

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра «Екології, охорони навколишнього середовища
та здорового способу життя»

"Допущено до захисту"
Зав. кафедрою ЕОНСЗСЖ
к.б.н., доцент
Ольга МЕДВЕДЄВА
«_____» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої
освіти

на тему
«Оцінка екологічного значення рослин-азотфіксаторів для
збереження властивостей ґрунтів»

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу, групи ЕО-20
ОПП «Екологія»
спеціальності 101 «Екологія»
Сидоренко Р.В.
«_____» _____ 2024 р.

Керівник роботи
доцент, канд. с.-г. наук
Людмила КОЛОМІЄЦЬ
«_____» _____ 2024 р.

Рецензент: доцент, канд.с.-г.наук
Віта РЕЗНІЧЕНКО
«_____» _____ 2024 р.

Центральноукраїнський національний технічний університет
 Факультет Агротехнічний.
 Кафедра Екології, охорони навколишнього середовища та здорового способу життя.
 Рівень вищої освіти Бакалавр.
 Галузь знань 10 Природничі науки.
 Спеціальність 101 - Екологія.
 Освітньо-професійна програма Екологія.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«__» _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА
 ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ
 ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Сидоренко Руслана Вікторівна

 .(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Оцінка екологічного значення рослин-азотфіксаторів для збереження властивостей ґрунтів».

2. Керівник роботи Коломієць Л.В., доцент, к. с.-г. н.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 31.05.2024 р..

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи.

Метою бакалаврської роботи є вивчення особливостей впливу рослин-азотфіксаторів на ґрунтове середовище

Завдання:

1. Проаналізувати необхідність невідкладних заходів зі збереження та поліпшення властивостей ґрунтів інтенсивного користування

2. Вивчити екологічні особливості культур, здатних до біологічної азотфіксації, як природного фактору відновлення ґрунтів, та біохімічну суть азотфіксації

3. Провести дослідне вирощування культур для з'ясування впливу бобових компонентів на зміни вмісту поживних речовин у ґрунті

4. Виконати лабораторний аналіз зразків ґрунту та сформулювати наукове узагальнення щодо позитивного впливу бобових культур у сівозміні на ґрунтове середовище

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд інформаційних джерел за обраною темою	17.04.2024 р.	
2	Дослідження екологічних проблем ґрунтів з літературних джерел	25.04.2024 р.	
3	Вивчення місця та умов проведення досліджень у фермерському господарстві	30.04.2024 р.	
4	Опрацювання методик проведення досліджень	06.05.2024 р.	
5	Участь у проведенні відбору проб ґрунту та виконання лабор.аналізу	17.05.2024 р.	
6	Опрацювання власних результатів та отриманих із документації агрономічної служби господарства	20.05.2024 р.	
7	Формулювання висновків	24.05.2024 р.	
8	Оформлення пояснювальної записки	29.05.2024 р.	
9	Оформлення презентації та доповіді	31.05.2024 р.	
10	Захист кваліфікаційної роботи	28.06.2024 р.	

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2024 р.

Підпис керівника

_____ Коломієць Л.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2024 р.

Підпис здобувача

_____ Сидоренко Руслан Вікторович.

(прізвище та ініціали)

Зміст

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ПРИЧИНИ ЗНИЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОДЮЧИХ ГРУНТІВ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ.....	7
1.1. Керування агроєкосистемами.....	7
1.2. Екологічні аспекти землекористування.....	10
1.3. Біологічне землеробство.....	11
1.4. Природні механізми інтенсифікації ґрунтових процесів.....	13
1.4.1. Азотфіксація як екологічний захід для відновлення ґрунтів.....	15
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЦЯ ТА УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	20
2.1. Кліматичні умови місця проведення досліджень.....	20 22
2.2. Ґрунтові умови господарства	24
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ТА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	25
3.1. Лабораторні дослідження поживного режиму ґрунту.....	25
3.1.1. Визначення кількості гумусу.....	26
3.1.2. Визначення вмісту нітратного азоту.....	
3.1.3. Визначення вмісту рухомих сполук фосфору і калію в ґрунті за методом Мачигіна в модифікації ЦІНАО.....	27 30
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
4.1. Розрахунок норм добрив для одержання 350 ц/га зеленої маси кукурудзи.....	32
4.2. Урожайність зеленої маси змішаних посівів залежно від умов вироснування.....	34
4.3. Ґрунтові умови живлення рослин в залежності від складу сумішок.....	40 41
Висновки.....	

Список використаних джерел.....

ВСТУП

Ґрунти є об'єктом використання різних напрямків народного господарства. Історично так склалося, що завдяки сприятливим фізико-географічним умовам в нашому регіоні це сільськогосподарське виробництво. Якщо десь півстоліття тому відмічався рівномірний розвиток галузей рослинництва і тваринництва, то на сьогодні через деякі недоліки земельної реформи галузь тваринництва ледве животіє, а рослинництво ведеться з міркувань швидкої економічної вигоди, і аж ніяк не екологічної доцільності. Тому ґрунтові ресурси стали швидко деградувати, що має потенційну загрозу нашій продовольчій безпеці.

Постановка проблеми. Виснажливе, інтенсивне природокористування в сільському господарстві сьогодні спричиняє зниження родючості ґрунтів, що призводить до недобору врожаїв, забруднення агропродукції, та зниження ефективності галузі.

Актуальність роботи: вкрай важливо запобігати до природоохоронних технологій у сільському господарстві, які би могли забезпечити відновлення природного потенціалу родючості. Адже саме він може гарантувати нам стабільну врожайність культур, - без необхідності надмірної хімізації, котра спричиняє погіршення екологічної якості продукції.

Мета досліджень: в умовах фермерського господарства виявити вплив бобових культур у сівозміні на стан ґрунту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- 1) проаналізувати причини погіршення якості ґрунтових ресурсів
- 2) підібрати для досліджень ефективні культури
- 3) освоїти та застосувати методики польових досліджень та лабораторного аналізу
- 4) дослідити особливості вирощування, росту та розвитку культур
- 5) узагальнити та обґрунтувати отримані результати вмісту поживних речовин у ґрунті

Об'єкт дослідження: ґрунтові ресурси місцевого господарства

Предмет дослідження: вміст поживних речовин у ґрунті під впливом вирощування бобових культур (сої)

Методи дослідження: аналіз літературних даних, польовий, вимірювальний, лабораторний.

Практичне значення результатів дослідження: отримані результати свідчать, що бобові культури повинні бути в сівозміні систематично, це безпрограшний варіант еколого-економічної доцільності. Соя затребувана на внутрішньому ринку і для експорту, водночас її присутність на полі – це природне відновлення виснажених ґрунтів.

Інформаційна база: літературні джерела, методики проведення польових дослідів та лабораторних аналізів, інтернет-ресурси, документація фермерського господарства, карти оцінки землевпорядними організаціями земельних угідь Компаніївського району.

Апробація роботи: Результати роботи доповідались на Екологічному форумі «Екологія Кіровоградщини» 17 квітня 2024 р.

РОЗДІЛ 1

ПРИЧИНИ ЗНИЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОДЮЧИХ ГРУНТІВ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ

З часу, коли людина почала цілеспрямовано вирощувати певні види рослин для задоволення своїх життєво важливих потреб харчування, стала хитатися екологічна рівновага природних фітоценозів: зміна кількісного та якісного співвідношення видів рослин, умов ґрунтового живлення, тому виникла потреба нарощування обсягів хімізації сільськогосподарського виробництва. Інтенсивне землеробство спричиняє деградацію ґрунтів, виснаження, руйнування, ерозію, забруднення продуктів харчування нітратами, пестицидами та їх похідними. Тобто виникає ланцюг негативних наслідків[1-2].

1.1. Керування агроєкосистемами

Першочергове завдання життєзабезпечення – виробництво продуктів харчування, що є єдиним джерелом отримання людиною внутрішньої енергії. Тому не випадково однією з найдавніших галузей не тільки сільськогосподарського виробництв, а й виробничої діяльності людини загалом є землеробство. Забезпечуючи фізіологічну потребу, харчування є важливою складовою духовного життя людства як біосоціуму. Тож чи варто сумніватися, що одним з головних наших завдань нині є перехід до науково обґрунтованого мудрого споживання дарів природи, задля якісного життя та діяльності кожної окремої особистості.

Процес переходу від накопичення сільськогосподарських знань до примітивних, а згодом дедалі більш удосконалених систем землеробства та методів ведення сільського господарства загалом, стимулював ріст виробництва продовольчих ресурсів, сприяв збільшенню значення аграрного сектору в формуванні первинної фітобіологічної продукції. Біомаса людей порівняно з доагрокультурною епохою значно зросла. В сучасній біосфері в

антропогенний канал, створений людьми і свійськими тваринами, надходить $1,6 \cdot 10^{16}$ Вт енергії, що становить $\sim 25\%$ загальної первинної продукції рослин. Значне збільшення первинної продукції, яку споживає людство, відбувається вже не тільки за рахунок сонячної енергії, а й під впливом додаткових енергетичних джерел. Близько 95% сухої речовини рослин створюється в процесі фотосинтезу за участю сонячної енергії, а сама продуктивність агроценозів забезпечується насамперед за рахунок вільного перебігу в рослинах і ґрунті біологічних процесів. «Антропогенна енергія», що надходить в агроєкосистеми, не замінює (і не може замінити) кількість сонячної енергії, а лише своєрідним каталізатором, що стимулює активніше її використання (засвоєння)[3-5].

