, які покращують поглинання рослинами поживних речовин і води, зміни в навантаженні патогенами та розвитку хвороб, а також загальні зміни в ґрунтовому співтоваристві. Бобові сприяють викидам парникових газів ( $\text{N}_2\text{O}$  та  $\text{CO}_2$ ) під час нітрифікації та денітрифікації фіксованого N. Однак,

оскільки в системах вирощування бобових культур використовується менше азоту, загальні викиди парникових газів зазвичай менші, ніж у удобрених монокультурах зернових. Стже у роботах Lurway, Kennedy (2007) доведено, що зернобобові культури мають позитивний вплив на сільське господарство, додаючи та переробляючи біологічно фіксований  $N_2$ , покращуючи поглинання поживних речовин, зменшуючи викиди парникових газів за рахунок зменшення використання азотних добрив і розриваючи цикли шкідників небобових культур.

Дослідженнями Воронкова (2011) доведено збільшення чисельності фосфатмобілізуєчих мікроорганізмів з 86.5 до 106.3 млн КУО/г ґрунту (на 23%), нітрифікаторів – з 2.6 до 4.1 тис. КУО/г ґрунту (в 1.6 раза), грибів – з 22.7 до 29.5 тис. КУО/г ґрунту (на 30%) за вирощування бобових культур. Загальне кількість мікроорганізмів у результаті зростала з 164.6 до 201.9 млн КУО/г ґрунту, що на 23% вище, ніж у контрольному варіанті. Таке зростання, очевидно, забезпечило підвищення нітрифікаційної здатності з 19.33 до 34.38 мг/кг ґрунту на 78% [56].

## 1.2. Вплив мінеральних добрив на урожайність зернобобових культур

Кінцевим показником оцінки різних елементів технологій вирощування сільськогосподарських культур є урожайність, який відображає дію на рослину усіх умов вирощування, що змінюються за допомогою різних варіантів удобрення [Ndakidemі та ін., 2006]. Так як бобові культури фіксують азот, то позитивного або сильно негативного впливу азотних добрив та комплексного удобрення на продуктивність сільськогосподарських культур не виявлено.

Максимальна врожайність гороху (3.36 т/га в середньому за роки досліджень) була отримана основною внесення  $N42P52+Mn$  на фоні доброго забезпечення ґрунту фосфором. При цьому збільшення врожайності за рахунок застосування добрив до посіву при даному підвищеному рівні забезпеченості ґрунту фосфором склала 30%, а окупність добрив збільшенням урожаю – 8.3 кг насіння/кг д.в. [Murphy-Vokem та ін., 2017].

Вплив прямої дії та післядії фосфорних добрив на сої був слабше виражений, ніж за вирощування зернобобових культур. Помітне збільшення урожайності сої з 1.46 до 1.96 т/га або на 34% за рахунок внесення амофосу перед посівом відбувалося лише на I-му фоні за рівнем родючості ґрунту за фосфором, тобто за середньої забезпеченості ґрунту фосфором [Desta та ін., 2015].

Застосування аміачної селітри до посіву достовірно підвищувало врожайність насіння сої з 1.81 до 2.02 т/га або на 12% у середньому за цим фактором. Збільшення врожайності після азотфіксуючих бобових культур виникає через роль цієї системи в модифікації діяльності ґрунтових організмів;

хімічні або фізичні характеристики ґрунту; та/або через розрив циклу хвороб, комах та інших шкідників [Wani та ін., 1995].

Використання бобових культур у системах сільського господарства та використання пов'язаних систем BNF забезпечує економічно доцільні та екологічно безпечні способи зменшення зовнішнього впливу та покращення вмісту поживних речовин у ґрунті, а отже, може бути запропоновано для живлення сталого сільського господарства [Peoples et al., 1995; Kebede, 2020a].

Магістерська робота спрямована на розробку та вирішення науково-практичних питань оцінки різних варіантів удобрення в сівозміні на біологічні процеси перетворення сполук нітрогену за вирощування гороху.

## Розділ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

### 2.1. Програма досліджень

Програмою досліджень передбачалось вивчення впливу різних варіантів удобрення на біологічну активність лучно-чорноземного карбонатного ґрунту.

Головні завдання дослідження :

- визначити вплив різних варіантів удобрення на біологічну активність лучно-чорноземного карбонатного ґрунту;
- визначити вміст в лучно-чорноземного карбонатному ґрунті амонійного і нітратного азоту за вирощування гороху;
- агрономічну та економічну ефективність вирощування гороху.

### 2.2. Об'єкт досліджень

Дослідження проводились у ВП НУБІП України «Агрономічна дослідна станція» Васильківського району Київської області. Перед закладкою польового досліду було проведено ґрунтове обстеження ділянки. Приводимо опис ґрунтового розрізу:

Нк 0-31 см 31 Гумусовий, свіжий, темно-сірий, грубопилувато-середньосуглинковий, пилувато-грудочкуватий, пухкий, підорний шар більш щільний, пронизаний коренями трав'янистої рослинності та червороїнами, перехід поступовий;

Нрк 32-66 см 34 Верхній перехідний, свіжий, темно-сірий, менш гумусований, грубопилувато-середньосуглинковий, ущільнений, основна маса гумусових речовин сконцентрована у верхній частині горизонту; нижня частина освітлена, у верхній частині присутні корені трав'янистої рослинності, велика кількість червороїн, перехід поступовий;

Р(h)gl к 67-97 30 Нижній перехідний, вологий, нерівномірно гумусований, бурувато-сірий, грубопилувато-середньосуглинковий, горіхуватий, в наявності ходи землеріїв, нижня частина горизонту з ознаками оглеєння, наявність карбонатів, перехід поступовий;

Р(h)gl к 98-110 12 Вологий лесовидний суглинок, брудно-палевий з сизуватим відтінком, з охристо-бурими плямами, кротовини і червороїни, в нижній частині має здатність до прилипання, перехід помітний;

Рglк 111-155 44 Мокрий лесовидний суглинок, сизувато-жовтого забарвлення, оглеєний, в'язкий лес;

Грунт: лучно-чорноземний карбонатний грубопилувато-середньосуглинковий на лесі.

Грунт дослідної ділянки характеризувався наступними показниками (табл. 2.2). Вміст гумусу в орному шарі становив  $4,1 \pm 0,03$ , а в підорному  $3,84 \pm 0,04$  %. Грунт характеризується слабо лужною реакцією ґрунтового розчину. В орному шарі рН становить 7,6, ємність катіонного обміну – 34,9 мг-екв/100 г ґрунту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Фізико-хімічні і агрофізичні показники лучно-чорноземного ґрунту

Генетичний горизонт	Вміст гумусу, %	pH <sub>H2O</sub>	ЄКО мг-екв./100 г ґрунту	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Щільність твердої фази, г/см <sup>3</sup>	Загальна пористість, %
Нк	4,10	7,6	34,9	1,12	2,59	60,3
Нрк	3,84	7,8	37,6	1,25	2,66	54,9

Грунт мас сприятливі агрофізичні показники. Його щільність оптимальна і становить 1,12 і дещо збільшується у перехідному горизонті до 1,31 г/см<sup>3</sup>. Загальна пористість 60,3, а в перехідному горизонті зменшується до 54,9 %.

Забезпеченість азотом легкогідролізуємих сполук за Тюриним і Коновою в горизонті гумусовому - висока, верхньому перехідному - підвищена, рухомими фосфатами та обмінним калієм за Мачигіним - середня в обох горизонтах (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Агрохімічні показники орного шару лучно-чорноземного ґрунту

Шар ґрунту, см	Азот сполук, що легко-гідролізуються, по Тюрині і Конової, мг/100 г	Рухомий фосфор, по Мачигіну, мг/100 г	Обмінний калій, по Мачигіну, мг/100 г
Нк	7,43±0,9	2,3±0,03	24,5±1,2
Нрк	6,21±0,8	1,8±0,02	20,1±1,8

Дослідження проводили у стаціонарному досліді ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» у п'ятипольній сівозміні з чергуванням культур: порох-пшениця озима - кукурудза-соя-ячмінь ярий - гороху на зерно. Ґрунт дослідної ділянки лучно-чорноземний карбонатний малогумусний крупнопилувато-середньосуглинковий на леевидному суглинку. Вміст загального гумусу в ґрунті дослідних ділянок становив 4,09–4,50%, на перелозі - 5,50%.

У досліді вивчали варіанти удобрення: 1) без добрив (контроль); 2) післядія гною +N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub>; 3) післядія гною +N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>; 4) післядія гною +N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>; 5) N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>.

