

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агрономічний  
Кафедра технологій у рослинництві

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Білецький Андрій Олександрович**

УДК 631.816:630.825

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**“ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ**  
**ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ”**

201 – агрономія

Подається на здобуття наукового ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело \_\_\_\_\_ А. О. Білецький

Керівник роботи  
кандидат с.-г. наук  
**Матвійчук Наталія Григорівна**

Житомир – 2023

## АНОТАЦІЯ

*Білецький А. О.* Вплив систем удобрення на поживний режим дерново-підзолистого ґрунту. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 201 – агрономія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

У кваліфікаційній роботі представлені результати дослідження впливу систем удобрення на біологічний стан та агрохімічні показники родючості ґрунту, баланс поживних речовин (NPK) і гумусу в ґрунті у зоні Полісся України. Ґрунт, на якому закладено дослід, середньокислий, середньозабезпечений фосфором і калієм.

При внесенні органо-мінеральних добрив у різних співвідношеннях в ґрунті швидше проходять мікробіологічні та біохімічні процеси та активізується діяльність целюлозоруйнівних мікроорганізмів, покращується розвиток ґрунтової мезофауни, відбувається інтенсифікація дихальних процесів ґрунту, що позитивно відображується на вмісті гумусу.

За 5 варіанту удобрення, де в сівозміні використовувалась побічна продукція, сидерат, помірні дози мінеральних добрив –  $N_{24}P_{31}K_{34}$  та гній в нормі 10 т/га сівозмінної площі вміст азоту в ґрунті збільшувався на 7,7 мг/кг ґрунту – на 11%, фосфору на 17 мг/ґрунту – 17%, обмінного калію на 10,4 мг/кг ґрунту – 21%.

При внесенні лише мінеральних добрив у варіанті 2 формується від'ємний баланс гумусу. Додавання до них органічної речовини у вигляді соломи та сидерату дає +0,23 т/га. Найбільше нагромадження гумусу в сівозміні відбувається при внесенні всіх видів добрив (варіант 5) +0,75 т/га.

При сумісному застосуванні соломи, сидерату, гною та мінеральних добрив продуктивність сівозміни зросла у 2 рази - з 21,4 до 40,5 ц/га з.о.

**Ключові слова:** гумус, азот, фосфор, калій, елементи живлення, дерново-підзолистий ґрунт, системи удобрення, солома, сидерати, гумус.

## SUMMARY

*Biletskyi A.O.* The influence of fertilization systems on the nutrient regime of sod-podzolic soil. - Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 201 – agronomy. – Polis National University, Zhytomyr, 2023.

The qualification paper presents the results of the study of the influence of fertilization systems on the biological state and agrochemical indicators of soil fertility, the balance of nutrients (NPK) and humus in the soil in the Polissia zone of Ukraine. The soil on which the experiment is laid is moderately acidic, moderately supplied with phosphorus and potassium.

When applying organo-mineral fertilizers in different ratios, microbiological and biochemical processes take place faster in the soil and the activity of cellulose-destroying microorganisms is activated, the development of soil mesofauna improves, and the respiratory processes of the soil are intensified, which is positively reflected in the humus content.

For the 5th fertilizer option, where by-products, siderate, moderate doses of mineral fertilizers ( $N_{24}P_{31}K_{34}$ ) and manure were used in the crop rotation, at the rate of 10 t/ha of the crop rotation area, the nitrogen content in the soil increased by 7,7 mg/kg of soil – by 11%, phosphorus on 17 mg/soil – 17%, exchangeable potassium on 10,4 mg/kg of soil – 21%.

When applying only mineral fertilizers in option 2, a negative balance of humus is formed. Adding organic matter to them in the form of straw and siderate gives +0,23 t/ha. The greatest accumulation of humus in crop rotation occurs when all types of fertilizers are applied (option 5) +0,75 t/ha.

With the combined use of straw, siderate, manure and mineral fertilizers, the productivity of the crop rotation increased by 2 times - from 21,4 to 40,5 t/ha.

**Key words:** humus, nitrogen, phosphorus, potassium, nutrients, sod-podzolic soil, fertilization systems, straw, siderates, humus.

<b>ЗМІСТ</b>		
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ		5
ВСТУП		6
РОЗДІЛ 1	АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	8
РОЗДІЛ 2	УМОВИ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	12
	2.1. Місце, умови, схема та методика проведення досліджень	12
	2.2. Характеристика ґрунту дослідного поля	13
	2.3. Погодно-кліматичні умови в роки досліджень	14
РОЗДІЛ 3	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГРУНТУВАННЯ	16
	3.1. Динаміка агрохімічних показників родючості ґрунту	16
	3.2. Баланс гумусу в сівозміні	19
	3.3 Біологічна активність та „дыхання” ґрунту	23
	3.4.Продуктивність сівозміни залежно від системи удобрення	27
ВИСНОВКИ		30
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ		31
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 34		32
ДОДАТКИ		35

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

мг/кг – міліграм на кілограм

д. р. – діюча речовина

N – азот легкогідролізований

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – рухомий фосфор

K<sub>2</sub>O – обмінний калій

pH – водневий показник

ГДК – гранично допустима концентрація

з. од. –зернова одиниця

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Родючість ґрунту є головним чинником, який формує високопродуктивний і сталий розвиток сільського господарства. Проте реалії сьогодення свідчать, що останні роки спостерігається процес виснаження ґрунтів, погіршення їх якості та продуктивних можливостей.

В умовах спаду сільськогосподарського виробництва катастрофічно зменшилась кількість. Це негативно позначається на родючості ґрунтів.

У зв'язку з зменшенням внесення органічних і мінеральних добрив важливим важелем формування достатньо гумусового орного шару ґрунту являються рослинні рештки. Тому, на сьогоднішній день потрібно забезпечити збільшення надходження органічних речовин у ґрунт за рахунок розширення посівів багаторічних трав, а особливо бобових, заорювати побічну продукцію зернових та зернобобових культур, висівати сидерати. З метою вивчення цих питань в умовах Центрального Полісся проводилися польові дослідження.

**Мета і завдання дослідження.** Мета наших досліджень полягала у вивченні впливу різних систем удобрення на біологічний та поживний стан дерново-підзолистого ґрунту, продуктивність сівозміни.

Для досягнення даної мети ставилися такі завдання:

- встановити вплив систем удобрення на біологічну активність та агрохімічні показники родючості ґрунту;
- визначити продуктивність сівозміни залежно від систем удобрення.

**Предметом досліджень** є системи удобрення, вміст макроелементів та гумусу в ґрунті, біологічна активність ґрунту, продуктивність сівозміни.

**Об'єктом досліджень** є зміна агрохімічного та біологічного стану ґрунту, продуктивність сільськогосподарських культур в короткоротаційній сівозміні за різних систем удобрення.

**Методи дослідження.** Для виконання поставлених завдань використовувались наступні методи: польовий і лабораторно-польовий експеримент, різні порівняльно-аналітичні, порівняльно-розрахункові,

статистичні методи досліджень.