Вивчення агроєкології потребує фундаментальних знань структури природних екосистем, продукту «творчої» діяльності самої природи. Без розуміння особливостей організації природних екосистем ніяк неможливо оцінювати агроєкосистеми.

Агроєкосистема – це природно-територіальні комплекси, що піддаються впливу і зміні людиною, також потребують постійного втручання людини, оскільки не є стійкими через зниження компонентності. Тут скомбіновані рослинні та тваринні угруповання, мікробоценоз, причому механізм саморегулювання або слабкий, або й відсутній. Людина має привносити сюди речовину й енергію, оскільки агроценопопуляції мають керуватися працівниками. Агроєкосистеми складаються з дібраних людиною сортів чи гібридів, частіше є монокультурою. Культурні рослини, які з'явилися завдяки селекції та відбору, є едифікаторами і заселяють поля, сади, городи, але що б так було стабільно, домінуючу роль їм надає людина за рахунок переваг (впливом на небажані компоненти пестицидами наприклад).[6-8]

«Штучно створені агроєкосистеми різняться від природних низкою специфічних особливостей. У них різко знижене видове різноманіття організмів. Оскільки на полях вирощують один, рідко – декілька видів рослин,

тут значно збіднюється видовий склад тварин і мікроорганізмів у біоценозі. Проте в агроєкосистемах рослини, крім потоку сонячної енергії отримують додаткову енергію від людини, яка створює умови для вирощування культурних видів рослин (обробіток ґрунту, внесення добрив, боротьба з бур'янами, шкідниками, хворобами тощо). Вирощений урожай вилучається і не потрапляє в подальшому у ланцюг живлення й обміну енергією в агроєкосистемі. Без належного догляду (повернення) з боку людини в агроєкосистемі неминуче відбувається поступове збіднення й деградація її важливої складової – ґрунту.»

У сільськогосподарських екосистемах харчові ланцюги втручаються в сферу діяльності людини. Вони видозмінили екологічну піраміду, на вершині якої знаходиться людина, що становить специфіку будь-якої сільськогосподарської екосистеми. Розглядаючи агроєкосистему як поєднання природної екосистеми та антропогенної енергії, неважко помітити, що питоме енергоспоживання в доіндустріальному сільському господарстві порівнюється з енергоспоживанням у природних екосистемах. З переходом до інтенсивного землеробства споживання енергії значно зросло. Агроєкосистеми характеризуються розмиканням біотичного кругообігу. Головне завдання агроєкосистем – забезпечення населення продуктами харчування. Вирішити це завдання можна лише шляхом фундаментальної перебудови потоку речовин у сільськогосподарських екосистемах та навколишньому середовищі. Більшість хімічних елементів, що відносяться до фітомаси, присутні у вигляді злаків, овочів, фруктів, рослинної маси, коренеплодів і бульб тощо. мігрує за межі сільськогосподарських екосистем, головним чином, щоб забезпечити їжею міське населення, кормом для тварин і сировиною для промисловості.[2,9]

Хімічні елементи, що вивозяться з продуктами рослинництва і тваринництва за межі агроландшафтів, виключаються з біологічного кругообігу агроєкосистем. Разом із харчовими відходами та екскрементами

людини вони потрапляють у каналізаційні мережі міст та інших населених пунктів і беруть участь у геологічному кругообігу з антропогенним слідом.

Також істотно порушується біологічний кругообіг через надходження в сільськогосподарські екосистеми мінеральних добрив, пестицидів та інших речовин, часто це ксенобіотики. У них баланс хімічних речовин змінюється, коливається і не є стабільним. Саме через це необхідно намагатися до використання біотехнологічних препаратів захисту рослин, органічних добрив і т.п. Збереження та накопичення гумусу є запорукою чистоти продукції, адже якщо рослина отримує достатню кількість необхідних поживних речовин, в її тканинах і клітинах не залишається місця для «голодного» вбирання шкідливих речовин, аналогічно як і в людському організмі.

В аграрних ландшафтах змінений потік енергії. В них разом із сонячною енергією використовують додаткові енергетичні ресурси для здійснення прийомів агротехніки, захисту рослин від шкідників, хвороб, бур'янів тощо[4,10-12].

1.2.Екологічні аспекти землекористування

«Щорічно з ґрунтом виноситься 11 млн. тонн гумусу, 0,4 млн. тонн фосфору, 7 млн. тонн калію, що в 2,3 рази більше, ніж вноситься з добривами. Нині ерозією орних земель уражено 18% території України, і щорічно площа еродованих земель збільшується на 80-100 тис. гектарів, а збитки від ерозії становлять мільярди гривень. В деяких районах зрошення спостерігається підтоплення і засолення ґрунтів. Значні площі земель потребують меліоративних заходів.» [1,11]

«Специфіка забезпечення продовольчої безпеки України, на відміну від деяких інших країн, повинна полягати не лише у максимальному забезпеченні власних потреб у зернових культурах, але й у створенні потужного зернового експортного потенціалу і відновленні втрачених Україною позицій "європейської житниці"». Цьому сприяють кліматичні умови України та

наявність майже 40% світових запасів чорноземів. Однак поглиблення в державі кризових умов різної етіології протягом крайніх кількох десятиліть та особливо років стабільно знижує нашу конкурентоздатність на світовому і європейському ринках.

Тому маємо невідкладно вживати заходів для збереження такого важливого ґрунтового ресурсу. Хоч він і відновний, але при певних умовах користування. Приклад опустелювання в південному регіоні через надмірні меліоративні заходи має бути червоною відміткою при непередбаченому землекористуванні. Найефективнішим завжди є те, що має на «озброєнні» природа. Тому варто звернути увагу на можливість відновлення родючості ґрунтів за допомогою біологічної азотфіксації. Штами мікроорганізмів – азотфіксаторів відкриті і взяті з природного середовища, і відмінно працюють на службі в людини.[12-15]

1.3. Біологічне землеробство

«Землеробство, близьке до природи, або біологічне, почало поширюватися з 60-х років XX ст. в Німеччині, Австрії, Швейцарії, Голландії та інших країнах при вирощуванні польових, овочевих та плодових культур. У різних країнах розробляють системи альтернативного землеробства, які мають однакову мету: одержати чисту продукцію для харчування людей і чисті корми для годівлі тварин, не порушуючи, а розумно використовуючи "сили природи"; зберегти автономні системи саморегулювання агроєкосистеми, замкнутий кругообіг речовин, енергії в них, підвищувати родючість ґрунтів, використовуючи для цього бобові культури і біологічний азот, рослинні рештки та сидерати, запобігати ерозії і вимиванню нітратів; не допускати ущільнення шляхом чергування культур з різною глибиною проникнення кореневої системи вирощуваних рослин.»[3,7,16]

Поняття біологічного, екологічного, органічного або альтернативного землеробства включає у себе системи вирощування культур з майже однаковими прийомами. Доцільним, на нашу думку, є термін біологічне

землеробство, який найповніше відповідає його спрямованості з переважним використанням природних біологічних факторів, які зумовлюють величину та якість урожаю.

«За умов біологічного землеробства обов'язкові такі фактори:

- ведення землеробства з урахуванням природних чинників формування ґрунту, відновлення його родючості, формування екосистеми;

- включення в структуру посівних площ одно- і багаторічних бобових культур з метою біологічної фіксації азоту бульбочковими та іншими бактеріями, забезпечити їхню потребу і збагатити на нього ґрунт, а не шляхом хімічного синтезу та внесенням мінеральних азотних добрив;»[17]

- біологічне розпушення й оструктурування ґрунту кореневою системою рослин, ґрунтовими мікроорганізмами і дрібними тваринами, а не важкими знаряддями й механізмами при великих затратах енергії з використанням техніко-механічного розпушення;»[3,7,17]

«- боротьба біологічними методами (з використанням агротехнічних прийомів) з бур'янами шляхом чергування культур у сівозміні. Обмеження або позбавлення їх природних факторів (волога, світло, повітря, ґрунтові поживні речовини) чи пригнічення кореневими виділеннями інших рослин замість використання синтетичних гербіцидів;»[17]

«- боротьба біологічними методами з хворобами і шкідниками шляхом обґрунтованого чергування культур, вибору стійкіших видів, сортів і гібридів відповідно до місцевих умов та методів активації природних ворогів – шкідників, а не внесенням хімічних засобів (біоцидів – гербіцидів, інсектицидів, нематоцидів, фунгіцидів, акарицидів та ін.).»

«Органічне землеробство, окрім активації та використання природного кругообігу речовин, що відбувається біологічно, забезпечує покращення якості їжі, води та повітря, а також сприяє загальному оздоровленню навколишнього середовища. таких як енергозбереження та підвищення природної родючості ґрунту. В умовах цього типу землеробства важливо практикувати взаємодоповнення культур різних біологічних видів у структурі

посівних площ. Особливо слід врахувати, що врожайність найважливіших культур при біологічному землеробстві майже ніколи не досягне рівня звичайних середніх господарств.» В умовах сьогодення переведення на біологічне землеробство можна забезпечити чистою продукцією певну частину внутрішньої потреби держави й зумовити скорочення експорту продовольства.[3,18]

1.4. Природні механізми інтенсифікації ґрунтових процесів

Ґрунт являється живим середовищем, і у випадку його правильного використання виробництво можна збільшити без додаткових вкладень, причому якість отриманої продукції тільки поліпшиться. Адже відмова від мінеральних добрив та пестицидів веде за собою зменшення вмісту в довкіллі ксенобіотиків.