Відбір та підготовка зразків ґрунту для дослідження аеробної мікробіоти у лабораторних умовах проводили згідно з ДСТУ ISO 10381-6-2001. Визначення чисельності різних груп ґрунтових мікроорганізмів проводилось згідно з методикою Д.Г. Звягінцева [75] посівом ґрунтової суспензії на тверді поживні середовища. На м'ясо-пептонному агарі (МПА) вивчалась загальна чисельність мікроорганізмів, що розкладають органічні сполуки, які містять азот. На крохмало-аміачному середовищі (КАА) вивчалися мікроорганізми, що асимілюють мінеральні форми азоту. Визначення вмісту амонійного азоту -

згідно ДСТУ 4729:2007 Якість ґрунту. Визначення нітратного та амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського.

Вологість за масою визначали гравіметричним методом горизонту (ДСТУ ISO 11465–2001). Зразки ґрунту відбиралися через кожні 10 см в метровому шарі.

Повторність триразова.

Статистична обробка даних здійснювалася за допомогою пакету прикладних програм Statistica.

Розміщення варіантів проводилось методом розщеплених ділянок. Розмір елементарної ділянки  $6 \times 30 = 180 \text{ м}^2$ , залікової ділянки –  $100 \text{ м}^2$ .

В досліді використовували аміачну селітру з вмістом азоту 34,5%, суперфосфат гранульований із вмістом  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 19,5% і калійну сіль – 60%  $\text{K}_2\text{O}$ . Мінеральні добрива і солому вносили по поверхні, розсипаючи вручну з наступним проведенням заробки.

Урожай зернобобових культур враховували механізованим методом з облікової площі. Статистичний обробіток даних провели методом дисперсного аналізу на персональному комп'ютері.

### 2.3 Агрометеорологічні умови проведення досліджень

Гідротермічні умови мають велике значення для трансформації мінеральних сполук азоту в ґрунті, ріст та розвиток гороху на зерночесьї. На рис. 2.1 і 2.2 наведено основні агрометеорологічні характеристики по місяцях за роки досліджень – середньомісячні температури повітря та середньомісячна кількість опадів.

У 2021 р. зима була холодна (січень 2022 р.) і малосніжна. Невисока вологість навесні та поступове наростання температур дозволили рано розпочати польові роботи, але за сухого травня спостерігалась затримка сходів досліджуваних культур. Горох є досить врожайною культурою, але в цьому році склалися не сприятливі умови, особливо температурний режим. Вегетаційний період основних сільськогосподарських культур в зоні характеризується нестійким зволоженням. Середньорічна температура повітря за 10 місяців року

складає  $+9,3^{\circ}\text{C}$ . Сума активних температур (вище  $+10^{\circ}\text{C}$ )  $\ominus$  2600-2700  $^{\circ}\text{C}$ .

Тривалість періоду з температурою вище  $+10^{\circ}\text{C}$   $\ominus$  160-170 днів.



Рис. 2.1. Середньомісячні температури повітря,  $^{\circ}\text{C}$  2022 р.

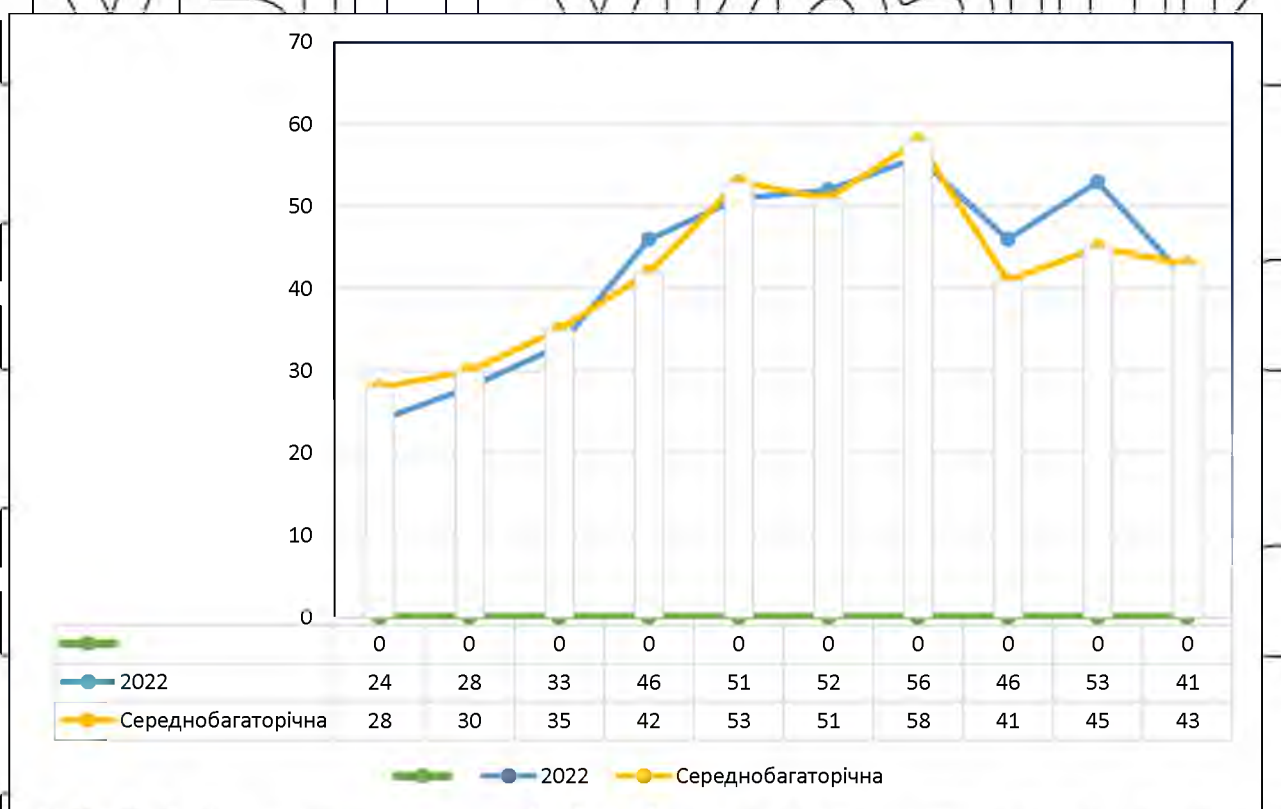


Рис. 2.2. Середньомісячні суми опадів, мм, 2022 р.

Протягом квітня 2022 року спостерігався дуже контрастний і аномальний прохолодний температурний режим. Дуже різке похолодання в першій декаді на 1–2 °С, а потім потепління, до температур характерних для початку травня.

Травневий температурний режим в цілому був близьким до звичайного, але в окремі дні з значним зниженням температур часом подекуди до заморозків на поверхні ґрунту. Оподи відмічались переважно в перші дні місяця, в середині нього та в кінці.

Червень в цілому був по температурному режимі близький до середнього багаторічного. Відмічався різкий недобір опадів. Липень цього року видався надзвичайно середньооспекотним. Оподи відмічались лише в окремі дні й був їх значний недобір. Протягом місяця відбувалися ускладнення агрометеорологічних умов росту та розвитку сільськогосподарських культур, все більше проявилася посушливість.

Погода літніх місяців характеризувалася підвищеним температурним режимом. Сума опадів за червень була вища за норму, а в липні та серпні опадів практично не було.

Тобто, погодні умови 2022 р. були сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур, особливо гороху.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# РОЗДІЛ 3. БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ЛУЧНО-ЧОРНОЗЕМНОГО ГРУНТУ ТА ЇЇ ЗМІНИ ПІД ВПЛИВОМ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ УДОБРЕННЯ

## 3.1 Мікробіологічні процеси у лучно- чорноземному ґрунті

Дослідженнями Л.Ю. Симочко [1] доведено, що кількісний склад мікроорганізмів, які засвоюють азот органічних сполук в залежності від системи землеробства варіював від 1,96 до 6,08 млн/1 г ґрунту. Чисельність нітрифікуючих мікроорганізмів переважала чисельність амоніфікуючих на 42–65% (у варіанті досліду біологічна система землеробства + поверхневий обробіток ґрунту – на 10%), що вказує на активні мінералізаційні процеси в поверхневому шарі ґрунту. Кількісний склад бактерій, що використовують азот органічних сполук найвищим був у варіанті досліду біологічна система + поверхневий обробіток (5,38 млн.), що пояснюється вищим вмістом в ньому органічної речовини рослинного походження порівняно з іншими варіантами досліду. Досліджувані зразки чорнозему типового також характеризуються низькою протеолітичною активністю мікробіоти, оскільки чисельність мікроорганізмів, які мінералізують азотовмісні органічні сполуки переважає загалом на 33,5% чисельність нітрифікуючих мікроорганізмів.