**Перелік публікацій автора за темою дослідження:**

1. Білецький А. О., Васяк В. Ю., Куриленко В. А., Куриленко Д. А. Біологічна активність дерново-підзолистого ґрунту за вирощування кукурудзи. *Current challenges of science and education*: зб. тез IV міжн. наук.-практ. конф., 11-13 груд. 2023 р., Берлін. Німеччина. 2023. С. 89–91.
2. Куриленко В. А., Куриленко Д. А., Білецький А. О. Особливості морфологічної структури рослин конюшини повзучої на Поліссі. *Інтенсифікація еколого-біологічного рослинництва*: зб. тез наук.-практ. конф., 15 лист. 2023 р. Житомир: ПНУ. 2023. С. 56–57.
3. Лінкевич О. В., Білецький А. О., Васяк В. Ю., Копаниця П. О. Агроекологічна оцінка сільськогосподарських земель. *Current challenges of science and education*: зб. тез IV міжн. наук.-практ. конф., 11-13 груд. 2023 р., Берлін. Німеччина. 2023. С. 99–101.

**Практичне значення одержаних результатів** На основі результатів досліджень для кращого накопичення гумусу та створенні оптимальних умов живлення рослин на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах зони Полісся доведено, що мінеральні добрива та гній можна компенсувати насиченням сівозміни бобовими культурами, висіванням сидератів та використанням соломи зернових культур.

**Структура та обсяг роботи.** Обсяг кваліфікаційної роботи складає 36 сторінок комп'ютерного тексту, включає 5 таблиць, 1 рисунок, 1 додаток. Робота містить анотацію, вступ, 3 розділи, висновки та пропозиції виробництву. Список використаних літературних джерел складає 40 найменувань.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Спад у сільськогосподарському виробництві позначився тривалим зниженням рівня інтенсифікації землеробства. Так, кількість внесених добрив у перерахунку на 1 га посівної площі за останні роки знизилась майже до 30 кг діючої речовини мінеральних добрив і 4 т гною. При такому рівні застосування добрив складається від'ємний баланс усіх елементів живлення рослин, його дефіцит за сумою NPK у середньому за останні роки становить 100-120 кг/га щорічно.

Окрім дефіциту азоту дерново-підзолисті ґрунти характеризуються незадовільним фосфатно-калійним станом, що зумовлює низький рівень їх родючості і врожайності культур. Оптимальний рівень для живлення сільськогосподарських культур становить для фосфору – 15-18 мг на 100 г ґрунту, для калію – 12-16 [26]. Калій в цілому є значно рухомішим, аніж фосфор, тому підвищення дози добрив не завжди веде до оптимізації калійного режиму через його підвищену міграційну здатність.

Проте особливо проблемною є ситуація з фосфором, якого зараз вноситься не більше 5 кг/га. За дефіцитного балансу фосфору в ґрунті раніше нагромаджені залишкові фосфати будуть швидко використані і винесені з урожаєм [20].

Досягнуте за період до 1990 р. в результаті 4-5-разового вапнування зниження кислотності ґрунтів у зв'язку з його фактичним припиненням наразі не спостерігаються, набрав розвитку зворотний процес або вторинне підкислення ґрунтів. Кислотність ґрунтів поступово зростає, особливо на фоні істотного зниження середньорічних норм внесення гною. Значне скорочення обсягів застосування органічних добрив зумовлює посилення деградаційних процесів: підвищується мінералізація гумусу, погіршуються



фізичні і фізико-хімічні властивості ґрунтів, зменшується вмісту в них мінеральних сполук азоту [26].

Тому першочерговим завданням у цій ситуації є дотримання сівозміни як основного агротехнічного заходу, завдяки якому можна регулювати родючість ґрунту; якомога повніше використовувати всі переваги біологізації землеробства шляхом розширення посівів багаторічних бобових трав, проміжних бобових культур, зернобобових сумішок, використання побічної продукції.

Важливим чинником підвищення ефективності і забезпечення стабільності інтенсивного землеробства в сучасних умовах залишаються науково обґрунтовані сівозміни. Вони істотно впливають на основні режими ґрунтів, що визначають їх продуктивність: водний, поживний, біологічний [1-6].

Усі сільськогосподарські культури тією чи іншою мірою у беззмінних посівах знижують урожайність. Багаторічними дослідженнями Інституту землеробства УААН показано, що врожайність пшениці озимої у беззмінних посівах без добрив становила 18,9 ц/га, з добривами – 24,9 ц/га. За дотримання сівозміни і внесення  $N_{40}P_{30}K_{30}$  одержано на 12,4 ц/га більше [7]. За даними науковців [8], урожай зерна пшениці озимої за рахунок сівозміни збільшився на 65-77%, за рахунок добрив – на 23-35% .

В умовах Ротамстедської дослідної станції в Англії у беззмінних посівах без добрив урожайність озимої пшениці становила 8,5 ц/га, за внесення  $N_{90}P_{74}K_{108}$  вона збільшилась до 22,1 ц/га, за внесення 35 т/га органічних добрив – до 24,6 ц/га. У сівозміні ж після конюшини на фоні внесення помірних доз добрив урожайність склала 75 ц/га [9].

Багатьма дослідними установами було доведено, що використання ріллі в системі сівозмін підвищує її продуктивність на 15-30% і більше, а повне освоєння сівозмін дозволяє без додаткових витрат матеріальних ресурсів значно збільшити валові збори сільськогосподарських культур [10].

Результатами тривалих дослідів ТСГА підтверджено позитивний ефект сівозміни для всіх сільськогосподарських культур. Ріст урожайності на 76,2% залежав від сівозміни і на 22,9% від добрив. При цьому відмічається покращання якості продукції зерна [11].

У дослідях колишнього НДІ сільського господарства Нечорноземної зони доведено перевагу сівозмін у порівнянні з беззмінними посівами. Встановлено, що в умовах Полісся найбільш оптимальними є сівозміни з насиченням зерновими культурами до 33-44%, просапними - 22-23, технічними - 11% [12].

Ігнорування принципів плодозміни приводить до зниження урожаю і погіршення його якості, непродуктивного використання землі і інших засобів виробництва. Численними дослідженнями доведено, що зернові культури, вирощені в сівозміні без добрив, підвищують урожайність у 1,5-2 рази, а з застосуванням добрив – на 30-50% порівняно з беззмінним посівом [13, 14].

При біологізації землеробства сівозміна являється основним та незамінним фактором відновлення родючості ґрунту. При цьому важливо поповнювати запас органічних речовин в ґрунті за рахунок використання рослинних решток всіх культур, що вирощуються в сівозміні. При цьому великого значення набуває властивість цих культур за певних оптимальних умов створювати максимальну кількість фітомаси, яка надходить у ґрунт. Це свідчить про те, що продуктивність культур необхідно визначати не тільки за кількістю врожаю основної та побічної продукції, а й виходячи з кількості кореневих і післяжнивних залишків, які акумулюються у ґрунті [14, 15, 16]. Повне вилучення рослинних решток з орного шару будь-якого ґрунту, передусім дерново-підзолистого [17], істотно знижує показники його родючості.

Згідно багаточисленних досліджень [18, 19], рівень накопичення органічних речовин залежить від структури посівних площ, удобрення і ступеня окультуреності ґрунтів. На середньоокультурених ґрунтах у

сівозміні за насичення багаторічними травами до 50% у ґрунт на 1 га сівозмінної площі поступає 51,1 ц сухої маси кореневих і інших післязбираних залишків, а за насичення просапними – тільки 22,1 ц [20]. На добре окультурених ґрунтах накопичення органічної маси становить відповідно - 57,4 і 24,8 ц на 1 га сівозміни [21].