«Крім органічних решток рослин і тварин, у ґрунті є багато дрібних (мікро-), середніх (мезо-) і більших (макро-) організмів, які значною мірою впливають на життєдіяльність рослин. За М. С. Двораківським (1983) з посиланням на Ю. Одума (1975), розрізняють такі групи ґрунтових організмів: мікробіота – бактерії, гриби, ґрунтові водорості і найпростіші організми; мезобіота – нематоди, дрібні личинки комах, кліщі, ногохвістки, інші дрібні організми; макробіота – коріння вегетуючих рослин, великі комахи, дощові черви. Найбільше значення для вегетуючих рослин має мікробіота. Вона переважає на коріннях рослин і в ґрунті, прилеглому до їх ризосфери, яка розміщується в шарі ґрунту до 60 см. Цей шар біологічно найактивніший, є буквально середовищем мікробіологічної діяльності. Біологічну активність ґрунту підтримують глибоким розпушуванням, заорюванням органічних решток, зрошенням, дотриманням правильного чергування культур у сівозміні та їх вирощування у змішаних, сумісних або ущільнених посівах. При безладному розміщенні культур різко знижується активність мікробіоти та збільшується кількість небажаної мезобіоти – нематод, личинок кліщів та ін. Найактивніша мікробіота біля кореневої

системи бобових – люцерни, конюшини, люпину, серадели, вики мохнатої, буркуну, сої та ін.»[8,9-11]

«За даними М. О. Красильникова (1958), у ризосфері люцерни в одному кілограмі ґрунту міститься від 50 до 100 млрд. бактерій. Жива маса мікробіоти в орному шарі ґрунту досягає 10 т/га і більше. В міру заглиблення її активність зменшується через погіршення повітряного режиму, перезволоження, вміст закисних форм заліза, алюмінію та ін. Як уже зазначалось, важливим агротехнічним заходом є глибоке (50-70 см) розпушування ґрунту, яке посилює його біологічну активність на значну глибину. Це поліпшує екологічний стан поля. Розкладаючи коріння, післяжнивні стерньові рештки, гній, сидерати тощо, мікроорганізми підвищують вміст у ґрунті гумусу, рухомих сполук азоту, фосфору, калію, інших елементів живлення рослин. В результаті їх діяльності в ґрунті утворюються біологічні речовини, які мають властивості біокаталізаторів, - ферменти, вітаміни, вільні амінокислоти, ауксини. Ці речовини активізують ростові процеси в рослині і є важливим біологічним фактором ґрунту.»[8,19]

«Найбільше біологічне й екологічне значення з мікробіоти мають безхлорофільні організми ґрунту – бактерії, гриби, актиноміцети, найпростіші (інфузорії, амеби, корененіжки та ін.). З-поміж них дуже велике значення мають азотфіксуючі бактерії, оскільки задоволення потреб рослин в азоті – завдання значно складніше, ніж забезпечення їх потреб в інших мінеральних елементах. При вирощуванні високих врожаїв навіть на родючих ґрунтах потреба рослин в азоті задовольняється лише частково за рахунок його рухомих сполук у ґрунті (від 30-40 до 60%). З ґрунту використовується тільки близько 2% загальних його запасів (В.П. Патика, І.А. Тихонович, І.Д. Філіп'єв та ін., 1993). З атмосфери в рослини надходить достатньо азоту, але вони не можуть засвоювати вільний азот повітря через неспроможність переборювати сили зчеплення атомів у його молекулі. Тому величезні запаси азоту в атмосфері недоступні для рослин,. Рухомі форми азоту в ґрунті також не повністю засвоюються рослинами.»[18,20]

1.4.1. Азотфіксація як екологічний захід для відновлення ґрунтів

Азотфіксація є важливим процесом для забезпечення рослин азотом та підтримки родючості ґрунтів. У роботі Патики В.П. та співавторів зазначається, що «біологічна фіксація молекулярного азоту - один з найважливіших біологічних процесів на Землі, який забезпечує зв'язування близько 175 млн т атмосферного азоту щороку». Цей процес здійснюється мікроорганізмами, які здатні перетворювати молекулярний азот на доступні для рослин форми.[12]

Азотфіксуючі мікроорганізми представлені різними групами, серед яких особливе значення мають бульбочкові бактерії родини *Rhizobiaceae*. Як зазначає Коць С.Я., "бобово-ризобіальний симбіоз є унікальною системою, яка забезпечує рослини екологічно чистим азотом". Завдяки здатності до симбіозу з бобовими рослинами, ризобії забезпечують надходження значної кількості азоту в ґрунт.

Окрім бульбочкових бактерій, важливу роль у процесі азотфіксації відіграють вільноіснуючі мікроорганізми, такі як ціанобактерії та азотобактер. Мошинець О.В. та співавтори відмічають, що "вільноіснуючі азотфіксатори здатні забезпечити надходження в ґрунт до 20-30 кг/га азоту за рік" [18,21-23]. Ці мікроорганізми не потребують симбіозу з рослинами і здатні фіксувати азот самостійно.

Азотфіксуючі мікроорганізми не лише забезпечують рослини азотом, але й виконують важливу екологічну функцію, підтримуючи родючість ґрунтів. Як зазначає Волкогон В.В., "інтродукція азотфіксуючих мікроорганізмів у агроценози сприяє підвищенню вмісту органічної речовини в ґрунті та покращенню його структури". Завдяки цьому відбувається відновлення та збереження ґрунтової родючості.

Ефективність азотфіксації залежить від багатьох факторів, серед яких важливе значення має забезпеченість ґрунту поживними речовинами. Як показано в роботі Кисельової О.О. та співавторів, «внесення фосфорних та

калійних добрив сприяє підвищенню активності азотфіксації та накопиченню біомаси азотфіксуючих мікроорганізмів». Це пов'язано з тим, що азотфіксація є енергозатратним процесом і потребує достатньої кількості поживних речовин.

«Ефективність симбіотичної азотфіксації та продуктивність сої значною мірою залежать від активності та комплементарності штамів бульбочкових бактерій. Дослідження показують, що застосування високоактивних штамів ризобій забезпечує формування потужного симбіотичного апарату та інтенсивну фіксацію атмосферного азоту, що дозволяє зменшити дози внесення мінеральних азотних добрив» [13,23].

Найпоширенішим природним джерелом надходження азоту в ґрунт є захоплення його із атмосферного повітря, що потрапляє до шпаринок у ґрунті, азотфіксуючими організмами, які мають властивість окислення азоту. Звісно і мінеральні добрива – також велика частка даного продукту для сільського господарства, виготовляються хімічною промисловістю.

Джерелом поповнення азоту в ґрунті є також мінеральні азотні добрива – продукт промислового зв'язування молекулярного азоту атмосфери. Розрізняють два види азотфіксації молекулярного азоту повітря: симбіотичну й асоціативну:

«1) симбіотична азотфіксація здійснюється бульбочковими бактеріями, які перебувають у тісному симбіотичному зв'язку з бобовими рослинами. Причому цей симбіоз можливий лише за умови поєднання рас і штамів бульбочкових бактерій з відповідними бобовими культурами. Так, люцерна інфікується лише штамми бульбочкових бактерій, які перебувають у симбіозі з буркуном (*Rh. Meliloti*), конюшина – штамми *Rt. trifolia*. Кращі результати при вирощування сої дає обробка її насіння штамми *Bradirhisobium*. За даними В. П. Патики та ін. (1993), обробка насіння сої сортів Херсонська 908, Кіровоградська 4 і Чайка штамми 629а і 639б *Br. Jaroni-cum* забезпечувала підвищення врожайності на 3,8-8,3 ц/га. При цьому посилювалось накопичення в зерні білка, збільшувався вміст у ньому

глютамінової кислоти. Цей симбіоз сприяє також підвищенню родючості ґрунту і врожайності наступних культур сівозміни, оскільки в ґрунті залишаються кореневі і стерньові рештки, багаті на азот, фосфор, кальцій, калій та інші макро- й мікроелементи;»[13,15,18]

«За оптимальних умов функціонування бобово-ризобіального симбіозу потенційні розміри симбіотичної азотфіксації можуть досягати 130-190 кг/га, а для багаторічних бобових цей показник ще вищий – 270-550 кг/га. За рахунок біологічної фіксації азоту повітря зернобобові рослини на протязі вегетаційного періоду засвоюють до 60-80 кг азоту на 1 га. Це перекидає до 90% їхньої потреби в азоті.»[15,22]

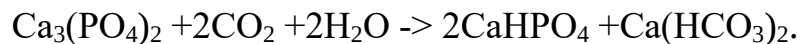
Після збирання зернових культур в ґрунті залишається 20-70 ц/га корневих і пожнивних решток, в яких міститься 45-130 кг азоту, 10-30 кг фосфору і 20-70 кг калію. Однак деякі дослідники вважають незначним такий вклад в біологічну азотфіксацію, оскільки в агроєкосистемах загальний баланс «біологічного» азоту не вищий 10% від загальних посівів сільськогосподарських культур, а в природних фітоценозах бобові рослини присутні лише на перших етапах рослинних сукцесій і практично відсутні в клімакських екосистемах;[12-13]