Дослідженнями О.Л. Тонха [12] встановлено, що на чорноземах типових мінералізаційні процеси більш інтенсивно відбуваються на полищевій оранці, ніж на безполищевому обробітку ґрунту, де коефіцієнт мінералізації на 37% нижчий.

В цілому в оброблюваному шарі при безполищевому обробітку створюються кращі умови для розвитку мікроорганізмів, які забезпечують посилення процесу гуміфікації і гальмування процесу мінералізації органічної речовини.

У дослідженнях вчених Аhiabor та ін. (2014) [15] встановлено, що за застосування фосфорних добрив при вирощуванні сої відбувається механізм відновлення самоорганізації будови ґрунту.

В наших дослідженнях різна інтенсивність використання ґрунту привела до зміни чисельності мікроорганізмів, що беруть участь у циклі азоту. У лучно-

чорноземному карбонатному ґрунті кількість амоніфікаторів залежала від системи удобрення і шару ґрунту (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Кількість амоніфікуючих і амілолітичних мікроорганізмів у лучно-чорноземному карбонатному ґрунті за різних варіантів удобрення, млн.

КУО/г ґрунту

Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Амоніфікуючі	Амілолітичні
Без добрив (контроль)	0-20	5,75±1,26	0,36±0,06
	20-40	26,11±2,48	0,50±0,02
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0-20	12,57±0,10	0,41±0,02
	20-40	3,01±0,10	0,51±0,02
Післядія органіки+ N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0-20	7,00±0,79	0,43±0,00
	20-40	20,52±1,00	1,03±1,41
Післядія органіки+ N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	0-20	8,45±0,45	0,45±0,12
	20-40	29,58±2,01	0,67±0,01
Післядія органіки+ N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub>	0-20	27,66±1,03	0,91±0,02
	20-40	30,65±4,60	0,98±0,09

Більша кількість мікроорганізмів, що розкладають органічні і синтезують мінеральні форми азоту отримана в шарі 20-40 см, за виключенням варіанту N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. Різниця порівняно з 0-20 см шаром становила 10-80%. Найбільша чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів в шарі 20-40см за внесення N<sub>15</sub>P<sub>15</sub>K<sub>15</sub> на фоні післядії органіки, а найменша – за застосування тільки мінеральної системи удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. З цього ми можемо зробити висновок про негативний вплив лише мінеральних добрив на органічну речовину ґрунту.

За кількістю амілолітичних мікроорганізмів різниця між деякими варіантами систем не перевищувала 5%. Оцінюючи ступінь збагачення за кількістю амоніфікаторів за методикою Д.Г. Звягінцева [3, 75] слід зазначити, що усі варіанти удобрення характеризуються як бідний.

Основним чинником, який визначає спрямованість та інтенсивність процесів мінералізації органічної речовини і є ефективним засобом регулювання вуглецевого і азотного балансу ґрунтів, а отже і рівня їх потенційної родючості є система удобрення сільськогосподарських культур і обробіток ґрунту. Виходячи з цього, визначення оптимальних співвідношень між органічними і мінеральними добривами з урахуванням різних типів ґрунтів і його способів обробітку є однією з передумов сталого землеробства [31].

Численними дослідженнями О.Л. Тонха та ін. [69], О. V. Demuydenko та ін. [71], М.О.Оstapchuk та ін., [70], доведено перевагу органо-мінеральних систем удобрення як за впливом на врожайність культур, так і на родючість ґрунтів. Показано, що заорювання сидеральної культури люпину в поєднанні з мінеральними добривами позитивно вплинуло на показник трансформації органічної речовини, який збільшився в 2 рази порівняно з контролем.

Мінералізаційні процеси за цих умов посилювалися на усіх варіантах із внесенням добрив, де також зростала і оліготрофічність, що свідчить про покращення трофічного режиму. Цю закономірність можна вважати справедливою для усіх досліджуваних ґрунтів, незалежно від їхнього генетичного статусу.

Результати досліджень щодо впливу технологій вирощування сільськогосподарських культур на мікробну трансформацію ґрунтової органічної речовини мали неоднозначний характер. Так, одні науковці М.В. Патики, Ю.В. Мискалевська [66] вказують, що активність перетворення сполук карбону у чорноземі зростала у напрямі: промислова- екологічна-біологічна система землеробства, іншими дослідженнями Malynovska I. M., Tkachenko M. A., Sachok V. H., Skumina M. O. [68] доведено, що використання біологічних технологій зменшує інтенсивність перетворення органічної речовини.

Глибокий аналіз структури мікробоценозу за антропогенного навантаження дозволяє визначити спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті. За Е. М. Мишустиним [12] коефіцієнт мінералізації-імобілізації розраховують за співвідношенням чисельності мікроорганізмів, що використовують мінеральні

форми азоту, до органічних. Даний показник опосередковано свідчить про підсилення мобілізаційних процесів і пов'язаної з ними мінералізації органічної речовини. Оптимальні умови складаються, коли значення показника близьке до одиниці.

Таблиця 3.2. Показники інтенсивності мінералізаційних процесів у лучно-чорноземному карбонатному ґрунті за різних варіантів удобрення, млн К<sub>2</sub>O<sup>1</sup>/г ґрунту

Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Коефіцієнт мінералізації – іммобілізації
Без добрив (контроль) N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0-20	0,06
	20-40	0,02
	0-20	0,03
	20-40	0,17
Післядія органіки+ N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0-20	0,06
	20-40	0,05
Післядія органіки+ N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	0-20	0,05
	20-40	0,02
Післядія органіки+ N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub>	0-20	0,03
	20-40	0,03

У результаті проведених досліджень показано зміни показників мікробіологічного стану лучно-чорноземного карбонатного ґрунту за різних систем удобрення в умовах Київської області. Встановлено особливості, що впливають на процеси гумусоутворення та формування поживного режиму ґрунту за різних систем удобрення на посівах гороху.

Низький агрохімічний фон несприятливо впливає на процеси гуміфікації у ґрунті і зумовлює швидкий розвиток мікроорганізмів, що беруть участь у руйнуванні периферичної та ядерної частини гумусових речовин. За чисельністю педотрофних і гуматрозкладаючих організмів відмічені також негативні тенденції за високого антропогенного навантаження на чорноземи.

Коефіцієнт мінералізації-імобілізації азоту характеризує інтенсивність процесів мінералізації та засвоєння азотних сполук у ґрунті. Найбільше перевагу процесів деструкції над процесами синтезу органічної речовини можна побачити у варіанті нижнього шару варіанту  $N_{30}P_{30}K_{30}$  ( $K_{ол}=0,17$ ), а решта показників у варіантах коливається в одному діапазоні (межі від 0,02 до 0,06). Дивлячись на результати можна побачити, що якраз взаємодія використання органічних і мінеральних добрив найкраще впливають на перебіг біологічних процесів і оптимізують формування угруповань ґрунтової мікробіоти і хоча показник у варіанті нижнього шару варіанту  $N_{30}P_{30}K_{30}$  більше у 9 разів в порівнянні з відповідним шаром контролю і близько 5 раз вищий в порівнянні з верхнім шаром даного варіанту, але це значення дуже низьке для даного показника.

### 3.2 Мінеральний азот в лучно-чорноземному ґрунті за різних варіантів удобрення

Сукупність всіх процесів надходження, трансформації і використання елементів живлення рослин, що забезпечує наявність у ґрунті певного кількісного і якісного їх стану, формує поживний режим ґрунту в цілому і кожного елемента окремо. Азот – важливий біогенний елемент, необхідний рослинам. Він знаходиться в ґрунті, переважно, у формі органічних сполук [Азот у ґрунті, 57].

В агрономічній практиці азот за визначенням С. Крамарьова, 2019 [10] називають елементом росту і впливає на усі ростові процеси, фотосинтез, обмін речовин були б неможливі без участі цього елемента, бо він формує врожай і його якість. Зовнішні ознаки нестачі азоту проявляються в зниженні темпів росту: листки дрібні, світло-зелені, швидко жовтіють, стебло тонке, слабо розгалужене.

Рослина споживає азот переважно з ґрунту. Вміст азоту в ґрунті коливається від 0,05 до 0,50%, а запаси орного шару - 1,5-15 т/га. Як вміст, так і запас азоту залежать від типу ґрунту й, зокрема, вмісту гумусу (вміст азоту в гумусі становить близько 5%).