Рослинні залишки і органічні добрива при внесенні в ґрунт здатні значною мірою поповнювати запаси гумусових речовин, але більша їх частина розкладається в ньому до простих мінеральних сполук, що засвоюються рослинами. Співвідношення указаних процесів залежить від біохімічного складу рослинних решток, зокрема, від вмісту в них азоту і співвідношення C:N, ґрунтово-кліматичних умов та глибини заорювання. Найінтенсивніше цей процес відбувається при загортанні багатих на азот (до 2-3% при C:N = 20) рослинних решток однорічних та багаторічних бобових культур і гною. Встановлено, що за такого співвідношення C:N трансформація органічних речовин не супроводжується непродуктивною іммобілізацією рухомих сполук азоту ґрунтовими мікро-організмами. За даними науковців [22, 23], у плодозмінній сівозміні на дерново-підзолистих ґрунтах закріплюється лише 11-15 % внесеної кількості гною, у сівозмінах просапного типу – менше, у зерно-трав'яних – дещо більше. При розкладанні вивільнюються сполуки азоту, фосфору, калію й інших елементів, які використовуються наступними культурами.

### ***Висновки до розділу 1***

Таким чином, науково обґрунтовані сівозміни сприяють підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур, родючості ґрунту, зменшенню пошкодження рослин шкідниками та хворобами, зниженню забур'яненості посівів і, в кінцевому рахунку, інтенсифікації землеробства, що передбачає, зокрема, стабільність виробництва продукції.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Місце, умови, схема та методика проведення досліджень

Дослідження по вивченню впливу біологічних чинників на продуктивність сівозміни і родючість дерново-підзолистого ґрунту проведено нами на базі господарства СТОВ “Кашперівське” с. Кашперівка Хмельницького району Вінницької області протягом 2022-2023 років.

Визначення рН ґрунту потенціометричним методом і гідролітичної кислотності за Каппеном [24].

Визначення загального азоту в ґрунті за К’ельдалем [24].

Визначення гумусу (загального) за Тюриним [24].

Рухомий фосфор і обмінний калій визначали в ґрунті за Кірсановим.

Целюлозоруйнівну активність ґрунту проводили методом Штатнова [7].

Кількість мезофауни визначали за допомогою металевого кільця висотою 10 см, площа якого 0,025 м<sup>2</sup>, яке закладали на глибину 3-4 см і через 30 хв., заливали 10 мл формаліну [7].

Врожайність та його структуру визначали на кожній ділянці окремо ваговим методом [39].

Статистична обробка результатів обліків проведена методом дисперсійного аналізу [25].

Агротехніка вирощування сільськогосподарських культур, які вивчалися у досліді, загальноприйнята для зони Полісся [24].

У системі основного обробітку застосовували зяблеву оранку на глибину орного шару (0-20 см) плугом ПН-3-35. Передпосівний обробіток складався з весняного закриття вологи дисковими боронами БДН-2,5, розпушування ґрунту культиватором КПС-4 та передпосівної культивації агрегатом РВК-3,6.

Мінеральні фосфорно-калійні та органічні добрива вносились як фон на всіх варіантах під основний обробіток ґрунту в однаковій кількості відповідно до культури. Норми внесення мінерального азоту відкоректовані з урахуванням попередника. Азотні добрива вносились навесні під передпосівну культивуацію, а під озимі – у весняне підживлення. Надходження біологічного азоту відбувалося за рахунок рослинних решток конюшини і вико-вівсяної соломи та післяжнивного люпину, що використовувався на зелений корм і сидерат.

#### СХЕМА ДОСЛІДУ

*Зерно-просапна сівозміна*

Конюшина на насіння

Жито озиме

Картопля

Овес з підсівом конюшини

*Варіанти удобрення*

1. Без добрив
2. Мінеральні добрива
3. Солома (N<sub>10</sub> на 1 т) + сидерати + мінеральні добрива
4. Солома (N<sub>10</sub> на 1 т) + сидерати + гній
5. Солома (N<sub>10</sub> на 1 т) + сидерати + мінеральні добрива + гній

#### **2.2. Характеристика ґрунту**

Полеві дослідні ділянки проведені впродовж 2022-2023 рр. у СТОВ “Кашперівське” с. Кашперівка Хмельницького району Вінницької області, які знаходяться в Поліссі і ґрунти яких представлені дерново-підзолистим типом.

Ґрунт дослідної ділянки дерново-середньопідзолистий. Показник рН (КСІ)-5,3-5,5, вміст гумусу – 1,15-1,28%, вміст рухомого фосфору – 85-120 мг/кг ґрунту та обмінного калію 90-106 мг/кг ґрунту.

Нижче приводиться коротка морфологічна характеристика профілю ґрунту:

*HEo (гумусово-елювіальний)* – 0-20 см, потужність цього горизонту тісно зв’язана з глибиною оранки; блідо-сірого кольору, слабогумусований,

грудкувато-пилуватий, донизу шаруватий, розсипчастий, мулувато-супіщаний з різким переходом.

*Eh (елювіальний)* – закінчується на глибині 38-42 см, жовтувато-сірого кольору, з дрібними вкрапинками, шаруватий; на плитках дуже помітна кремнієва присипка  $\text{SiO}_2$ , розрихлений і пористий, іноді з різким хвилястим переходом, зрідка трапляються дрібні валунчики.

*I (ілювіальний)* – закінчується на глибині 60-70 см, сірувато-бурого кольору з сильною кремнієвою присипкою, ребристо-горіхуватий, ущільнений, присутні валунчики. Материнською породою (Pi) є червоно-бура, піщано-суглинкова морена з валунами різного розміру.

### **2.3. Погодно-кліматичні умови в роки досліджень**

Протягом 2022-2023 років було помітно нерівномірний розподіл опадів. Спостерігалось, що на початку вегетації кількість опадів в 2022 і 2023 роках становила від 25% до 53,2% від середньої багаторічної суми. У 2022 році опади були близькими до середнього значення, але в другій половині вегетаційного періоду зафіксовано надмірну кількість опадів на 62-76% вище багаторічних показників.

За вегетаційний період 2022 року сума опадів становила від 67,5% до 79% від середньої багаторічної, в той час як у 2023 році ці показники були на одному рівні.

#### ***Висновки до розділу 2***

1. Експериментальні дослідження проводились у 2022 -2023 роках на полях СТОВ “Кашперівське” с. Кашперівка Хмельницького району Вінницької області.

2. Дослідження проводилися на ґрунті, який відноситься до дерново-середньопідзолистого супіщаного типу. Щодо вмісту гумусу та наявності елементів живлення, цей ґрунт відзначається слабким забезпеченням, а реакція ґрунтового розчину є середньокислою.