«2) асоціативна азотфіксація сприяє підвищенню врожайності також небобових рослин за рахунок вільноживучих азотфіксуючих організмів, які розміщуються в зоні ризосфери і на корінні цих рослин. Існує близько 14 груп цих бактерій. Виявлено (В.П. Патика, А.В. Єрмоліна, М.М. Умаров), що найактивніша азотфіксація в асоціативних мікроорганізмів відбувається у ризосфері рослин у період їх активного росту. Визначена висока азотфіксація у таких груп бактерій (В.П. Патика та ін., 1993), як *Achromobacter*, *Aghaspirillum*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Flavobacterium*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizospirillum*, *Spirillum* та ін. Асоціативні бактерії у процесі вегетації впливають на ріст рослин, структуру посіву, врожайність так само, як і азотні мінеральні добрива. Причому їх діяльність посилюється на фоні помірного удобрення

азотом. В ґрунті під злаковими травами продуктивність азотфіксації на протязі вегетаційного періоду складає до 40 кг азоту на 1 га.» [12-13]

Звичайно в агроєкосистемах існує природна симбіотична й асоціативна азотфіксація. Тому треба створювати умови для її активізації, підбирати сорти, забезпечувати оптимальні умови вегетації. Велике значення має застосування ефективних штамів азотфіксаторів. Нині розроблено препарати, які містять активні й ефективні штами бульбочкових та асоціативних азотфіксаторів.

Аналогічно асоціативним азотфіксаторам, які засвоюють азот із атмосфери, багато мікроорганізмів можуть перетворювати нерозчинні форми фосфатів ґрунту на легкозасвоювані рослинами. До таких мікроорганізмів належать різні бактерії, стрептоміцети, гриби та ін. До них, зокрема, відносяться роди *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Penicillium*, *Aspergillus* тощо. Фосфати ґрунту розчинюються різними кислотами, в тому числі вуглекислотою:



Мобілізація фосфатів також є результатом утворення мікроорганізмами різноманітних органічних кислот, кетокислот під час бродіння або неповного окислення вуглеводів. Фосфати перетворюються в розчинні форми завдяки діяльності нітрифікуючих бактерій, які утворюють азотну кислоту, і бактерій, які окислюють сірку. Мікориза (*endomycorrhizae*) має важливе значення для забезпечення рослин фосфором. У сівозміні деякі рослини сприяють розвитку цих грибів (їх зазвичай називають пухирчасто-арбускулярною мікоризою – ВАМ), а деякі негативно впливають на них, наприклад, ріпак, гірчиця, редька, люпин, які мають імунітет до ендоефітів. Ці культури зменшують кількість рідної мікоризи, а зернові та зернобобові позитивно впливають на неї, збільшуючи кількість спор. Таким чином, екологічно доцільне рослинництво, в тому числі має досить великий мікробіологічний арсенал, використання якого може набагато скоротити кількість застосовуваних дорогих і екологічно несприятливих азотних та фосфорних мінеральних добрив.[16,24-25]

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЦЯ ТА УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Кліматичні умови місця проведення досліджень

Згідно агрокліматичного районування територія землекористування ФГ «Рябенко» розташована в південній частині Придніпровської височини (рис.2.1), що характеризується сухою жаркою погодою влітку і м'якою малосніжною зимою. Середня температура січня $-5,5^{\circ}\text{C}$, липня $+20,5^{\circ}\text{C}$. Період з температурою понад 10°C складає біля 165 днів. Середньорічна кількість опадів 520 мм, розподіляються вони протягом року нерівномірно, бездощові періоди можуть тривати 25–30 днів. Високі температури при низькій відносній вологості повітря нерідко спричиняють посухи; сильні вітри - призводять до дефляції ґрунту [5,26].

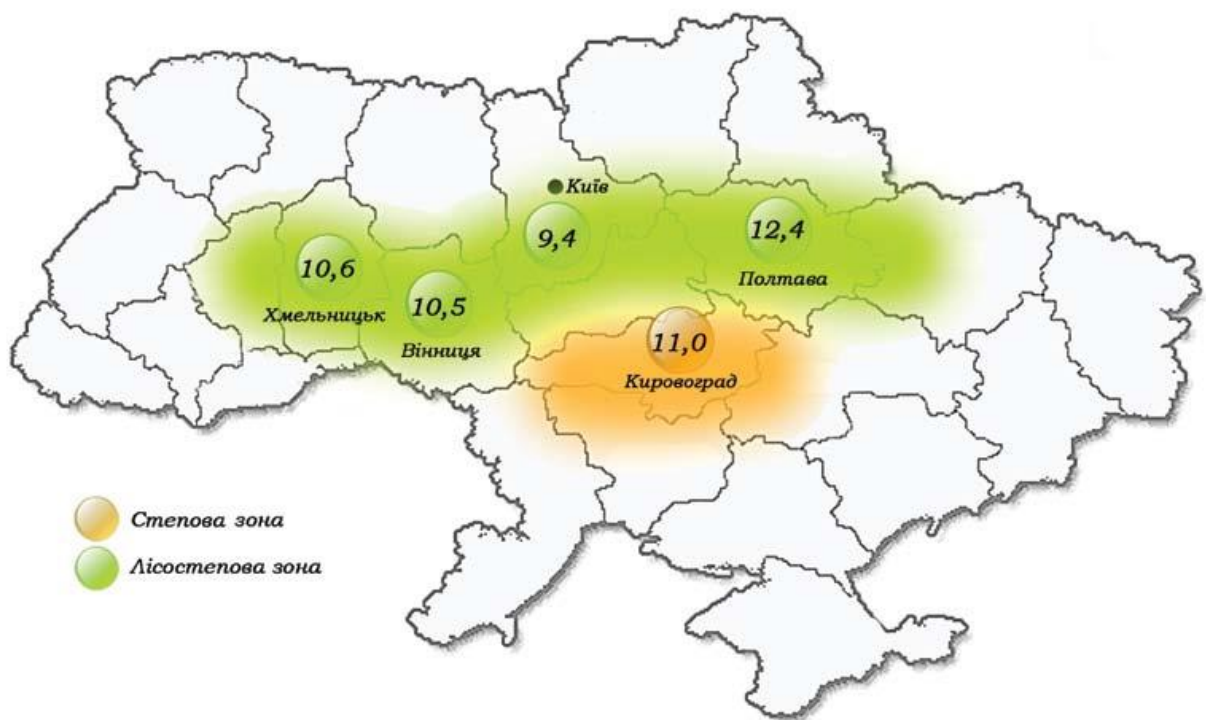


Рис. 2.1. Перехідна зона північного Степу – південного Лісостепу.

Висота снігового покриву до 10 см. Домінуючі вітри – північно-східного, східного та північно-західного напрямків. Опади влітку випадають переважно зливого характеру, максимум їх приходить на червень і липень. Поряд з цим влітку нерідкі тривалі бездощові періоди. Влітку переважають східні і північно-східні вітри, що часто носять характер суховіїв. Відносна вологість повітря вдень у період вегетації складає в середньому 50%, а в окремі дні вона знижується до 30%, викликаючи атмосферну і ґрунтову посухи.

Загалом кліматичні умови розташування господарства сприятливі для вирощування більшості сільськогосподарських культур [5,26].

В окремі роки опадів в(табл.2.1)випадає від 209 до 755 мм.

Таблиця 2.1 - Середньорічна кількість опадів по зонах Кіровоградської області, мм

Зони	Місяці							
	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень
Лісостеп	28	22	22	32	44	63	66	4
Перехідна зона	23	23	22	31	56	59	59	4
Степ	23	20	23	31	42	59	57	4

В межах Кіровоградського району середньобаторічна кількість - 474 мм, зокрема біля 70% припадає на теплий період року та 30% - на холодний.

Клімат континентальний, помірно-теплий [26].

Тривалість вегетаційного періоду складає 205-215 днів, з сумою позитивних температур в межах дат переходу температури повітря через плюс 5°C 3000 - 3350°C , вище 10°C - 2915, вище 15°C – 2335 (табл. 2.2, 2.3).

Таблиця 2.2

**Середньобагаторічні кліматичні показники перехідної зони північного
Степу – південного Лісостепу**

№ п/п	Кліматичні показники	
1.	Довжина безморозного періоду, днів	140-150
2.	Суми позитивних температур, °С	3000-3350
3.	Довжина вегетаційного періоду, днів	200-215
4.	Сума опадів за рік, мм	418-475
5.	Сума опадів за вегетацію, мм	288-336
6.	Середньорічна температура повітря, °С	7,4-8,2
7.	Середній із абсолютних мінімумів температури повітря, °С	-25
8.	Абсолютний максимум температури повітря, °С	40
9.	Абсолютний мінімум температури повітря, °С	-35- -38
10.	Сума активних температур більше 10°С	2410-2550
11.	Середня дата першого приморозку восени	20 вересня
12.	Середня дата останнього весняного приморозку	20 квітня
13.	Довжина періоду із сніговим покривом, днів	82-85
14.	Середня із максимальних висот снігового покриву, см	8-12
15.	Середня глибина промерзання ґрунту, см	48-58
16.	Максимальна глибина промерзання ґрунту, см	90
17.	Мінімальна глибина промерзання ґрунту, см	15-25
18.	Переважаючий напрям вітру	північно-західний

Достатня сума опадів, тривалий вегетаційний період – умови сприятливі для ведення рослинництва.