Основна (98-99%) частина азоту ґрунту представлена органічними сполуками, з яких рослина безпосередньо його споживати не може. Для його мінералізації й переходу в простіші доступні для рослин форми потрібні час і певні умови. Від загального азоту ґрунту 1-2% міститься в мінеральних формах, доступних для живлення рослин [Meena, B. P., Fagodiya, R. K., Prajapat, K., Dotaniya, M., Katedhonkar, M., Sharma, P. et al. (2018)].

У процесі росту і розвитку рослина споживає всі форми мінерального азоту, проте інтенсивність їх поглинання залежить від ґрунтово - кліматичних умов. Так, встановлено, що на ґрунтах з легким гранулометричним складом і кислою реакцією ґрунтового розчину краще використовується нітратна форма, а на ґрунтах із середнім та важким гранулометричним складом і нейтральною реакцією ґрунтового розчину – амонійна форма азоту.

Таким чином, можна зробити висновок, що азот - один із головних макроелементів, який забезпечує ростові процеси й синтез білків. Незважаючи на відносно високі запаси азоту в ґрунтах, останніми роками помітно погіршилися як баланс цього елемента в землеробстві України, так і рівень забезпеченості його рослинами. Тож, для поліпшення азотного режиму ґрунтів потрібно підходити комплексно: висівати бобові й сидеральні культури, ефективно використовувати органічні добрива й нетоварні рештки врожаю, вдосконалювати і впроваджувати нові технології внесення мінеральних добрив [Thilakarathna та ін., 2016].

В органічній речовині ґрунту розрізняють: негуміфіковані органічні речовини, вміст яких становить 10-15 % загального вмісту органічної речовини ґрунту; органічна речовина специфічного походження-гумус (перегній), вміст якого становить 85-90 % загальної кількості органічної речовини. Також доступним для рослин є азот у формі нітратів [Islam, M. A. and Adjesiwor, A. T. (2017)].

Слід пам'ятати, що ця форма азоту дуже динамічна й може легко промиватися горизонтально та вертикально в ґрунті. Така дія нітратів сприяє втратам азоту із шару ґрунту, в якому міститься активна зона кореневої системи,

а також забрудненню ґрунтових вод. Особливо активно відбувається промивання нітратів на ґрунтах із легким гранулометричним складом і тих, що не зайняті рослинністю. На легких ґрунтах внесення всіх азотних добрив із основного періоду слід переносити на весну.

Втрати нітратного азоту з ґрунту можливі також унаслідок процесу денітрифікації, в основі якого лежить відновлення нітратів ґрунту до молекулярного азоту, а також за вирощування бобових культур. Активно цей процес протікає за надмірного вмісту в ґрунті слабо мінералізованих рослинних решток і утворення після опадів ґрунтової поверхневої кірки. Є дані, що, внаслідок цього процесу, добові втрати азоту становлять 0,5 мг/кг ґрунту.

Основним заходом для унеможливлення цього процесу є своєчасне загортання в ґрунт рослинних решток, внесення добре мінералізованих органічних добрив і розпушення ґрунтів після опадів [Kebede, E. (2020b); Islam, M. A. and Adjesiwor, A. T. (2017)].

Вміст і запаси нітратного азоту в ґрунті поповнюються завдяки внесенню добрив та процесам нітрифікації, тобто мікробіологічного окислення аміаку до нітратів. Цей процес можливий за певних умов, а саме: оптимальної (22...25°C) температури ґрунту, близької до нейтральної реакції ґрунтового розчину, наявності кисню й вологи, спеціальних мікроорганізмів-нітрифікаторів. Фактично процес нітрифікації триває з кінця весни до середини осені. За даними професора Лебедянцева, в процесі нітрифікації може утворюватися майже 300 кг/га нітратного азоту. З агрономічного погляду, інтенсивність процесів нітрифікації є показником окультуреності ґрунту [Islam, M. A., and Adjesiwor, A. T. (2017)].

Вплив різних варіантів удобрення на вміст нітратного азоту в лучно-чорноземному ґрунті наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Вплив різних варіантів удобрення на вміст нітратного азоту в лучно-чорноземному карбонатному ґрунті

Варіант	Глибина, см	Вміст нітратного азоту, мг/кг		
		Травень	Червень	Серпень
1. Без добрив (Контроль)	0-20	15,5±1,86	11,4±1,36	16,6±1,51
	20-40	14,0±1,2	10,2±1,86	15,5±1,01
2. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0-20	21,4±2,57	17,7±1,56	24,7±2,36
	20-40	19,5±2,34	18,1±2,16	22,6±2,29
3. Післядія органіки+ N <sub>15</sub> P <sub>15</sub> K <sub>15</sub>	0-20	21,5±2,54	19,1±2,28	25,1±2,41
	20-40	20,4±2,45	18,7±2,24	26,7±2,28
4. Післядія органіки+ N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0-20	27,7±2,24	19,5±2,1	28,2±2,18
	20-40	23,7±2,12	19,4±1,63	28,8±2,03
5. Післядія органіки+ N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	0-20	25,8±2,38	24,2±2,16	26,7±2,28
	20-40	28,7±1,04	23,2±0,86	27,7±0,92

Характеризуючи таблицю 3.3. необхідно зазначити, що спостерігалась динаміка нітратного азоту в лучно-чорноземному ґрунті з найвищими значеннями у травні, що на нашу думку було обумовлено використанням рослинами гороху для роєту. Динаміка зміни травень-червень була у залежності від варіанту удобрення до 9%, що порівняно із кукурудзою – значно менше. У подальшому, в залежності від варіанту удобрення спостерігалось значне підвищення до 48% вмісту нітратного азоту в ґрунті. Застосування як мінеральних добрив (варіант 2), так і орґано-мінеральних післядія орґанічних добрив (ґній) з комплексним мінеральним удобренням достовірно збільшувало вміст нітратного азоту на 33-87% порівняно з варіантом без добрив. Найвищий

вміст нітратного азоту був отриманий на варіанті з органо-мінеральною системою удобрення з  $N_{45}P_{45}K_{45}$ .

Отже, за вирощування гороху рекомендовано внесення невеликих норм комплексних мінеральних і органо-мінеральних добрив.

### Вплив різних варіантів удобрення на амонійний азот ґрунту

У ґрунтових умовах катіон амонію найчастіше споживається рослиною швидше ніж нітрат-іон [Louarn та ін., 2015].

Вміст амонійного азоту в лучно-чорноземному карбонатному ґрунті в залежності від різних варіантів удобрення наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Вміст амонійного азоту у лучно-чорноземному карбонатному ґрунті в залежності від різних варіантів удобрення

Варіант	Глибина, см	Вміст амонійного азоту, мг/кг		
		Травень	Червень	Серпень
1. Без добрив (Контроль)	0-20	22,6	21,6	21,9
	20-40	21,5	20,2	20,8
2. $N_{30}P_{30}K_{30}$	0-20	35,5	33,7	35,6
	20-40	39,3	38,4	38,9
3. Післядія органіки+ $N_{15}P_{15}K_{15}$	0-20	40,1	38,4	39,5
	20-40	36,4	33,1	34,5
4. Післядія органіки+ $N_{30}P_{30}K_{30}$	0-20	29,8	28,2	28,6
	20-40	28,7	27,4	28,4
5. Післядія органіки+ $N_{45}P_{45}K_{45}$	0-20	29,4	28,7	29,2
	20-40	28,3	27,4	28,1

Більша частина амонію поглинається ґрунтовими колоїдами і перебуває в обмінному стані. Незначна його кількість при взаємодії з органічними кислотами утворює розчинні солі і знаходиться в ґрунтовому розчині.

Аналізуючи дану таблицю можна зробити висновок, що у червні на глибині 0-20 см найбільше накопичення амонійного азоту спостерігається

мінеральній системі удобрення і становить 33,7 мг/кг, що на 139 % більше в порівнянні з контролем. Також високі значення отримано за післядії гною в N15P15K15. Менше значення цього показника на удобрених варіантах спостерігалось у четвертому післядія +N30P30K30) і п'ятому варіантах ( післядія +N45P45K45), що до 58% більше порівняно з контролем. В шарі 20-40 см найбільші значення отримані на варіанті з мінеральною системою.