3. У вегетаційному періоді 2022-2023 років було помітно нерівномірний розподіл опадів. Спостерігалось, що на початку вегетації кількість опадів в 2022 і 2023 роках становила від 25% до 53,2% від середньої багаторічної суми. У 2022 році опади були близькими до середнього значення, але в другій половині вегетаційного періоду зафіксовано надмірну кількість опадів на 62-76% вище багаторічних показників.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГРУНТУВАННЯ

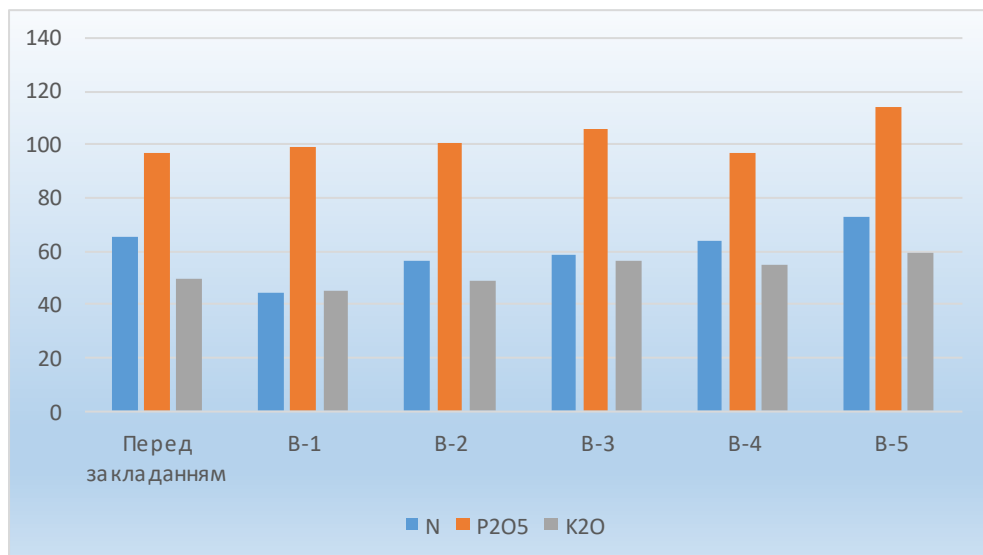
#### 3.1 Динаміка агрохімічних показників родючості ґрунту

Продуктивність культур у сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті залежить від рівня його природної родючості, системи удобрення та набору культур. Як показано вище, ґрунт, на якому закладено дослід, середньокислий, середньо забезпечений фосфором і калієм. Вапнування та систематичне внесення добрив у сівозміні веде до зміни родючості ґрунту. Позитивна дія вапна на кислому ґрунті проявляється у зміні реакції середовища, обмеженні рухомості алюмінію, підвищенні доступності для рослин поживних речовин ґрунту і добрив, покращенні фізичних властивостей ґрунту. Цим самим покращуються умови росту та розвитку рослин [26, 27, 28].

Головним джерелом мінерального азоту є фракція легкогідролізованих азотовмісних органічних сполук. Довгострокове та систематичне використання гною і мінеральних добрив призводить до підвищення вмісту гумусу і загального азоту в ґрунті. Різні варіанти удобрення впливають на вміст легкогідролізованих азотовмісних органічних сполук. Найвищий уміст цієї фракції спостерігається в 5-му варіанті удобрення, а найнижчий - в першому варіанті (без добрив). Внесення виключно мінеральних добрив призводить до зменшення вмісту легкогідролізованих азотовмісних органічних сполук в орному шарі ґрунту. Зменшення обумовлене, зокрема, браком органічної речовини та більшим виносом азоту з врожаєм.

Зауважено, що ґрунт із більшим запасом органічних речовин має більшу кількість легкогідролізованого азоту. Ці дані отримані внаслідок дослідження різних варіантів удобрення та впливу мінеральних добрив на властивості ґрунту (рис. 1).





**Рис. 1. Вміст поживних речовин в орному шарі ґрунту в залежності від системи удобрення, мг/кг ґрунту**

Застосування мінеральних добрив і гною в сівозміні та сидератів допомагає поліпшити якість ґрунту та забезпечити необхідні поживні речовини для рослин.

Внесення невеликих норм мінеральних добрив ( $N_{24}P_{31}K_{34}$ ) і гною (10 т/га сівозмінної площі) призвело до збільшення вмісту легкогідролізованого азоту в ґрунті на 7,7 мг на 1 кг (11%).

Загалом, дослідження свідчать про ефективність використання комбінації мінеральних добрив і гною для підвищення вмісту поживних речовин у ґрунті, що може позитивно позначитися на врожаї та загальній продуктивності системи сівозміни.

Характеризуючи вміст фосфору в орному шарі слід відзначити, що ґрунтам Полісся України характерний незадовільний фосфатно-калійним потенціал, що й обумовлює низький рівень їх родючості, негативно впливає живих організмів, якісні та кількісні їх показники, врожай сільськогосподарських культур.

Перед початком досліду в орному шарі (0-30 см) вміст рухомого фосфору складав 97,3 мг/кг ґрунту (рис. 3.1), що вважається достатнім для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур.

Чим більше органо-мінеральних добрив вносяться, тим більше фосфору рухомого рухомого стає в орному шарі ґрунту. Оброблення помірними дозами лише мінеральних добрив призвело до зростання цього показника на 3,4 мг на 1 кг ґрунту (3,5%) порівняно з початковим вмістом. Додавання побічної продукції до сидератів дозволило збільшити кількість фосфорної кислоти на 9%. Проте максимальний ріст рухомого фосфору спостерігався в варіанті 5 з комплексним використанням гною, сидератів, соломи, мінеральних добрив – до 17,5% від початкового його вмісту. Зниження вмісту  $P_2O_5$  на контролі пояснюється засміченістю ґрунту через обробку під час експерименту [34]. На варіанті 8 майже не було змін вмісту рухомого фосфору в ґрунті порівняно з початковими показниками перед дослідженням. Це пояснюється, в першу чергу, зростанням інтенсивності процесів за рахунок внесення соломи.

Для отримання високого і якісного врожаю необхідно мати достатню кількість обмінного калію в ґрунті – в ґрунтах Полісся до 200 кг/га  $K_2O$ . Однак, згідно з рис. 3.1, у дослідженому ґрунті містилося лише 49,3 мг/ кг ґрунту  $K_2O$ , що відповідає наближено 125 кг/га і явно недостатньо. Саме тому у варіантах, де не вносились мінеральні калійні добрива, відбувається зниження його вмісту в ґрунті порівняно з початковими показниками.

Отже, в наших дослідженнях на варіанті 5, де використовувались всі види добрив, вміст обмінного калію зріс на 21% у шарі ґрунту 0-20 см. При внесенні лише сидератів, соломи та NPK за 3 варіанту не відбувалося подібного ефекту, а приріст тут становив лише 14%.

### **3.2. Баланс гумусу в сівозміні**

Відомо, що однією з найважливіших ґрунтоохоронних функцій сівозміни і умов її стабільно високої продуктивності поряд з оптимізацією поживного режиму є створення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті [5, 17, 27].

У сучасних умовах сільськогосподарського виробництва

спостерігається недостатнє увага до збереження та підвищення вмісту гумусу в ґрунтах. Це пояснюється зменшенням використання органічних добрив, порушенням технології вирощування культур у деяких випадках, перенасиченістю просапними культурами в системі сівозмін та істотною відсутністю багаторічних трав [13, 14]. Зараз ситуація полягає в тому, що інтенсивне використання ґрунтів без використання добрив або довготривале використання тільки мінеральних добрив призводило до зниження рівня гумусу в ґрунтах сівозміни [3, 16, 29].

Процес перетворення органічної речовини в ґрунті в першу чергу визначається співвідношенням процесів мінералізації та гуміфікації. За даними дослідників [30], близько 2/3 органічних речовин, що потрапляють в ґрунт, дуже інтенсивно мінералізуються, і тільки 1/3 з них участь у тривалому процесі гуміфікації, що в цілому сприяє поповненню запасів гумусу.