2.2. Ґрунтові умови господарства

На Кіровоградщині розповсюджені одні з найродючіших ґрунтів світу – чорноземи; котрі, внаслідок екстенсивного використання в останні десятиріччя невпинно втрачають свою родючість

На території господарства переважають чорноземні ґрунти, які мають сприятливі фізико-хімічні та агрохімічні властивості для вирощування сільськогосподарських культур.[1,10-11]

Таблиця 2.3

Середньомісячна кількість опадів за 2021 – 2023 рр., мм

Місяць	Роки, мм			Середня за 2021-2023 рр.
	2021	2022	2023	
Січень	40	68	65	58
Лютий	19	32	28	26,3
Березень	30,2	24,9	27,5	27,5
Квітень	51,2	34,2	45,3	43,6
Травень	7,6	11,5	10,6	9,9
Червень	186	54	89	109,7
Липень	25,6	43	39,3	36,0
Серпень	38,4	38,2	36,2	37,6
Вересень	38,7	31,5	32	34,1
Жовтень	29,0	171	122	107,3
Листопад	30	40	71,2	47,1
Грудень	56	79	63,5	66,2
Сума за рік	551,7	627,3	629,6	602,8

За даними досліджень центру "Облдержродючість" в орному шарі в середньому міститься гумусу 4,77%; азоту, що легко гідролізується 12,3; рухомого фосфору - 6,5 та обмінного калію 13,0 мг на 100 г ґрунту, рухомих форм марганцю, цинку, та бору відповідно 8,8, 0,30 і 1,3 мг на кілограм ґрунту. В основному чорноземам властива нейтральна та близька до нейтральної реакція ґрунтового розчину і вони не потребують хімічної меліорації. Проте у насичених цукровими буряками сівозмінах при рН сольовому 6,0 і нижче, гідролітичній кислотності більше 2,0 мг на 100 г ґрунту і ступені насичення основами менше 93% їх доцільно вапнувати. Таких ґрунтів у господарстві налічується 289,0 га.

Певну частину ріллі займають еродовані ґрунти. Для них характерний укорочений гумусовий горизонт, вони містять менше поживних речовин і мають значно гірші фізико-хімічні та водно-фізичні властивості.

РОЗДІЛ 3
МЕТОДИКА ТА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для виконання поставлених завдань було виконано наступні роботи. В полі у 2021-2023рр. було закладено дослід для визначення екологічних особливостей процесу вирощування посівів на корм, з компонентом бобових. В дослідженнях даної роботи було використано та проаналізовано надані агрономічною службою результати врожайності дослідних посівів. Також особисто дослідником в останній декаді травня 2024 р. було відібрано проби ґрунту (методом конверта), доставлено в лабораторію «Облдержродючість» і спільно з фахівцями лабораторії виконано аналітичні визначення.

В досліді висівали сорти і гібриди: кукурудза гібрид Дніпровський 337 МВ з нормою висіву 55 тис. схожих насінин на 1 га, соя Ізумрудна – 55 тис./га. Посів широкорядний. Попередником досліджуваних посівів виступав ярий ячмінь. Поле після збирання попередника лушили бороною БДТ-3,0 на глибину 5 – 6 см з подальшим внесенням мінеральних добрив в дозі N₆₀P₆₀K₆₀. В досліді висівали кукурудзу сівалкою СПЧ-6А з шириною міжрядь 70 см, при температурі в орному шарі ґрунту 8-10⁰С.

Таблиця 3.1.

Схема польового дослід

№№ вар.	Розміщення культур в ділянках дослід	
	В рядку	В міжрядді
Дослід 1		
1.	Кукурудза	—
2.	Кукурудза з соєю	—
3.	Кукурудза з соєю	соя

Розміщення ділянок систематичне в один ярус. Повторення у дослідях – дворазове. Чергування у повтореннях послідовне. Посівна площа 40м², облікова – 20 м².

Підсів в міжряддя кукурудзи культур – білкових компонентів проводили одночасно з сівбою кукурудзи, використовуючи зернову сівалку СЗН-3,6 з припіднятими над рівнем ґрунту сошниками зліва направо 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23. Для цього на штангах звільнялися пружини і за допомогою дроту до проміжного квадрату підіймалися вищеназвані сошники і закріплялися на висоті 15-20 см. Тобто діючими залишалися 6 сошників – 4, 8, 12, 16, 20, 24, для підсіву насіння в міжряддя.

3.1. Лабораторні дослідження поживного режиму ґрунту

3.1.1. Визначення кількості гумусу

В ході дослідження здійснювали відбір проб ґрунту з наступним лабораторним аналізом.

У процесі розкладання рослинних і тваринних решток, тобто одночасно з мінералізацією органічних речовин, у ґрунті йде процес утворення складних органічних сполук, процес гуміфікації (утворення ґрунтового гумусу, або перегною). Перегнійні речовини ґрунту мають складну хімічну будову, більш складнішу, ніж вихідний матеріал. Ґрунтовий перегній містить гумінові кислоти, фульвокислоти, амінокислоти, ґрунтові вітаміни, феноли, антибіотики і т. п. При розкладанні гумусу вивільняється вуглець, нітрати, фосфати і т. п. До складу гумусу входить близько 5% азоту. Тому перегнійні речовини служать джерелом збагачення ґрунту елементами зольної та азотної їжі. Крім того, перегнійні речовини – найважливіший фактор утворення ґрунтової структури, вони покращують також аерацію, теплові властивості ґрунту, поглинальну її здатність, вологоємність та інші фізичні та хімічні властивості, що визначають родючість ґрунту[28-30].

«Визначення кількості гумусу за методом І. В. Тюріна.

Загальну кількість гумусу в ґрунті визначали непрямым шляхом за кількістю вуглецю в ґрунті (прямих методів визначення загальної кількості гумусу в ґрунті немає). Сутність цього методу полягає в окисненні вуглецю

органічної речовини (гумусу) 0,4 н. розчином дихромату калію ($K_2Cr_2O_7$), приготованого на розведеному у воді (1:1) сірчаної кислоти. Кількість окислювача, витраченого на окислення вуглецю перегною, визначали по різниці між кількістю хромової суміші, взятої на окислення, і кількістю її, залишилися невитраченим (встановлюють титруванням залишку хромової суміші сіллю Мора). За кількістю витраченого окислювача обчислювали процентний вміст гумусу»[30].

Середній вміст вуглецю в перегної 58%. Тому при перерахунку вуглецю на гумус процентний вміст вуглецю множили на коефіцієнт 1,724. Зворотний перерахунок гумусу на вуглець проводили за формулою:

$$\% C = \% \text{ гумусу} \cdot 0,58 \quad (3.1.)$$

За вмістом гумусу вираховували вміст (%) азоту в ґрунті:

$$\% N = \% \text{ гумусу} \cdot 0,05 \quad (3.2.)$$

вираховували вміст вуглецю; та визначали запас гумусу в верхньому 20 сантиметровому шарі ґрунту, виходячи із вмісту гумусу та щільності.

3.1.2. Визначення вмісту нітратного азоту

«При вивченні азотного фонду ґрунту визначаються вміст загального азоту і фракційний склад його сполук. Залежно від потреби і типу ґрунту визначають також вміст фіксованого амонію. Щоб встановити забезпечення рослин азотом, визначають вміст у ґрунті легкогідролізованого азоту і нітрифікаційну здатність ґрунту. При вивченні динаміки мінерального азоту в ґрунті під час вегетації рослин визначають вміст амонійного і нітратного азоту.»[20,30]

«Загальний вміст азоту в ґрунті визначають за методом К'ельдаля. Фракційний склад сполук азоту визначають за методом Шконде і Корольової. Легкогідролізований азот в некарбонатних ґрунтах визначають методом Тюріна і Кононової, в карбонатних — методом Шлавицької, лужногідролізований азот — методом Корнфілда, амонійний азот — колориметричним методом з реактивом Несслера, індофенольним методом;

нітратний азот — методом Грандваль-Ляжу, за допомогою іонселективних електродів.» [20,30]

«Визначення вмісту загального азоту в ґрунті за методом К'ельдаля.

Суть методу полягає в мінералізації органічних сполук азоту концентрованою H_2SO_4 при кип'ятінні до виділення аміаку. Сульфат амонію, який утворюється внаслідок взаємодії NH_3 з H_2SO_4 , розкладається лугом до аміаку, який поглинається титруванням розчином сірчаної кислоти.

Для визначення азоту в реактивах проводять контрольний дослід в аналогічних умовах і з тією самою кількістю реактивів, але без досліджуваного ґрунту. Вміст загального азоту (IV) в ґрунті, в процентах, обчислюють за формулою»: [29,30]

$$N = \frac{(V - V_1) \cdot 0,007 \cdot 100}{m} \quad (3.3),$$

де V — об'єм точно 0,05 н. розчину H_2SO_4 , взятої для поглинання аміаку, мл;

V_1 , — об'єм точно 0,05 н. розчину NaOH , витраченого на титрування залишку H_2SO_4 в досліджуваній пробі, мл;

0,007 — кількість азоту, що відповідає 1 мл точно 0,05н. розчину H_2SO_4 , г;

100 — для перерахунку в проценти;

m — маса наважій ґрунту 1, г.