Тобто, застосування мінеральної системи удобрення за вирощування гороху призводить до формування найвищих показників амонійного азоту в ґрунті.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

## РОЗДІЛ 4 АГРОНОМІЧНА І ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ

# НУБІП України

### 1. Урожайність гороху за різних варіантів удобрення

Продуктивність гороху залежить від багатьох факторів, але більшість дослідників вважають, що його висока врожайність формується за умов достатнього живлення, яке, у свою чергу, залежить від родючості ґрунту, мінеральних добрив, симбіотичної азотфіксації, кліматичних і погодних умов [Попов, 2020].

Стартова доза удобрення для гороху потрібна, тому спеціалісти з Інституту рослинництва рекомендують дати НПК нітроамфоски під сівбу обов'язково. Азотом надалі рослину забезпечить ґрунт, тому потрібно вносити фосфорно-калійні добрива, максимально — РК<sub>60</sub>, а мінімально — РК<sub>30</sub>. Для живлення рослин гороху, поряд із основними елементами, потрібні також мікроеlementи – мідь, бор, мідь тощо [Камінський, 2006].



Фото 4.1. Горох посівний

Розмір урожайності залежить від дві багатьох факторів. На думку Kratrseh С. (1998), фактори, які впливають на ріст і розвиток рослин, якщо прийняти за 100, то людина вплине на 20-25 %. Нарощування виробництва гороху сприяло

# НУБІП України

кілька причин, і насамперед, хороший експортний попит на культуру при відносно високих цінах. Якщо за останні три роки світові ціни на пшеницю, ячмінь і кукурудзу — основні зернові українського аграрного експорту

знизилися більш ніж в два рази, то горох подешевшав лише на третину, і в минулому сезоні середня експортна ціна на нього, за даними компанії

«ПроАгро», склала \$360/т на базисах FOB/CIF. Згідно сайту [agro-business.com.ua](http://agro-business.com.ua) світове виробництво гороху знаходиться у межах 11-12 млн т. Найбільшим виробником вважається Канада, яка за рік виробляє понад 3 млн. т гороху. На

другому місці - ЄС-27. Тут основне виробництво зосереджено у Франції (близько 1,5 млн т), Німеччині (400 тис. т) та Великобританії (200 тис. т) До потужних світових виробників належать Китай і Росія (з обсягами виробництва на рівні 1,2

млн т), Індія (800 тис. т) та США (понад 900 тис. т). При цьому обсяги суттєво коливаються від сезону до сезону. До основних постачальників гороху на експортний ринок відносяться Канада, Франція, Австралія та США.

Найбільшими імпортерами продукції є Іспанія, Індія та Бангладеш [Попов, 2020]. Закуповують горох на світовому ринку Італія, Китай, Куба, Німеччина, Пакистан та інші країни. Враховуючи, що внутрішнє споживання гороху у нас

не перевищує 200 тис. т, понад 500 тис. т зернобобових може бути поставлено за кордон. Експортні підсумки липня і серпня підтверджують, що з таким

завданням цілком під силу впоратися — за перші два місяці закордонним покупцям вже відвантажено 192,2 тис. т гороху. Так, в сезоні на частку перерахованих країн довелося 65% експорту, а з початку 2016/17 МГ поставки туди вже перевищують 70% від загального обсягу. Крім того, понад 27 тис. т українського гороху закупила Туреччина, яка також є традиційним покупцем нашої зернобобових. Вибрати хороший горох — це зовсім не проста справа.

Сортів зараз є дуже багато. Кожен має не тільки свої переваги, але і недоліки. На території країни зареєстровані і вирощуються мозкові, луцильні і цукрові сорти.

Всі вони мають різну врожайність, стійкість до шкідників і погодніх умов Кожен з них представлений найрізноманітнішими сортами, які відрізняються за

смаковими характеристиками, нюансам вирощування. Давайте поговоримо про це більш детально [Попов, 2020].

У науковій літературі існують суперечливі дані про азотне живлення бобових, зокрема й гороху, їх можна узагальнити в чотири групи [Циліорик, 2020].

Перша – рослинам мінеральний азот не потрібний, бо за наявності певного комплексу умов (специфічні раси бульбочкових бактерій, достатня забезпеченість фосфором і калієм, наявність мікроелементів, близька до нейтральної реакція середовища, оптимальна волога тощо) рослини повністю задовольняють свою потребу в азоті, фіксуючи його з повітря. Додатки в невеликих дозах азотних добрив суттєвого ефекту не дають. Урожай за внесення повної норми мінеральних добрив практично є однаковим з урожаєм, отриманим тільки на фосфорно-калійному фоні.

Друга — гороху потрібні невеликі стартові (10–30 кг/га) дози азотних добрив. Це твердження пояснюється тим, що в першій фазі розвитку рослин, коли бульбочки ще не утворились і не почалася фіксація азоту з повітря, горох використовує мінеральний азот для утворення більшої площі литкової поверхні, яка буде в майбутньому потрібна для успішної азотфіксації за допомоги бульбочкових бактерій.

Третя – під горох потрібно вносити середні дози азотних добрив як доповнення симбіотрофного і автотрофного живлення.

Четверта — необхідне повне забезпечення гороху мінеральним азотом, бо для бобово-ризобіального симбіозу не завжди складаються сприятливі умови, і в більшості районів фіксований із повітря азот забезпечує одержання порівняно невеликих урожаїв.

Очевидно, причиною, що приводить вчених-дослідників до різних висновків щодо цього питання, є проведення своїх досліджень на ґрунтах, різних за окультуреністю й механічного складу, з різною реакцією середовища ґрунтового розчину за різної забезпеченості макро- і мікроелементами, без обліку активності бульбочкових бактерій.

Суперечність думок у наукових повідомленнях пояснюється насамперед тим, що часто дослідники не ставлять за мету вивчення всіх необхідних умов для успішного поєднання симбіотичного і мінерального азоту в живленні гороху.

Така ситуація пояснюється тим, що більшість дослідів проводили в умовах, де тією чи іншою мірою проявляється негативний вплив підвищеної концентрації мінеральних солей або є інші несприятливі чинники. Тому на сучасному етапі перед ученими поставлено завдання — визначити оптимальні строки, способи й дози мінерального азоту, внесення яких не буде пригнічувати симбіотичну азотфіксацію.

Так як системи удобрення гороху на лучно-чорноземних карбонатних ґрунтах не визначені, то це є важливим джерело поповнення азоту і відтворення гумусу.

Обліку врожаю зерна гороху представлено у таблиці 4.1.

Урожайність сільськогосподарських культур є інтегральним показником родючості ґрунту, оскільки вона показує, як культури реагують на комплекс фізичних, агрохімічних, фізико-хімічних властивостей ґрунту і на застосування того чи іншого агротехнічного прийому.

Таблиця 4.1 – Урожайність гороху (сорту Мадонна) залежно від удобрення,

стаціонарний дослід «Агрономічна дослідна станція», т/га

Варіанти удобрення	Урожайність культури, т/га	± до удобрення
Без добрив (Контроль)	2,41	-
2. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,77	0,36
3. Післядія органіки+N15P15K15	3,05	0,64
4. Післядія органіки+N30P30K30	3,21	0,8
5. Післядія органіки+N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	3,34	0,93
НІР <sub>05</sub>		0,19

Дослідження дають можливість стверджувати, що урожай зерна у варіанті без добрив (контроль) був значно нижчим у порівнянні, де вносились добрива, та був на рівні 2,77-3,34 т/га (табл. 4.1).

Використання мінеральних добрив (N30P30K30) сприяло отриманню більшого урожаю зерна гороху – 2,77 т/га на 0,36т/га. Найбільші врожаї зерна отримані у варіанті 5 з післядією органіки+N45P45K45 – 3,34 т/га, що на 0,93 т/га більше порівняно з контролем. Післядія органіки на фоні мінерального удобрення збільшували урожайність гороху на 0,64-0,93 т/га порівняно з контролем.

### Економічна ефективність вирощування гороху

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур базуються на помітному збільшенні витрат на техніку, добрива, пестициди та інші. Тому правильне ведення господарства необхідно розглядати як одну з найважливіших умов збільшення виробництва продукції. Особливо гостро ця проблема стала в наш час, коли економічна ситуація в країні вкрай ускладнена. Але за результатами дослідження і розрахунку економічної ефективності аграрії зазначають, що ця культура потребує дотацій [60].