Із літератури відомо, що щорічна мінералізація гумусу в середньому становить 600 кг/га, при цьому відновлення запасів гумусу в ґрунті складає 550 кг/га, що призводить до дефіциту на рівні 50 кг/га. Згідно з авторами [30], при урожаї зернових у розмірах 10-30 ц/га як на чорноземах, так і на дерново-підзолистих ґрунтах, ґрунт втрачає щороку 0,5-1,0 т/га гумусу внаслідок мінералізації під зерновими культурами. Отже, абсолютні втрати гумусу в середньому по Україні тільки за останні 25 років становлять 0,2-0,4% та більше [29]. Легкі за гранулометричним складом ґрунти Нечорноземної зони в рік витрачають до 0,5-0,7 т/га органічної речовини [31].

Головним джерелом нагромадження органічних речовин для формування гумусу в ґрунті є залишки коренів та рештки рослин, що залишаються після їхнього вирощування. Деяке нагромадження органічних речовин також відбувається протягом вегетаційного періоду культур за рахунок регенерації кореневої системи, кореневими виділеннями та діяльністю мікроорганізмів.

Різні культури впливають на процеси мінералізації гумусу та його відновлення по-різному. Бобові та злакові багаторічні трави, а також їх комбінації, при високих врожаях нагромаджують значну кількість рослинних залишків (5-8 т/га і більше сухої маси), тоді коли під ярими просапними культурами, в особливості під картоплею, цукровими та кормовими буряками, кукурудзою, залишків нагромаджується дуже мало [32].

Швидкість перебігу процесу гуміфікації рослинних залишків залежить від їх хімічного складу, зокрема, від кількості азоту та співвідношення вуглецю до азоту, а також від глибини залягання цих залишків та ґрунтово-кліматичних умов [26].

Таким чином, кількісні показники процесу відтворення гумусу суттєво залежать від виду та співвідношення сільськогосподарських культур в сівозміні, що визначають середнє надходження сухої органічної маси рослинних залишків на 1 гектар сівозмінної площі. У типових зерно-просапних сівозмінах у ґрунті щороку залишається приблизно 2-5 тонн на гектар сухої маси рослинних залишків, які в процесі гуміфікації сприяють відтворенню 0,3-0,5 тонн на гектар гумусу, що становить 20-40% від обсягу середньорічної мінералізації. Ці показники зростають при збагаченні сівозмін бобовими травами та зерновими культурами суцільного посіву і зменшуються при збільшенні частки просапних культур [33]. Надходження великої кількості багатого на азот свіжого органічного матеріалу з рослинними залишками бобових трав сприяє підвищенню біологічного потенціалу ґрунту та сприяє позитивним процесам перетворення органічних речовин на шляху до утворення гумусу. Тому сівозміни з кількістю площ до 20% засіяних багаторічними травами в більшості випадків сприяють стабілізації запасів гумусу в ґрунті.

Інші дослідні дані, отримані в різних ґрунтово-кліматичних зонах, свідчать, що вміст гумусу зростає на 0,1-0,3% під впливом багаторічних трав за одно- і дворічного їх використання. Для досягнення цього ефекту потрібно

вирощувати багаторічні трави протягом 3-5 років. Однак рештки однорічних культур не компенсують втрату органічної речовини в ґрунті, спричинену використанням азоту та мінералізацією гумусу в процесі обробки ґрунту [34].

Органічні добрива, зокрема гною, відіграють важливу роль у поповненні запасів гумусу в ґрунті. Гноївка містить до 30% сформованих гумусових речовин, особливо цінних в агрономічному відношенні гуматних сполук [35].

Згідно з даними із джерел [35, 36], близько половини витрат гумусу поповнюється внаслідок розкладання рослинних залишків, так як більша частина органічних добрив, які вносилися піддається мінералізації, та лише 25% використовується для акумуляції запасів гумусу. Тому, для забезпечення відсутності дефіциту гумусу в сівозмінах з одним або двома полями багаторічних трав на суглинковому ґрунті, рекомендується застосовувати не менше 10-12 т/га високоякісних органічних добрив, а на легкому піщаному ґрунті - 15-20 т/га.

Згідно з узагальненими даними, на Поліссі у типових сівозмінах, де зернові культури займають більшу частку площі, втрати гумусу становлять 0,8 т/га на рік в бездобривних умовах. Однак, внесення гною (6,7 т/га) разом з мінеральними добривами в дозі  $N_{36}P_{37}K_{44}$  знижує ці втрати майже вдвічі. Подвоєння доз мінеральних добрив забезпечує стійкий бездефіцитний баланс гумусу. Дослідження Інституту сільського господарства Полісся показали, що внесення 4,4 т гною без мінеральних добрив або 8,7 т гною +  $N_{25}P_{15}K_{25}$  на 1 га сівозмінної площі призводить до зростання вмісту гумусу на 0,2% або на 0,4%. Додаткові дослідження на таких же ґрунтах показали, що внесення 10 т гною +  $N_{14}P_{31}K_{21}$  або 12 т гною +  $N_{30}P_{60}K_{40}$  призводить до приросту вмісту гумусу відповідно на 0,22% або на 0,35%. Таким чином, розширення посіву багаторічних трав та внесення гною є важливими заходами для збільшення надходження органічних речовин у ґрунт в сучасних умовах [8, 37].

Тому одне із завдань проведених нами досліджень полягало у вивченні

впливу системи удобрення в сівозміні на баланс гумусу.

Результати нашого дослідження показують, що при внесенні лише мінеральних добрив у варіанті 2 формується від'ємний баланс гумусу (табл. 1).

**Таблиця 1**

**Баланс гумусу в сівозміні, т/га**

Запаси гумусу (0-20 см)	Втрати гумусу			Нагромадження гумусу			Баланс, ±
	всього	в т.ч. внаслідок		всього	в т.ч. за рахунок		
		мінера- лізації	змиву		рослинних решток	органічних добрив	
<b>В-2</b>							
3,64	1,25	1,19	0,06	1,08	1,08	-	-0,17
<b>В-3</b>							
3,64	1,25	1,19	0,06	1,47	1,11	0,36	+0,23
<b>В-4</b>							
3,64	1,25	1,19	0,06	1,86	0,99	0,87	+0,61
<b>В-5</b>							
3,64	1,25	1,19	0,06	2,01	1,12	0,88	+0,74

Тоді, як додавання до них органічної речовини у вигляді соломи та сидерату дає +0,23 т/га. Внесення гною разом з соломою та сидератом на варіанті 4 в сівозміні забезпечувало наростаюче відтворення гумусу. Найбільше нагромадження гумусу в сівозміні відбувається при внесенні всіх видів добрив (варіант 5) +0,75 т/га. Таким чином, солома та сидерат забезпечує тільки просте відтворення гумусу, тоді як привнесення до неї гною та мінеральних добрив – наростаюче.

Отже, максимум приросту гумусу можна забезпечити при сумісному поєднанні органічних та мінеральних добрив.

Проведений нами розрахунковий аналіз балансу гумусу в основному підтверджує закономірність вмісту гумусу в бік його зростання при насиченні сівозміни бобовими культурами, використанні побічної продукції та збільшенні норми внесення гною.