3.1.3. Визначення вмісту рухомих сполук фосфору і калію в ґрунті за методом Мачигіна в модифікації ЦІНАО

«Суть методу. Рухомі сполуки фосфору і калію вилучали з ґрунту 1 %-м розчином $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ при співвідношенні ґрунту і розчину 1:20 з наступним визначенням фосфору на фотоелектроколориметрі, а калію — на полуменовому фотометрі.

Сполуки фосфору, які перейшли у витяжку, взаємодіють з молібдатом амонію і в присутності відновника утворюють комплексну сполуку синього кольору. Інтенсивність світлопоглинання забарвленим розчином вимірювали на фотоелектроколориметрі.» [29,30]

«Для побудови шкали зразкових розчинів при визначенні фосфору після окислення органічних речовин з кожної колби зразкового розчину у мірні колби на 50 мл вносять по 15 мл зразкового розчину і 35 мл забарвлюючого реактиву С. Після перемішування визначають оптичну густину аналогічно визначенню оптичної густини у витяжках з ґрунту після окислення органічних речовин.» [29,30]

На основі результатів визначення оптичної густини шкали зразкових розчинів та вмісту фосфору (P_2O_5) будують калібрувальний графік, за допомогою якого визначають вміст фосфору в ґрунті.

Вміст фосфору (P_2O_5), в міліграмах на 1000 г ґрунту, обчислюють за формулою

$$P_2O_5 = \frac{a \cdot 1000}{m} \quad (3.4)$$

де a — кількість P_2O_5 , знайдена за калібрувальним графіком, мг;

m — розрахункова маса ґрунту, г.

На осі абсцис крім концентрації фосфору (мг P_2O_5) можна відкладати вміст фосфору в міліграмах P_2O_5 на 1000 г ґрунту згідно з даними таблиці і виконати розрахунки за допомогою графіка.

«Визначення калію. Калій визначають за допомогою полуменевого фотометра. Калібрування полуменевого фотометра проводять за шкалою зразкових розчинів.

За даними вмісту калію (K_2O) у розчинах шкали зразкових розчинів і показів шкали полуменевого фотометра будують калібрувальний графік, за допомогою якого знаходять вміст калію (K_2O) в ґрунті. Вміст калію (K_2O), в міліграмах на 1000 г ґрунту, обчислюють за формулою:

$$K_2O = \frac{a \cdot V \cdot 1000}{m \cdot 1000} \quad (3.5),$$

де a — кількість K_2O , знайдена за калібрувальним графіком мг/л;

m — маса наважки ґрунту, г;

V — об'єм фільтрату мл;

1000 — для перерахунку; 1000 — для перерахунку кількості міліграм K_2O на 1 мл розчину.» [28-30]

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Розрахунок норм добрив для одержання 350 ц/га зеленої маси кукурудзи

Підвищення родючості ґрунтів є одним із основних напрямів збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції, економії енергетичних ресурсів та збереження екологічної стійкості навколишнього середовища. Це можливо завдяки раціональному використанню мінеральних добрив і меліорантів разом із дотриманням агротехнічних заходів – сівозміни, системи обробітку ґрунту тощо. На даний момент найбільше значення мають польові добрива, які, на жаль, не завжди надійні через здатність великих культур, які здатні самотійно накопичувати азот, через кореневі види сполуки, що містять мінеральну сировину. , біотехнології та використання природного потенціалу сільськогосподарських регіонів. Мінеральні добрива є найшвидшим фактором підвищення продуктивності рослин і поліпшення родючості ґрунту. Найбільший ефект від їх застосування в даному господарстві досягається при внесенні під основний обробіток ґрунту не менше 75 % річної потреби, переважно під культури, що забезпечують найбільший ріст: озимі після непарових попередників, ячмінь, цукрові та кормові буряки , картопля, овочі. Високі ціни на мінеральні добрива викликають необхідність ощадливого їх використання. Корегування доз основного удобрення згідно фактичного вмісту поживних речовин в конкретному полі (табл. 4.1) згідно даних агрохімічних картограм, екологічних паспортів з врахування поправки на попередник дозволяє зменшити потребу в туках (мінеральних добривах) майже на чверть.[8,10-11]

Таблиця 4.1 - Норми добрив кг/га діючої речовини під кукурудзу на корм в залежності від висоти запланованого врожаю та забезпеченості ґрунту поживними речовинами

Запланований врожай, ц/га	Вміст поживних речовин в ґрунті, мг на 100 г											
	азоту				фосфору				калію			
	0-10	10-15	15-20	20-25	0-10	10-15	15-20	20-25	0-10	10-15	15-20	20-25
250	95	55	30	10	70	40	10	0	70	45	30	10
300	105	65	40	10	80	50	15	0	80	60	40	15
350	120	75	45	10	90	60	20	0	95	70	45	15
400		80	50	15		65	20	0		80	50	15
450		95	55	15		75	25	0		90	55	20

Якщо ми плануємо одержати не менш як 350 ц/га зеленої маси посівів кукурудзи на корм, користуючись даними агрохімічного аналізу табл. 4.1 та зведеними даними картографування полів за вмістом поживних речовин приймаємо наступне. Забезпеченість поля за даним агрохімслужби господарства поживними речовинами: азоту – 10,8, фосфору – 6,7, калію – 16,1 мг на 100 г ґрунту. Згідно табл. 4.1 для отримання запланованого врожаю зеленої маси кукурудзи необхідно азоту 120-45 кг, калію 95-45, фосфору – 90-20 кг на 1 га. Якщо уточнити розрахунок згідно формули з поправочним коефіцієнтом, отримаємо:

$$\text{Доза азоту: } N = (90,44 - 0,018 \cdot N) \cdot Y - N_{\text{non}} \quad (4.1),$$

$$\text{Доза фосфору: } P = (0,34 - 0,023 \cdot P) \cdot Y \quad (4.2),$$

$$\text{Доза калію: } K = (0,34 - 0,017 \cdot K) \cdot Y \quad (4.3),$$

де N – вміст азоту, що гідролізується в ґрунті, мг на 100 г;

P – вміст калію в ґрунті, мг на 100 г;

K – вміст калію в ґрунті, мг на 100 г;

N_{non} – поправка на попередник, приймаємо 12.

$$N = (90,44 - 0,018 \cdot 10,8) \cdot 350 - 12 = 74,$$

$$P = (0,34 - 0,023 \cdot 6,7) \cdot 350 = 65,$$

$$K = (0,34 - 0,017 \cdot 16,1) \cdot 350 = 23.$$

4.2. Урожайність зеленої маси змішаних посівів залежно від умов вирощування

При вирощуванні мішаних посівів відзначено більший вихід зеленої маси, ніж при вирощуванні моновидової культури кукурудзи, яка використовується на зелений корм або на силос. (табл.4.2, рис.4.1).



Рис. 4.1- а) – змішані посіви кукурудзи і сої за умов достатнього зволоження; б) – змішані посіви кукурудзи і сої за умов високих температур; низької вологості повітря та ґрунту.

Так, якщо врожайність зеленої маси контрольного варіанту – кукурудзи чистого посіву склала в середньому за роки проведення досліджень 46,3 т/га, то по всіх без виключення варіантах сумісних посівів в середньому за роки проведення досліджень була прибавка врожаю. Деяка знижка врожайності сумішок 2021 р. викликана погодніми умовами, які можуть складатись несприятливо в окремі роки. За даними дослідників, знижка не є характерною. Але цей фактор доведеться враховувати в подальшому при впровадженні технології, щоб компенсувати небажані наслідки більш ретельним дотриманням агротехніки. Той самий факт, що навіть за несприятливих умов суміші, де площа живлення та місце під сонцем були оптимально використані завдяки посіву в рядку кукурудзи та додатково в міжрядді сої, свідчить про

перевагу цієї культури над іншими за нашої зони, і необхідність розгляду останніх як найбільш перспективних для сумісних культур. Максимальний приріст урожаю відзначено на варіанті вирощування кукурудзи з соєю в рядку та ущільненою соєю в міжрядді – плюс 1,9 т/га, а норми висіву прийнято як рекомендовані для моновидових посівів. Інші види сумішок кукурудзи з високобілковими зернобобовими культурами також забезпечили прибавку врожаю на рівні від 0,3 до 0,8 т/га, тобто загалом по досліді прибавка врожаю в сумісних посівах склала 0,6-3,9% від контролю.

Таблиця 4.2 - Урожайність зеленої маси кукурудзи при вирощуванні з бобовими компонентами, 2021-2022 рр., т/га

Варіанти досліді	Урожайність зеленої маси, т/га		Середнє за 2011-2012 рр.	Різниця	
	2011 р.	2012 р.		т/га	%
Кукурудза (контроль)	37,1	55,5	46,3	-	-
Кукурудза, висіяна з соєю в рядку	36,7	57,1	46,9	0,6	1,3
Кукурудза, висіяна з соєю в рядку та ущільнена соєю в міжрядді	37,1	59,3	48,2	1,9	3,9

Одним із важливих таких прийомів є розширення площ посіву силосних культур разом з бобовими культурами.