Економічна ефективність виробництва сільськогосподарських культур характеризується такими показниками:

урожайність з 1га;

вартість валової продукції з 1га – із розрахунку 5800 грн/т;

витрати на 1га (включають вартість насіння 250 кг/га – 6250 грн/га;

пестициди 900 грн/га; добрива із розрахунку діаміфоска 25000 грн/т)

затрати праці на 1ц продукції;

умовно чистий дохід;

рівень рентабельності (від нім. rentabel – прибутковий, корисний) – це

співвідношення прибутку і витрат, виражене у відсотках. Рентабельність є

відносним показником, і вона необхідна для аналізу господарської та економічної діяльності будь-якого підприємства. Саме через таку відносність, показники рентабельності двох і більше різних

підприємств можна порівнювати один з одним і розуміти таким чином, яке з них є ефективнішим.

Урожайність - це один з основних показників економічної ефективності. На рівень врожайності впливають ряд факторів: застосування добрив, хімічних засобів захисту рослин, системи обробітку ґрунту та ін. [18,37].

Вартість валової продукції з 1га визначається виручкою від реалізації продукції з 1га. Цей показник в основному залежить від урожайності культури та ціни реалізації продукції. Так для розрахунку вартості продукції в 2022 році ціна реалізації була 5800 грн.

Аналіз розрахунку економічної ефективності застосування різних систем основного обробітку ґрунту при вирощуванні гороху на зерно (таблиці 4.2) показав, що найбільший умовно чистий дохід отримано на 6840 грн/га отримано за застосування післядії органіки+N15P15K15. Застосування добрив зменшує рівень рентабельності, але підвищує умовно чистий дохід за виключенням варіанту 5 (післядія органіки+N15P15K15).

Таблиця 4.2. Економічна ефективність вирощування гороху на зерно в залежності від різних варіантів удобрення

Варіанти удобрення	Урожайність культур, т/га	Вартість продукції з 1га, грн	Виробничі затрати на 1га, грн	Собівартість 1т продукції, грн	Умовно чистий дохід з 1га, грн	Рівень рентабельності, %
1. Без добрив (Контроль)	2,41	13978	8850	3672	5128	140
2. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	2,77	16066	12530	4531	3516	78
3. Післядія органіки+N15P15K15	3,05	17690	10850	3557	6840	192
4. Післядія органіки+N30P30K30	3,21	18618	12850	4003	5768	144
5. Післядія органіки+N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	3,34	19372	14550	4356	4822	111

# НУБІП України

Найвищий рівень рентабельності 192% отримано за застосування післядії органіки+N15P15K15, а найменший 78% за мінеральної системи удобрення -

N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>. Оптимальним за умовно чистим доходом і рівнем рентабельності був

4 варіант удобрення - післядія органіки+N30P30K30.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВИСНОВКИ

1. Найбільша чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів в шарі 20-40см за внесення  $N_{15}P_{15}K_{15}$  на фоні післядії органіки, а найменша – за застосування тільки мінеральної системи удобрення  $N_{30}P_{30}K_{30}$ .

2. Найбільше перевагу процесів деструкції над процесами синтезу органічної речовини можна побачити у варіанті нижнього шару варіанту  $N_{30}P_{30}K_{30}$  ( $K_{cl}=0,17$ ).

3. Взаємодія використання органічних і мінеральних добрив найкраще впливають на перебіг біологічних процесів і оптимізують формування угруповань ґрунтової мікробіоти і хоча показник у варіанті нижнього шару варіанту  $N_{30}P_{30}K_{30}$  більше у 9 разів в порівнянні з відповідним шаром контролю і близько 5 раз вищий в порівнянні з верхнім шаром даного варіанту, але це значення дуже низьке для даного показника.

4. В лучно-чорноземній ґрунті спостерігалась динаміка витратного азоту з найвищими значеннями у травні.

5. Найвищий вміст нітратного азоту був отриманий на варіанті з органіко-мінеральною системою удобрення з  $N_{45}P_{45}K_{45}$ .

6. Найбільше накопичення амонійного азоту спостерігається на мінеральній системі удобрення.

7. Найбільші врожаї зерна отримані у варіанті 5 з післядією органіки+ $N_{45}P_{45}K_{45}$  –3,34 т/га, що на 0,93 т/га більше порівняно з контролем.

8. Найбільший умовно чистий дохід 6840 грн/га отримано за застосування післядії органіки+ $N_{15}P_{15}K_{15}$ . Застосування добрив зменшує рівень рентабельності, але підвищує умовно чистий дохід за виключенням варіанту 5 (післядія органіки+ $N_{15}P_{15}K_{15}$ ).

9. Найвищий рівень рентабельності 192% отримано за застосування післядії органіки+ $N_{15}P_{15}K_{15}$ , а найменший 78% за мінеральної системи удобрення -  $N_{30}P_{30}K_{30}$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Симочко Л.Ю., Домбай И.В. Почвенные микроорганизмы как тест объекты при мониторинговых исследованиях наземных экосистем // Тезисы докладов международной научной конференции "Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем" – Ростов-на-Дону, 2007. – С. 290.

2. Symochko L., Roshko V. Influence of electromagnetic field on the functioning of microbial soil cenosis // Book of abstracts the young scientists and students international scientific conference "Modern problems of microbiology and biotechnology" – 28-31 May, Odesa 2007 – P. 27.

3. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – М.: Из-во Моск. Ун-та., 1987. – 256 с.

4. Gray T.R., Williams S.T. Soil microorganisms. – London, 1987. – 550 p.

5. Kennedy A.C., Gewin V.L. Soil microbial diversity: Present and future considerations // Soil Sci. – 1997. – 162, № 9. – P. 607-617.

6. Цилорик О. Урожайність гороху залежно від застосування біопрепаратів у північному Степу України [Електронний ресурс] / О. Цилорик // Агробізнес. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/24591-urozhainist-horokhu-zalezno-vid-zastosuvannia-biopreparativ-u-pivnichnomu-stepu-ukrainy.html>.

7. Piterson A., Greman D. Biological activity of soil // International Symposium "Structure and Function of Soil Microbiota". – 2005. – P. 235-236.

8. Гончар Т.М. Удосконалення технології вирощування гороху на зерно в умовах правобережного Лісостепу України. Дис... канд. наук 06.01.09. - К., 2008. – 250 с.

9. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І. Прогнозування продуктивності гороху. // Збірник наукових праць Інституту землеробства. – Вип. 77. – К., 2005. – С. 76-82.

10. Комплексна дія факторів інтенсифікації на врожайність гороху / В.Ф. Камінський // Вісник аграрної науки / Науково-теоретичний журнал Української Академії аграрних наук. - 2006. - №8 - С. 28-32.

11. Крамарьов С. Значення азоту для рослин і особливості підживлення їм [Електронний ресурс] / С. Крамарьов // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. - 2019. - Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/znachennya-azotu-dlya-roslyn-i-osoblyvosti-pidzhyvlennya-ym>

12. Попов С. Технологія вирощування гороху. Від вибору сорту до збирання [Електронний ресурс] / С. Попов // Суперагроном. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://superagronom.com/articles/364-tehnologiya-viroschuvannya-gorohu-vid-viboru-sortu-do-zbirannya>.

13. Тонха О.Л., Біогенність чорнозему типового за різного обробітку ґрунту / О. Л. Тонха, Т.В. Євтушенко, О. В. Демиденко // Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. - 2010. - №2. - С. 45-51

14. Тонха О.Л. Мікробна трансформація органічної речовини чорнозему типового за різних обробітків ґрунту / О. Л. Тонха, Т. В. Євтушенко // Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. - 2012. - №4. - С. 61-66

15. Ae, N. B., and Shen, R. F. (2002). Root cell-wall properties are proposed to contribute to phosphorus (P) mobilization by groundnut and pigeon pea. *Plant. Soil* 245, 95–103. doi: 10.1023/A:1020669326602

16. Ahiabor, B., Lamptey, S., Yeboah, S., and Bahari, V. (2014). Application of phosphorus fertilizer on soybean [*Glycine max* L. (*Merril*)] inoculated with rhizobium and its economic implication to farmers. *Am. J. Exp. Agric.* 11:1420. doi: 10.9734/AJEA/2014/10400

17. Bergersen, F. J., Brockwell, J., Gault, R. R., Morthorpe, L., People, M. B., and Turner, G. L. (1989). Effects of the available soil nitrogen and rates of inoculation on nitrogen fixation by irrigated soybean and evaluation of <sup>15</sup>N methods for measurement. *Aus. J. Agric. Res.* 40, 763–780. doi: 10.1071/AR9890763

18. Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., and Pisante, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4, 1–13. doi: 10.1186/s40538-016-0085-1