### 3.3. Біологічна активність та „дыхання” ґрунту.

Ґрунтові мікроорганізми, а саме їх діяльність відіграє важливу роль у підтриманні екологічної рівноваги ґрунтових екосистем і забезпечує функціонування ґрунту як саморегульованої системи. Одна з класичних функцій ґрунтової мікрофлори полягає в участі в кругообігу CO<sub>2</sub>, N та інших елементів, сприяє синтезу біологічно-активних речовин та бере участь в процесах гумусоутворення. Останнім часом все більше уваги приділяється ризосферній мікрофлорі, тобто мікроорганізмам, які проживають поруч з коренями рослин і мають значний вплив на їх розвиток та рослинність в цілому, включаючи сільськогосподарські культури. Оскільки мікроорганізми досить чутливі до змін навколишнього середовища, вони можуть слугувати індикаторами впливу сільськогосподарської діяльності та інших людських втручань на стан ґрунту і агроекосистеми в цілому. Більш того, ґрунтові мікроорганізми є важливим чинником у формуванні родючості ґрунту.

Виявлено найбільше розкладання льонової тканини в ґрунті під картоплею при використанні гною, що перевищувало контрольні значення на 19,3% (таблиця 2). Також зазначено підвищене розкладання під впливом мінеральних добрив і інших органічних добрив, що переважали контрольні значення на 31,6%. У випадку використання лише соломи та сумісно з мінеральними добривами спостерігалась знижена активність целюлозорозкладаючих мікроорганізмів до 42%, що на 1,4 рази збільшувало розкладання льонової тканини порівняно з варіантом без використання добрив. Найнижче розкладання тканини спостерігалось при використанні мінеральних добрив, оскільки це пов'язано з підвищеною кислотністю ґрунту. Низький показник рН не сприяє процесу мінералізації.

Таблиця 2

## Целюлозорозкладаюча активність за період вегетації культур, %

Роки	Варіант				
	Без добрив	В-2	В-3	В-4	В-5
Картопля					
середнє	29,2	42,0	46,6	48,5	60,8
Жито озиме					
середнє	25,4	29,6	45,5	35,9	51,9
Овес					
середнє	28,8	34,5	43,8	45,8	52,7

Інтенсивність розкладання клітковини великою мірою залежить від швидкості виділення вуглекислоти та загальної біологічної активності ґрунту. Крім того, швидкість виділення вуглекислоти також впливає на рівень вуглецевого живлення рослин. Існує тісний зв'язок між інтенсивністю виділення CO<sub>2</sub> та родючістю ґрунту.

Таким чином, постійне та систематичне застосування різних видів органічних і мінеральних добрив в дерново-підзолистих ґрунтах призводить до збільшення активності розкладання клітковини та виділення вуглекислоти.

Спостереження за інтенсивністю виділення ґрунтом CO<sub>2</sub> і зміною в ньому вуглецю і азоту у варіантах дослідження протягом вегетації показали, що за внесення добрив різного походження істотно змінюється ґрунтова біодинаміка та напрям процесів біохімічних та, як наслідок, основні показники родючості ґрунту.

Інтенсивність мінералізаційних процесів у ґрунті можна оцінювати за рівнем продукування вуглекислоти. Судячи з таблиці 3, найнижчі значення інтенсивності цих процесів зафіксовані на варіанті 2.



Таблиця 3

**Вплив рівня біологізації на активність продукування вуглекислоти ґрунтом, CO<sub>2</sub> мг 1м<sup>2</sup>/год, середнє за 2022-2023 рр.**

Система удобрення	Продукування вуглекислоти ґрунтом, CO <sub>2</sub> мг 1м <sup>2</sup> /год			
	дати спостережень			
	20.05	20.06	20.07	20.08
<b>Картопля</b>				
<b>Без добрив</b>	33,6	37,1	41,0	52,3
<b>В-2</b>	25,2	22,3	32,3	43,0
<b>В-3</b>	44,4	42,2	51,9	69,1
<b>В-4</b>	52,3	58,1	68,8	74,3
<b>В-5</b>	54,3	69,4	82,3	111,4
<b>Жито озиме</b>				
<b>Без добрив</b>	28,6	35,0	67,7	-
<b>В-2</b>	22,3	17,7	35,0	-
<b>В-3</b>	48,8	64,4	93,4	-
<b>В-4</b>	52,0	77,0	91,0	-
<b>В-5</b>	57,3	79,4	118,0	-
<b>Овес</b>				
<b>Без добрив</b>	29,3	32,0	66,3	-
<b>В-2</b>	22,6	17,1	42,1	-
<b>В-3</b>	42,3	48,3	77,8	-
<b>В-4</b>	58,6	52,2	77,4	-
<b>В-5</b>	62,6	59,3	88,6	-

Додавання до соломи і сидератів мінеральних добрив позитивно впливає на швидкість розкладання цих добрив. Варіанти 4 та 5 утворюють найбільш сприятливі умови для ґрунтового дихання. Наприклад, для озимини різниця в інтенсивності дихання між варіантами 9 і 6 становить 1,5 рази.

Розкладання целюлози великою мірою залежить не лише від мікрофауни, але й від мезофауни, зокрема дощових черв'яків. Дощові черв'яки відіграють важливу роль у ґрунотворних процесах і впливають на поживний режим, структуру ґрунту та вміст органічних речовин. Розвиток популяції дощових черв'яків у ґрунті залежить від зволоження, гранулометричного складу, рівня кислотності ґрунтового розчину та системи удобрення ґрунту. Оптимально удобрений ґрунт, що враховує потреби культури, є корисним як для рослин, так і для дощових черв'яків.

[3].

Застосування органічних добрив у поєднанні з мінеральним живленням створює найсприятливіші умови для розвитку вермибіоти. Про це свідчать дані, наведені в таблиці 4.

**Таблиця 4**

**Кількість та маса вермибіоти у орному шарі ґрунту сівозміни, середнє за 2022-2023 рр.**

Варіант	Культура					
	Картопля		Жито		Овес	
	Кількість, шт/м <sup>2</sup>	Маса, г/м <sup>2</sup>	Кількість, шт/м <sup>2</sup>	Маса, г/м <sup>2</sup>	Кількість, шт/м <sup>2</sup>	Маса, г/м <sup>2</sup>
<b>Контроль</b>	42	56,9	43	89,3	74	147,3
<b>В-2</b>	38	34,0	32	74,1	64	115,3
<b>В-3</b>	96	93,4	91	145,1	123	244,4
<b>В-4</b>	47	67,0	62	102,2	77	158,9
<b>В-5</b>	104	97,1	152	228,9	170	247,6

По порівнянню з контрольним експериментом, кількість та маса зростали вдвічі-тричі. Зокрема, найбільша кількість дощових черв'яків спостерігалася на вівсі, тоді як картопля мала найменшу кількість черв'яків. Навіть при внесенні лише гною, покращення мезофауни в орному шарі не було значним. Однак, внесення сидерату з соломою в поєднанні з мінеральним живленням показало кращі результати.

Постійне та систематичне внесення різних типів органічних та мінеральних добрив на ґрунті типу дерново-підзолистому призвело до збільшення розкладання клітковини, звільнення CO<sub>2</sub> та збільшення розповсюдження мезофауни більш ніж удвоє. Виключно мінеральне живлення не сприяє таким процесам і показує результати аналогічні до контрольної групи без добрив.