В районах Степу України придатною для таких цілей культурою є соя. Досліджень щодо сої проводилось достатньо, але відомо, що і інші зернобобові культури мають свої переваги. [15,24,31]

Отже, при аналізі біологічних особливостей культур ми допустили, що вплив кукурудзи, як невибагливої культури, буде мати захисну роль, її коренева система сприятиме підтягуванню вологи з більш глибоких шарів ґрунту і це забезпечить оптимізацію ґрунтових умов вирощування бобового компоненту (рис.4.3).



Рис. 4.2 – Соя – культура з високою здатністю до біологічної азотфіксації

Соя надалі відіграє екологічне значення в ефективності і власне отримання рослинницької сировини, і водночас для облагородження, відновлення ґрунту завдяки деяким біологічним особливостям. [31]

4.3. Ґрунтові умови живлення рослин в залежності від складу сумішок

В роки проведення досліджень відмічено відмінність вмісту поживних речовин в ґрунті між одновидовими та змішаними посівами кукурудзи на корм. Очевидно, що кореневі системи різних культур по-різному використовують елементи живлення, але можна сказати, що взаємного негативного впливу немає. Таким чином, якщо розглядати вміст нітратного азоту в ґрунті, то бачимо, що суміші позитивно впливають на бобові компоненти за рахунок явища азотфіксації. Збільшення запасів азоту протягом вегетації відбувається динамічно у варіантах ущільнення кукурудзи з соєю, тоді як цей показник зменшується у чистому насінні кукурудзи (від 10,6 до 10,0 мг NO_3 у 100 г сухого ґрунту), потім у сумішках, з деякими

протягом вегетаційного періоду зменшується, а вміст азоту залишається вищим і на кінець серпня становить 10,6-11,2 мг NO₃ в 100 г сухого ґрунту. (табл. 4.3).

Сівозміна, в структурі якої присутні зернобобові культури, є надзвичайно цінною для сільськогосподарського виробництва, оскільки завдяки використанню природного потенціалу культур забезпечується низка позитивних впливів на ґрунт і наступну культуру. Такі культури, як соя та ін. здатні до потужної азотфіксації завдяки особливостям кореневої системи (рис. 4.3). Завдяки діяльності ризобіального комплексу бобових культур вдається зменшити надходження мінерального азоту, що однозначно сприяє екологізації даної технології. Адже культура не лише забезпечує себе азотом, а й накопичує поживні речовини для наступної культури в сівозміні.[15,32-33]

Таблиця 4. 3 - Вплив компонентів змішаних посівів на вміст нітратного азоту в ґрунті (0-30 см), мг NO₃ в 100 г сухого ґрунту

Варіанти	Рік дослідження				Середнє за 2011-2012 рр.	
	2011		2012			
	2 декада травня	3 декада серпня	2 декада травня	3 декада серпня	2 декада травня	3 декада серпня
Кукурудза (контроль)	10,7	10,1	10,5	8,9	10,6	10,0
Кукурудза, висіяна з соєю в рядку	11,1	11,0	10,9	10,1	11,0	10,6

«Завдяки симбіотичній фіксації за рік накопичується азоту біля 200 млн.т; причому таких форм, які можуть засвоюватися всіма рослинними та тваринними організмами. Соя та ін. зернобобові, за даними В.М.Пенчукова та ін., фіксують з повітря біля 50-70% необхідного азоту, накопичуючи при цьому в ґрунті 30-50 і навіть 100-400 кг/га. Значення цих показників важко переоцінити і не можна не враховувати в сільськогосподарській діяльності, так як мінеральні добрива мають високу вартість, а в самому ґрунті сполук азоту зазвичай небгато. Тому саме використання біологічного азоту в природному колообігу для живлення агрофітоценозів є екологічним

вирішенням системи удобрення сільськогосподарських культур»[32] (рис. 4.3).



Рис. 4.3 - а) – коренева система сої; б) – люпину.

Відома група асоціативних азотфіксаторів – мікроорганізмів, які заселяють поверхню кореневої системи (рис.4.4).

«Існує значна кількість штамів бульбочкових бактерій, які здатні вражувати кореневу систему одного або кількох видів бобових рослин – що й відображено в їх назвах – *Rhizobium lupini*, *Rhizobium trifolii* і т.д.»

Таким чином, посів бобових сприяє підвищенню природної родючості ґрунту.

«Аналізуючи забезпеченість ґрунтового розчину рухомими формами фосфору, ми пересвідчилися у тому, що кореневі виділення бобових культур здатні в даних умовах переводити важкодоступні сполуки мінеральних речовин в засвоювані форми.»[30,34] Вміст доступного фосфору був вищим, хоч і незначно, але майже під всіма сумішками, порівняно з одновидовим посівом кукурудзи, хоч і дещо знижувався за період вегетації – тоді як в 2-ій декаді травня зафіксовано 6,-9-7,4 мг P_2O_5 на 100 г ґрунту, то в третій декаді серпня

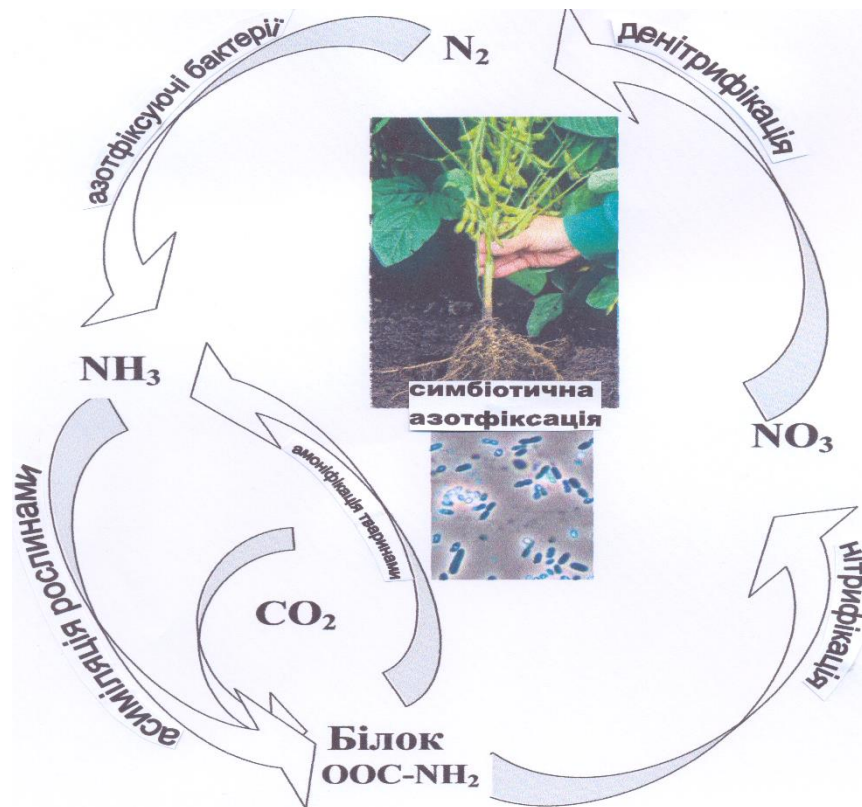


Рис. 4.4. Використання симбіотичної азотфіксації в природному колообігу

цей показник становив 6,5-6,9 мг P_2O_5 на 100 г ґрунту, що є вищим від чистого посіву кукурудзи (6,7-6,4 мг P_2O_5 на 100 г ґрунту) (табл. 4.5.).

Таблиця 4. 5 - Зміна вмісту рухомих форм фосфору в шарі 0-30 см, мг P_2O_5 на 100 г ґрунту, під впливом розвитку кореневої системи культур змішаних посівів

Варіанти	Рік дослідження				Середнє за 2021-2022 рр.	
	2021		2022			
	2	3	2	3	2	3
	декада травня	декада серпня	декада травня	декада серпня	декада травня	декада серпня
Кукурудза (контроль)	6,7	6,4	6,6	6,4	6,7	6,4
Кукурудза, висіяна з соєю в рядку	6,8	6,6	6,9	6,3	6,9	6,5
Кукурудза + соя + соя	7,1	6,8	7,4	6,7	7,3	6,8

Щодо вмісту калію, то в середньому за роки проведення досліджень також спостерігається більший його винос рослинами в кінці вегетації посівів

на корм. На варіанті, де кукурудза з соєю в рядку ущільнювалась соєю в міжрядді, відмічено найвищий вміст обмінного калію в ґрунті, - 15,8 мг K_2O на 100 г ґрунту в 2-ій декаді травня, 14,4 мг K_2O на 100 г ґрунту в 3-ій декаді серпня (табл. 4.6).

Таблиця 4. 6 - Забезпеченість ґрунту (0-30 см) обмінним калієм, мг K_2O на 100 г ґрунту

Варіанти	Рік дослідження				Середнє за 2021-2022 рр.	
	2021		2022			
	2 декада травня	3 декада серпня	2 декада травня	3 декада серпня	2 декада травня	3 декада серпня
Кукурудза (контроль)	16,2	14,2	13,9	11,9	15,1	13,1
Кукурудза, висіяна з соєю в рядку	16,4	14,1	13,3	12,4	14,8	13,2
Кукурудза, висіяна з соєю в рядку та ущільнена соєю в міжрядді	16,9	14,9	14,6	13,9	15,8	14,4

У період вегетації спостерігається зниження вмісту ряду поживних речовин, найменший із цих показників – азоту, оскільки бобові фіксують їх у ґрунті. Порівняно з одновидовим посівом кукурудзи комбіновані посіви дещо підвищують вміст азоту, фосфору і калію в ґрунті. При постійному введенні в сівозміну бобових культур поліпшуються поживні умови ґрунту, що сприяє кращому розвитку надземної маси та кореневої системи, це в свою чергу поліпшує структуру ґрунту, тобто відбувається накопичення ефекту природного відтворення родючості та збереження властивостей ґрунтів.