19. Nanganoa, L. T., Njukeng, J. N., Ngosong, C., Atache, S. K. E., Yinda, G. S., Ebonlo, J. N., et al. (2019). Short-term benefits of grain legume fallow systems on soil fertility and farmers livelihood in the humid forest zone of cameroon. *Int. J. Sustain. Agric. Res.* 6, 213–223. doi: 10.18488/journal.70.2019.64.213.223

20. Vasconcelos, M. W., Grusak, M. A., Pinto, E., Gomes, A., Ferreira, H., Balázs, B., et al. (2020). “The biology of legumes and their agronomic, economic, and social impact,” in *The Plant Family Fabaceae* (Singapore: Springer), 3–25. doi: 10.1007/978-981-15-4752-2\_1

21. Ghosh, P. K., Bandyopadhyay, K. K., Wanjari, R. H., Manna, M. C., Misra, A. K., Mohanty, M., et al. (2007). Legume effect for enhancing productivity and nutrient use-efficiency in major cropping systems—an Indian perspective: a review. *J. Sustain. Agric.* 30, 59–86. doi: 10.1300/J064v30n01\_07

22. Kebede, E. (2020a). Grain legumes production and productivity in Ethiopian smallholder agricultural system, contribution to livelihoods and the way forward. *Cogent Food Agric.* 6:1722353. doi: 10.1080/23311932.2020.1722353

23. Shah, A., Nazari, M., Antar, M., Msimbira, L. A., Naamala, J., Iyot, D., et al. (2021). PGPR in agriculture: a sustainable approach to increasing climate change resilience. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:667546. doi: 10.3389/fsufs.2021.667546

24. Meena, B. P., Fagodiya, R. K., Prajapat, K., Dotaniya, M., Kaledhonkar, M., Sharma, P., et al. (2018). “Legume green manuring: an option for soil sustainability,” in *Legumes for Soil Health and Sustainable Management*, eds R. Meena, A. Das, G. Yadav, R. Lal (Singapore: Springer), 387–408. doi: 10.1007/978-981-13-0253-4\_12

25. Montañez, A. (2000). Overview and Case Studies on Biological Nitrogen Fixation. *Perspectives and Limitations*. FAO, Science in Agriculture, 1–11.

26. Wani, S. P., Reppula, O. P., and Lee, K. K. (1995). Sustainable agriculture in the semi-arid tropics through biological nitrogen fixation in grain legumes. *Plant Soil* 174, 42–45. doi: 10.1007/BF00032240

27. Giller, K. E. (2001). *Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems*. 2nd edn. Wallingford: CAB International. doi: 10.1079/9780851994178.0000

28. Thilakarathna, M. S., McElroy, M. S., Chapagain, T., Papadopoulos, Y. A., and Raizada, M. N. (2016). Belowground nitrogen transfer from legumes to non-legumes under managed herbaceous cropping systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 368. doi: 10.1007/s13593-016-0403-9

29. Fujita, K., Ofosu-Budu, K. G., and Ogata, S. (1992). Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems. *Plant Soil* 141, 155–176. doi: 10.1007/BF00011315

30. Vanlauwe, B., Hungria, M., Kanampiu, F., and Giller, K. E. (2019). The role of legumes in the sustainable intensification of African smallholder agriculture: lessons learnt and challenges for the future. *Agric. Ecosyst. Environ.* 284:28406583. doi: 10.1016/j.agee.2019.106583

31. Kebede, E. (2020b). Grain legumes production in Ethiopia: a review of adoption, opportunities, constraints and emphases for future interventions. *Turkish J. Agricult. Food Sci. Technol.* 8, 977–989. doi: 10.24925/turjaf.v8i4.977-989.3254

32. Kebede, E. (2021). Competency of rhizobial inoculation in sustainable agricultural production and biocontrol of plant diseases. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:728014. doi: 10.3389/fsufs.2021.728014

33. Islam, M. A., and Adjesiwor, A. T. (2017). Nitrogen Fixation and Transfer in Agricultural Production Systems. *Nitrogen in Agriculture-Updates*, Amanullah and Shah Fahad. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.71766

34. Louarn, G., Pereira-Lopès, E., Fustec, J., Mary, B., Voisin, A. S., de Faccio Carvalho, P. C., et al. (2015). The amounts and dynamics of nitrogen transfer to grasses differ in alfalfa and white clover based grass-legume mixtures as a result of rooting strategies and rhizodeposit quality. *Plant Soil* 389, 289–305. doi: 10.1007/s11104-014-2354-8

35. Murphy-Bokern, D., Stoddard, F. L., and Watson, C. A. (2017). Legumes in Cropping Systems. CABI. doi: 10.1079/97817806449810000

36. Mayer, J., Buegger, F., Jensen, E. S., Schloter, M., and Hess, J. (2003). Estimating N rhizodeposition of grain legumes using a  $^{15}\text{N}$  in situ stem labeling method. *Soil Biol. Biochem.* 35, 21–28. doi: 10.1016/S0038-0717(02)00212-2

37. Adeleke, M. A., and Haruna, I. M. (2012). Residual nitrogen contributions from grain legumes to the growth and development of succeeding maize crop. *Int. Scholarly Res. Network* 2021:213729. doi: 10.5402/2012/213729

38. Bhowmik, N. S., and Das, A. (2018). “Biofertilizers: a sustainable approach for pulse production,” in *Legumes for Soil Health and Sustainable Management*, eds R. Meena, A., Das, G., Yadav, R., Lal eds (Berlin/Heidelberg: Springer), 445–485. doi: 10.1007/978-981-13-0253-4\_14

39. Buresh, R. J., and De Datta, S. K. (1991). Nitrogen dynamics and management in rice-legume cropping systems. *Adv. Agron.* 45, 1–59. doi: 10.1016/S0065-

2113(08)60037-0

40. Ndakidemi, P. A., Dakora, F. D., Nkonya, E. M., Ringo, D., and Mansoor, H. (2006). Yield and economic benefits of common bean (*Phaseolus vulgaris*) and soybean (*Glycine max*) inoculation in northern Tanzania. *Aust. J. Exp. Agric.* 46, 571–577. doi: 10.1071/EA03157

41. Louarn, G., Pereira-Lopes, E., Fustec, J., Mary, B., Voisin, A. S., de Faccio Carvalho, P. C., et al. (2015). The amounts and dynamics of nitrogen transfer to grasses differ in alfalfa and white clover-based grass-legume mixtures as a result of rooting strategies and rhizodeposit quality. *Plant Soil* 389, 289–305. doi:

10.1007/s11104-014-2354-8

42. Wang, Q., Liu, J., and Zhu, H. (2018). Genetic and molecular mechanisms underlying symbiotic specificity in legume-rhizobium interactions. *Front. Plant Sci.* 9:313. doi: 10.3389/fpls.2018.00313

43. Peoples, M. B., Brockwell, J., Herridge, D. F., Rochester, I. J., Alves, B. I. R., Urquiaga, S., et al. (2009). The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis* 48, 1–17. doi: 10.1007/BF03179980.

44. Mmbaga, G. W., Mtei, K. M., and Ndakidemi, P. A. (2014). Extrapolations on the use of rhizobium inoculants supplemented with phosphorus (P) and potassium (K) on growth and nutrition of legumes. *Agric. Sci.* 5, 1207–1226. doi: 10.4236/as.2014.512130.

45. Fujita, K., Ofosu-Budu, K. G., and Ogata, S. (1992). Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems. *Plant Soil* 141, 155–176. doi: 10.1007/BF00011315

46. Nyoki, D., and Ndakidemi, P. A. (2014). Effects of Bradyrhizobium japonicum inoculation and supplementation with phosphorus on macronutrients uptake in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Am. J. Plant Sci.* 5, 442–451. doi: 10.4236/ajps.2014.54058

47. Desta, Y., Habtegebrial, K., and Woldu, Y. (2015). Inoculation, Phosphorus and Zinc fertilization effect on nodulation, yield and nutrient uptake of Faba bean (*Vicia faba* L) grown on calcare Cambisol of Semi-Arid Ethiopia. *J. Soil Sci. Environ. Manage* 6, 9–15. doi: 10.5897/JSSEM2013.0406

48. Lemaire, B., and Tsegaye, M. (2020). Evaluation of legume shrubs improved fallow for abandoned agricultural land rehabilitation. *Int. J. Agril. Res. Innov. Tech.* 10, 64–70. doi: 10.3329/ijarit.v10i1.48095

49. Nair, P. K. R., Buresh, R. J., Mugendi, D. N., and Latt, C. R. (1999). “Nutrient cycling in tropical agroforestry systems: myths and science,” in *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*, eds L. E. Buck et al. (Boca Raton, FL: CRC Press), 1–31.