### **3.4. Продуктивність сівозміни залежно від системи удобрення**

Сівозміна повинна забезпечити оптимальні умови для вирощування високих врожаїв, раціонального використання і захисту землі від ерозії, забруднення та інших негативних факторів, збереження і розширеного

відтворення родючості ґрунту. Досягнення таких умов значною мірою залежить від спеціалізації сівозмін, складу та чергування культур в них.

Для визначення продуктивності сівозміни враховується не тільки урожайність основної, але й побічної продукції (солома, полова, гичка та ін.) (додаток Б). Кількість останньої визначають по відношенню основній продукції.

Задля виявлення виходу продукції у кормових одиницях і перетравному протеїні усю основну і побічну продукцію кожної культури, перераховують у кормові одиниці та визначають вихід протеїну, використовуючи коефіцієнти поживності кормів. Опісля вираховують загальний вихід продукції у кормових одиницях і перетравного протеїну на 1 гектар сівозмінної площі.

Для оцінки систем удобрення та сівозміни в цілому, в таблиці 5 представлені результати продуктивності сільськогосподарських культур, виражених в зернових одиницях (в подальшому – з. од.).

**Таблиця 5**

**Продуктивність сівозміни, ц/га зернових одиниць,  
(середнє за 2022-2023 рр.).**

<b>Варіант удобрення</b>	<b>Продуктивність, ц/га з. од.</b>
<b>Без добрив</b>	21,4
<b>В-2</b>	36,5
<b>В-3</b>	38,5
<b>В-4</b>	33,1
<b>В-5</b>	40,5

Аналіз продуктивності сівозміни за використання побічної продукції на добриво дають змогу говорити про його ефективність. Поєднання побічної продукції з сидератом (В-2) дозволило збільшити приріст відповідно на 17,1 ц/га з. од. (фон НРК). Завдяки застосуванню гною в сівозміні, продуктивність зростала в 1,5 рази (з 21,4 до 33,1 ц/га з. од.) на варіанті з лише органічними добривами (В-4) та майже у 2 рази (з 21,4 до 40,5 ц/га з.о.) на варіанті з органічними та мінеральними добривами (В-5).

### ***Висновки до розділу 3***

1. Застосування мінеральних добрив в помірних дозах ( $N_{24}P_{31}K_{34}$ ), гною (10 т/га сівозмінної площі) та як добрива в сівозміні побічної продукції і сидерату призводить до підвищення рівнів легкогідролізованого азоту у ґрунті на 7,7 мг/кг (збільшення на 11%), фосфору на 17 мг/кг (збільшення на 17%) та калію на 10,4 мг/кг (збільшення на 21%).

2. Найбільше нагромадження гумусу в сівозміні відбувається при внесенні всіх видів добрив (варіант 5) і складає +0,75 т/га.

3. Зі зростанням насичення ґрунту органічними добривами різних форм за помірного мінерального фону удобрення спричиняється зріст темпів інтенсифікації процесів дихання ґрунту, деструкції целюлози й розвитку мезофауни ґрунту, що відображається на умісті гумусу позитивно.

4. При сумісному застосуванні соломи, сидерату, гною та мінеральних добрив продуктивність сівозміни зростає у 2 рази - з 21,4 до 40,5 ц/га з.о.

## ВИСНОВКИ

Після аналізу досліджень можна зробити такі узагальнені висновки:

1. За роки дослідження погодні та кліматичні умови варіювалися як щодо розподілу опадів, так і за температурним режимом.. 2022 рік характеризується як помірно зволожений при нестійкому температурному режимі та кількості випадання опадів. 2023 рік був дуже посушливий, за випадання кількості опадів нижче оптимальної потреби.

2. 1. Застосування мінеральних добрив в помірних дозах ( $N_{24}P_{31}K_{34}$ ), гною (10 т/га сівозмінної площі) та як добрива в сівозміні побічної продукції і сидерату може призвести до значного збільшення вмісту азоту, що легко гідролізується на 7,7 мг/кг ґрунту (що становить 11% збільшення), фосфору на 17 мг/кг ґрунту (17% збільшення) і обмінного калію на 10,4 мг/ кг ґрунту (до 21% збільшення).

3. Використання соломи для ґрунту є корисним як для накопичення гумусу, так і для створення оптимальних умов для азотного живлення рослин.

4. Якщо у варіанті 2 використовувати лише мінеральні добрива, то станеться втрата гумусу. Однак, додавання органічних речовин, таких як солома та сидерат, збільшує баланс гумусу на +0,23 т/га. Найбільше нагромадження гумусу в сівозміні спостерігається при використанні всіх видів добрив (варіант 5) і це збільшує баланс гумусу на +0,75 т/га.

5. Внесення поєднань органо-мінеральних добрив в ґрунт значно підсилює мікробіологічні та біохімічні процеси, сприяє активності целюлозоруйнівних мікроорганізмів та розвитку ґрунтової мезофауни. Це також сприяє збільшенню швидкості дихальних процесів в ґрунті, що має позитивний вплив на вміст гумусу.

6. При сумісному застосуванні соломи, сидерату, гною та мінеральних добрив продуктивність сівозміни зросла у 2 рази - з 21,4 до 40,5 ц/га з.о.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

Комплексна оцінка агротехнологій для короткоротаційної сівозміни у Поліссі показує, що рекомендованим варіантом є сумісне використання мінеральних та органічних добрив, внесення органічної маси та використання побічної продукції. Це призводить до поліпшення біологічних та хімічних показників ґрунту, що збільшує продуктивність сівозміни вдвічі – з 21,4 до 40,5 центнерів на гектар..

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічні проблеми землеробства. І. Д. Приймак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей [та ін.]. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 456 с.
2. Рослинництво рентабельне. «Агро-Союз», 2003. 34 с.
3. Десятник Л. М. Оптимізація структури посівів і сівозмін. Концепція: Стратегія і тактика ефективного контролювання забур'яненості сільськогосподарських угідь в Степу України до 2015 року. Д. : ІЗГ УААН. 2009. С. 11-14.
4. Агроекологічні основи високоефективного вирощування польових культур у сівозмінах біологічного землеробства: рекомендації за ред. І. А. Шувара. Львів : Українські технології, 2003. 36 с.
5. Агроекологічні підходи до підвищення продуктивності короткоротаційних соєво-кукурудзяних сівозмін залежно від ступеня насичення культурами та їх системи удобрення у Лісостепу України. / В. Ф. Петриченко, С. І. Колісник, О. Я. Панасюк, Л. Ф. Бортнікова. *Корми і кормовиробництво*. 2007. Вип. 59. С. 3-9.
6. Бегей С. В., Шувар І. А. Екологічне землеробство : підручник. Львів : «Новий Світ–2000», 2012. 432 с.
7. Біологізація землеробства в Україні: реалії та перспективи. за ред. В. В. Іванишина та І. А. Шувара. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2016. 284 с.
8. Бовсуновський А. М., Савчук О. І. Ефективність елементів біологізації сівозмін на Поліссі. *Вісник ДАЕУ*. 2008. № 1. С. 37-43.
9. Geisseler D., Scow K. M. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms : A review. *Soil Biology and Biochemistry*. 2014. Vol. 75. P. 54–63.
10. Бойко П. І. Сівозміни з короткою ротацією. *Пропозиція*. 1998. № 2. С. 16–17.