Завдяки асоціативним азофіксаторам також покращуються умови живлення кукурудзи. Штами корисних мікроорганізмів добре реагують на невеликі дози азоту, для них це як би поштовх до інтенсивного розмноження і заселення кореневої зони. Запорукою цьому є науково обґрунтована сівозміна з насиченням бобовими культурами, максимальне повернення поживних решток у ґрунт. Особливо сприятлива ситуація складається щодо накопичення азоту та фосфору.[22,35]

Таким чином, використовуючи природний потенціал культур, цілком можливо досягти кращого росту, розвитку, врожайності культур за рахунок покращення екологічного стану ґрунту.

ВИСНОВКИ

1. Стан ґрунтів зазнає погіршення через відсутність природоохоронних заходів, повноцінної сівозміни, належного удобрення. Безліч агрохімікатів щороку вносяться в ґрунти, мігрують далі в екосистемі, неконтрольовано поширюються в біосфері, спричиняючи низку негативних екологічних наслідків, зокрема для здоров'я людини.

2. Оскільки дотримання сівозміни для ґрунтів в деяких випадках може бути визначаючим фактором, необхідно дотримуватися чергування культур в часі і просторі, вводити багаторічні посіви, та обов'язково бобові культури, які природним чином збагачують ґрунти поживними речовинами.

3. Дослідивши особливості агротехніки, біологічні вирощування та отримавши результати врожайності зеленої маси, з'ясували, що поєднання культур в сумісних посівах з бобовим компонентом дає помітний різносторонній ефект.

4. Оскільки в сумісних посівах кукурудза і соя виявляють взаємодопоміжні функції, від цього «виграє» кожна культура зокрема. Кукурудза ніби ширма для сої, дещо захищає культуру від полягання. Корені їх розміщуються таким чином, що не конкурують між собою. Соя захоплює азот, та постачає його кукурудзі, а також зарахунок кореневих виділень здатна переводити важкорозчинні форми поживних речовин у легкодоступні. При вирощуванні таких посівів на корм також отримана фітомаса має більшу поживну цінність. Тобто цілий ряд переваг такого способу вирощування. З екологічної точки зору – для ґрунтів. З економічної – більша врожайність і цінність, отже менші витрати на годування тварин.

5. Щоб пересвідчитись у позитивному впливі бобових на ґрунт, було виконано аналітичне дослідження проб ґрунту, після того як кілька років поспіль вирощувалася соя. Відмічено збільшення вмісту гумусу, азоту, фосфору та калію. Якщо є позитивна динаміка макроелементів, то очевидно що і вміст мікроелементів також збільшився.

Список використаних джерел

- 1.Паньків З. П. Ґрунти України: навчально-методичний посібник /З. П. Паньків. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2017. –112 с.
- 2.Панас Р.М. Екологія ґрунтів: навчальний посібник / Р.М. Панас.– Львів: «Новий Світ-2000», 2021. –481 с.
- 3.Бегей С. В., Шувар І. А. Екологічне землеробство : підручник. Львів : «Новий Світ–2000», 2012. 432 с.
- 4.Канівець В.І. Життя ґрунту. Київ: Аграрна наука, 2018. 132 с.
4. Канівець В.І. Життя ґрунту. К.: Аграрна наука, 2001. — 132 с.
- 5.Дмитренко В.П. Зміна клімату та його вплив на сільське господарство України. Агроекологічний журнал. 2021. № 2. С. 31-39.
- 6.Приймак І. Д., Манько Ю. П., Рідей Н. М. Екологічні проблеми землеробства:.. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 456 с.
- 7.Іванишина В.В., Шувара І.А. Біологізація землеробства в Україні:реалії та перспективи: Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 284с.
- 8.Іутинська Г.О. Ґрунтова мікробіологія. Київ: Арістей, 2020. 288 с.
- 9.Смаглій О.Ф., Малиновська І.М., Черниш О.О. та ін. Екологія ґрунту. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. 92 с.
- 10.Тонха О.Л., Патика В.П., Балаєв А.Д. Ґрунтознавство з основами геології. Київ: НУБіП України, 2019. 270 с.
- 11.Тонха О.Л., Балаєв А.Д., Ветров П.І. та ін. Родючість ґрунтів Лісостепу України. Науковий вісник НУБіП України.Серія:Агрономія.2018.Вип. 286.
- 12.Патика В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В. та ін. Біологічний азот. Київ: Світ, 2018. 151 с.
- 12.Дмитренко В.П., Однолєток Л.П., Божко Л.Ю. та ін. Агрокліматичні ресурси Лісостепової зони України. Київ: НУБіП України, 2020. 184 с.
- 13.Коць С.Я. Сучасний стан досліджень біологічної фіксації азоту. Фізіологія рослин і генетика. 2019. Т. 51, № 4. С. 11-25.

- 14.Мошинець О.В., Косаківська І.В., Жук В.В. та ін. Роль вільноіснуючих азотфіксаторів у підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур. Мікробіологічний журнал. 2020. Т. 82, № 3. С. 76-87.
- 15.Кисельова О.О., Шаховніна О.О., Надкернична О.В. та ін. Вплив мінерального живлення на ефективність симбіотичної азотфіксації сої. Вісник аграрної науки. 2022. № 6. С. 43-49.
- 17.Шевніков М.Я., Міленко О.Г. Застосування біологічних, хімічних та фізичних засобів у технологіях вирощування сої та кукурудзи. Полтава: Камелот, 2018. 324 с. С. 135.
- 18.Телекало Н. В. Біологічний азот, як запорука екологічної безпеки ґрунтів. ISSN .2476626 Сільське господарство. Екологія та охорона та лісівництво. 2016. С. 155–164.
- 19.Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Формування родючості ґрунту за різних систем удобрення в польовій сівоzmіні. Вісник аграрної науки. 2019. № 4. С. 87-94.
- 20.Резніченко В.П., Ковальов М.М. Забезпеченість азотом гумусного горизонту чорноземів типового та звичайного в умовах північного Степу України. Таврійський науковий вісник: Сільськогосподарські науки. Вип. 107. Видавничий дім «Гельветика», 2019. С. 303-311.
- 21.Надкерничний С.П., Шкатула Ю.М., Ткачук О.П. та ін. Ефективність застосування молібденових добрив під бобові культури. Сільське господарство та лісівництво. 2020. № 16. С. 87-96.
- 22.Козар С.Ф., Євтушенко Т.А., Дем'янюк О.С. та ін. Фітогормональна активність ґрунтових бактерій роду *Azotobacter*. Агроекологічний журнал. 2019. № 3. С. 54-61.
- 23.Коць С.Я., Маліченко С.М., Кириченко О.В. та ін. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях (науково-практичні рекомендації). Київ: Логос, 2019. 75 с.
- 24.Бабич А.О., Петриченко В.Ф., Адамень Ф.Ф. та ін. Соя: монографія. Вінниця: Діло, 2018. 392 с.

- 25.Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів, 2016. 730 с.
- 26.Екологічний паспорт Кіровоградської області за 2022 р. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://library.kr.ua/wp-content/uploads/2024/05/ecopass2022.pdf> (дата звернення: 10.05.2024)
- 28.Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2018. 55 с. С. 43-50.
- 29.Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з курсу “Ґрунтознавство” (для здобувачів вищої освіти спеціальності 205 “Лісове господарство” / укл. М. Салюк. – Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”, 2022 – 60 с.
- 30.Практикум з ґрунтознавства та основ геоботаніки [Текст] / Д.Г. Тихоненко, Т.О.Грінченко, В.В. Дегтярьов [та ін.]; ред. Д.Г. Тихоненко ; Харків. нац. аграр. ун -т ім.В.В. Докучаєва, Харк. нац. пед. ун-т ім. Г.С. Сковороди. - Харків : ФОП Бровін О.В.,2018. - 390 с.
- 31.Петренко Л.Р., Чабанюк Я.В., Собко М.Г. та ін. Наукові основи формування продуктивності сої. Вінниця: ТОВ "ТВОРИ", 2022. 240 с
- 32.Волкогон В.В., Бердніков О.М., Лопушняк В.І. та ін. Мікробіологічні аспекти відтворення родючості ґрунтів. Вісник аграрної науки. 2020. № 6. С. 100-106.
- 33.Кодьєва Г.М., Корсун С.Г., Даниленко В.П. та ін. Вплив технологічних прийомів вирощування на продуктивність сої в умовах лівобережного Лісостепу.Вісник ЦНЗ АПВ Харків.обл.2020.Вип.28.С.211-218. С. 214.
- 34.Дерев'янка В.А., Власенко В.А., Малиновська І.М. та ін. Методологія наукових досліджень в агрономії. Київ:ФОП Ямчинський О.В.,2018.-104 с.
- 35.Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В., Іванюк С.В. та ін. Соя: монографія. Вінниця: Діло, 2016. 400 с. С. 122.