50. Gangwar, K. S., Sharma, S. K., and Tomar, O. K. (2004). Alley cropping of subabul (*Leucaena leucocephala*) for sustaining higher crop productivity and soil fertility of rice (*Oryza sativa*)-wheat (*Triticum aestivum*) system in semi-arid conditions. *Indian J. Agron.* 49, 84–88.

51. Fageria, N. K. (2007). Green manuring in crop production. *J. Plant Nutr.* 30, 691–719. doi: 10.1080/01904160701289529

52. Murphy-Bokern, D., Stoddard, F. L., and Watson, C. A. (2017). Legumes in Cropping Systems. CABI. doi: 10.1079/9781780644981.0000

53. Nannipieri, Paolo, STEFANO GRECO, and Brunello Ceccanti. "Ecological significance of the biological activity in soil." *Soil biochemistry* (2017): 293-356.

54. Zhang, Q. C., Wang, G. H., & Yao, H. Y. (2007). Phospholipid fatty acid patterns of microbial communities in paddy soil under different fertilizer treatments. *Journal of Environmental Sciences*, 19(1), 55-59.

55. Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B., & Grego, S. (2000). Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. *Bioresource technology*, 72(1), 9-17.

56. Lupwayi, N. Z., & Kennedy, A. C. (2007). Grain legumes in Northern Great Plains: impacts on selected biological soil processes. *Agronomy Journal*, 99(6), 1700-1709.

57. Воронкова Н.А. 2011. Биологические ресурсы сохранения плодородия черноземов и повышения продуктивности агроценозов в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. Новосибирск, 35 с.

58. Азот у ґрунті і шляхи регулювання азотного режиму // Ґрунтознавство [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://bio.cfmu.edu.ua/dist\\_edu/ftp/ss\\_zeml\\_1kurs/232.htm](http://bio.cfmu.edu.ua/dist_edu/ftp/ss_zeml_1kurs/232.htm).

59. Тонха О.Л. Біологічна активність і гумусний стан черноземів Лісостепу і Степу України (Тонха О.Л., Балаєв А.Д., Вітвицький С.В. // Видавництво НУБіП України. – 2017. – 357 с.

60. Вирощування гороху в Україні потребує дотацій [Електронний ресурс] // Аграрії разом. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://agrarii-razom.com.ua/news-agro/viroshuvannya-gorohu-v-ukraini-potrebue-dotaciy>

61. Bulyhin S. Yu. Biological evaluation of the rationality of soil usage in agriculture (Bulyhin S. Yu., Tonkha O. L. // *Agricultural science and practice*, 2019 Том 5 Випуск: 1 С. 23-29.

62. Дем'янюк О.С., Шерстобоева О.В., Ткач Є.Д. Функціональна структура мікробних угрунтувань чернозему глибокого за впливу гідротермічних і трофічних чинників. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80. № 6. С. 94–108.

63. Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M. T., Landi, L., Pietramellara, G. and Repella, G. (2003), Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*, 54: 655-670. doi 10.1046/j.1351-0754.2003.0556.x.

64. Haiyan Chu, Xiangui Lin, Takeshi Fuji, Sho Morimoto, Kazuyuki Yagi, Junli Hu, Jiabao Zhang (2007). Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management *Soil Biology and Biochemistry* Volume 39, Issue 1 November 2007, Pages 2971-2976 <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.05.031>.

65. Kakar, A.A., M. Saleem, R. Shah and S.A.Q. Shah. 2002. Growth and marketable green pod yield performance of pea (*Pisum sativum* L.) under varying levels of NPK fertilizers. *Asian J Plant Sci.*, 1(5): 532-534.

66. Anjad, M., M.A. Anjum and N. Akhtar. 2004. Influence of phosphorus and potassium supply to the mother plant on seed yield, quality and vigour in pea (*Pisum sativum* L.). *Asian J. Plant Sci.*, 3(1): 108-113.

67. Patyka M. V., Moskalevs'ka YU. P. (2014) Biologichna aktyvnist' ta mikrobnu transformatsiya orhanichnoyi rechovyiny chornozemu tipovoho za riznykh system zemlerobstva [Biological activity and microbial transformation of organic matter of chernozem typical under different agricultural systems]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya*. № 2. P. 68-72 URL. : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp\\_2014\\_2\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2014_2_16).

68. Campbell C.A., Lafond C.E., Zentner R.P., Biederbeck V.O. (1991). Influence of fertilizer and straw baling on soil organic matter in a thin black chernozem in western Canada. *Soil Biology and Biochemistry*. [Volume 23, Issue 5](#), Pages 443-446. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(91\)90067-7](https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90067-7)

69. Malynovska I. M., Tkachenko M. A., Sachok V. H., Skumina M. O. (2014). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na mikrobnu ugrupovannya siroho lisovoho gruntu. [Influence of agrotechnical measures on microbial groups of gray forest soil]. *Problems of environmental biotechnology*. № 1. URL.: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb\\_2014\\_1\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb_2014_1_8).

70. Tonkha O., Balaev A., Pikovska O. (2017). Formuvannya mikrobnogo kompleksu chornozemu rehradovanoho za riznykh system udobrennya [Formation of microbial complex of Chernozem regraded in different fertilizer systems]. Naukovyy visnyk NUBiP Ukrayiny. Seriya: Ahronomiya, 269, 148-153. URL. : <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/view/9675/8652>.

71. Ostapchuk M.O., Polishchuk I.S., Mazur O.V., Palamarchuk V.D. Mikrobiolohichni osnovy ahrotekhnolohiy (2016). Microbiological bases of agrotechnologies. Agriculture and forestry. 2016. V. 3. 32-43.

72. Demydenko O. V., Boyko P. I., Litvinov D. V., Kryvda YU. I. (2017) Vykorystannya orhanichnykh resursiv dlya vidtvorennya rodynchoosti hruntiv v umovakh Cherkashchyny. [Use of organic resources for reproduction of soil fertility in the conditions of Cherkasy region]. Zemlerobstvo. V. 1. 54-61. URL. : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo\\_2017\\_1\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2017_1_12).

73. Балаєв А. Д. Биохімічно-активний верхній шар ґрунту як фактор родючості чорноземів / А. Д. Балаєв, Ю. О. Глушко, О. І. Наумовська // Вісник ХДАУ. Серія «ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів» – Х., 2001. - №3. – С. 73–76.

74. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

75. Звезденюк Т. Б. Баланс азоту в зерновій сівозміні за різних способів основного обробки ґрунту та удобрення / Т. Б. Звезденюк // Біонік аграрної науки. – 2014. – №1. – С. 69 – 71.

76. Звягинцев Д. Г. Биология почв и их диагностика // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. - М.: Наука, 1976. - 23 с.

77. Квасніцька Л. С. Баланс азоту в короткоротаційних сівозмінах з бобовими культурами / Л. С. Квасніцька, М. М. Єрмолаєв // Вісник аграрної науки, вересень 2011. – С. 11–14.

78. Кисель В. Д. Агрохимическая характеристика черноземов и каштановых почв степи / В. Д. Кисель, Г. М. Кривоносова // Агрохимическая характеристика почв СССР. – М.: Наука, 1973. – С. 227–247.

79. Моргунова О. І. Гумусовий стан та азотний режим темно-каштанових ґрунтів України / О. І. Моргунова // Вісник ХНАУ, 2012. – №3. – С. 54–59.

80. Моргунова О. І. Гумусовий стан та азотний режим чорноземів звичайних УПСЗ відділення «Хомутовський степ» / О. І. Моргунова // Вісник ХНАУ, 2012. – №4. – С. 104–109.

81. Мікробіологія ґрунтів. Посібник до лабораторно-практичних занять / М. А. Шуковський, К. Б. Новосад, Л. Л. Велічко, О. М. Казюта, Л. Г. Васильєва; За ред. Д. Г. Тихоненка / Харк. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. - Х., 2002. - 136 с.

82. Цвей Я. П. Зміна агрохімічних показників чорнозему типового залежно від довготривалого застосування добрив у Лісостепу / Цвей Я. П., Іваніна В. В., Ременюк Ю. О., Шанда Л. В., Кісілевська М. О. та ін. // Вісник аграрної науки, липень. 2012. – С. 11–15.

83. Шустерук Т. З., Дем'янюк О. С. Каталазна активність різних типів ґрунтів природних і агроєкосистем України // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Біологія. – 2005. – Вип. 16. – С. 61–64.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України