11. Бомба М. Я. Наукові і прикладні аспекти біологічного землеробства. Львів : Українські технології, 2004. 232 с.
12. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві / М. К. Шикула [та ін.]. Київ : Оранта, 1998. С. 26–45.
13. Вплив органо-мінеральної системи удобрення на поліпшення родючості ґрунту, продуктивності сільськогосподарських культур та агроекологічної обстановки в регіоні / Л. Д. Глущенко, З. Г. Троценко, Г. П. Сокирко [та ін.]. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 1. С. 34–36.
14. Гудзь В. П., Шувар І. А, Юннк А. В. Адаптивні системи землеробства: підручник / за ред. Гудзя В. П. Київ : Центр учбової літератури. 2014. 336 с.
15. Дегодюк Е. Г., Никифєренко Л. І., Гамалєй В. І. Формування якості продукції в інтегрованому землеробстві. *Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва*. Київ : Урожай, 1992. С. 140–145.
16. Екологічні проблеми землеробства: підручник / В. П. Гудзь, М. Ф. Рибак, М. М. Тимошенко [та ін.]. Житомир, 2010. 706 с.
17. Екологічні проблеми землеробства / І. Д. Приймак, Ю. П. Манько, Н. М. Рїдей [та ін.]. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 456 с.
18. Енергозберігаючі технології в землеробстві за ринкових умов господарювання: матер. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів, 27–29 листоп. 2006 р. Чабани, 2006. 116 с.
19. Кисіль В. І. Біологічне землеробство в Україні: проблеми і перспективи. Харків : Штрих, 2000. 162 с.
20. Лебєдь Є. М., Андрусєнко І. І., Пабат І. А. Сївозміни при інтенсивному землеробстві. Київ : Урожай, 1992. 224 с.
21. Лісовал А. П., Макаренко В. М., Кравченко С. М. Система застосування добрив : підручник. Київ : Вища школа, 2002. 317 с.
22. Maillard É., Angers D. A. Animal manure application and soil organic



carbon stocks : a meta-analysis. *Global Change Biol.* 2014. Vol. 20. P. 666–679.

23. Poland's national inventory report 2012. Greenhouse Gas Inventory for 1988–2010 / National Centre for Emission Management (KOBiZE) at the Institute of Environmental Protection. Warszawa, 2012. 358 p.

24. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посіб. / В. Г. Дідора, О. Ф. Смаглій, Ермантраут Е. Р. [та ін.]. Київ: «Центр учбової літератури», 2013. 264с.

25. Чепур С. С. Біометрія: Методичний посібник. Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2015. 40 с.

26. Никитюк Ю. А. Агроекологічна оцінка систем удобрення картоплі в Поліссі. *Землеробство*. 2007. Вип.79. С. 21–28.

27. Перспективи та шляхи удосконалення сівозмін біологізованого землеробства / І. А. Шувар, В. В. Іванишин, В. М. Сендецький [та ін.]. *Посібник українського хлібороба*. Київ. Том 1. 2017. С. 96–104.

28. Польовий В. М., Деркач Н. А., Шустерук Т. З. Відтворення вмісту гумусу в темно-сірому опідзоленому ґрунті за біологізації систем удобрення. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 1. С. 37–40.

29. Рижук С. М. Проблема поновлення ґрунтів органічною речовиною в сучасних умовах. *Зб. наук. пр. Інституту землеробства УААН*. 2003. Спецвип. С.9–12.

30. Сівозміни у землеробстві України / за ред. В. Ф. Сайка, П. І. Бойка. Київ : Аграрна наука, 2002. 176 с.

31. Танчик С. П., Цюк О. А., В'ялий С. О. Розвиток органічного землеробства в Україні. *Вісн. аграр. науки*. 2009. № 1. С. 11–15.

32. Білецький А. О., Васяк В. Ю., Куриленко В. А., Куриленко Д. А. Біологічна активність дерново-підзолистого ґрунту за вирощування кукурудзи. *Current challenges of science and education: зб. тез IV міжн. наук.-практ. конф.*, 11-13 груд. 2023 р., Берлін. Німеччина. 2023. С. 99–102.

33. Куриленко В. А., Куриленко Д. А., Білецький А. О. Особливості

морфологічної структури рослин конюшини повзучої на Поліссі. *Інтенсифікація еколого-біологічного рослинництва*: зб. тез наук.-практ. конф., 15 лист. 2023 р. Житомир: ПНУ. 2023. С. 99–102.

34. Тараріко О. Г., Бенуаровський Д. М. Охорона ґрунтів та науково-методичні проблеми їх еколого-агрохімічного обстеження. *Сталий розвиток агроєкосистем* : матеріали міжнар. конф. Вінниця, 2002. С. 14–18.

35. Тараріко Ю. О. Гумусний стан дерново-підзолистого ґрунту та еколого-енергетична ефективність органічних добрив на Поліссі. *Вісн. аграр. науки*. 2002. № 7. С. 5–9.

36. Цюк О. А. Ефективність елементів органічного землеробства в Лісостепу. *Зб. наук. пр. ННЦ “Інститут землеробства УААН”*. 2009. Вип. 3. С. 42–48.

37. Шикуча М. К., Балаєв А. Д. Родючість ґрунту та її відтворення в ґрунтозахисному землеробстві. *Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві* : монографія / за ред М. К. Шикучи. Київ : Оранта, 1998. С. 208–219.

38. Fenliang F. Z., Wakelin L. S., Liang Y. Y. Mineral fertilizer alters cellulolytic community structure and suppresses soil cellobiohydrolase activity in a long-term fertilization experiment. *Soil Biology & Biochemistry*. 2012. № 55. P. 70–77.

39. Лінкевич О. В., Білецький А. О., Васяк В. Ю., Копаниця П. О. Агроєкологічна оцінка сільськогосподарських земель. *Current challenges of science and education*: зб. тез IV міжн. наук.-практ. конф., 11-13 груд. 2023 р., Берлін. Німеччина. 2023. С. 99–102.

40. Bomba M., Kovalchuk Y. Complex influence of tillage and fertilization upon acidity and biological activity of Ukraine grey forest soils. *III Scientific Conference «Natural and anthropogenic causes and effects of soil acidification»*. Lublin, 2001. P. 50.

# ДОДАТКИ

## Системи удобрення в сівозміні

№ поля	Культура	Варіанти систем удобрення						
		Без добрив	Мінеральні добрива, кг/га д.р. (вар.2)			Побічна продукція + сидерати+ мінеральні добрива (вар.3)	Побічна продукція + сидерати+ гній (вар.4)	Побічна продукція + сидерати + гній (вар.4) + мінеральні добрива (вар.2)
			N	P	K			
1	Конюшина	-	-	-	-	-	-	-
2	Озиме жито	-	45	45	45	NPK	NPK	NPK
3	Картопля	-	50	50	50	с+ N <sub>10</sub> +NPK	с +N <sub>10</sub> +зм+40т	с+N <sub>10</sub> +зм+40т + NPK
4	Овес з підсівом конюшини	-	-	30	30	PK		PK
<b>На 1га сівозмінної площі</b>			24	31	34			

Примітка: с – солома (культури попередника);

зм – зелена маса (сидеральна культура);

NPK – мінеральні добрива (за нормами, що наведені у варіанті 2);

20-40т– норми органічних добрив (підстилковий гній);

с+ N<sub>10</sub> – солома з компенсацією N<sub>10</sub> на 1 тону.