МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

КОБЕЦЬ ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ

УДК 549.742.114:631.51:633.15(292.485)

ДИСЕРТАЦІЯ

ВПЛИВ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР ТА ОБРОБІТКУ ГРУНТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

201 – Агрономія
Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття освітньо-наукового ступеня наукового ступеня доктора філософії за спеціальності 201 Агрономія

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____**О. Б. Кобець**

Науковий керівник **Центило Леонід Васильович,**
доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН

КИЇВ – 2026

АНОТАЦІЯ

Кобець О. Б. Вплив сидеральних культур та обробітку ґрунту на продуктивність кукурудзи на зерно в Правобережному Лісостепу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агрономія. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2026.

В умовах Правобережного Лісостепу на чорноземах типових проведено дослідження з пошуку енерго- та ресурсоощадних біологізованих заходів і систем обробітку ґрунту, спрямованих на підвищення родючості ґрунтів та продуктивності кукурудзи, що є особливо важливим в умовах дефіциту вологи і зростання вартості мінеральних добрив.

Встановлено, що використання сидератів істотно не вплинуло на зростання щільності ґрунту – (на 0,01 г/см^3) у межах оброблюваного шару. Застосування варіанта 3 солома + сидерати + мінеральні добрива сприяло зростанню щільності грунту в орному шарі 0–30 см на 0,03 г/см^3. У варіантах (гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава) і (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) щільність ґрунту орного шару (0–30 см) виявилася меншою на 0,03 г/см^3 на час загортання сидератів.

Доведено, що найкращі значення структури ґрунту в шарі 0–30 см чорнозему типового виявилися на варіанті 5, де у ґрунт загортали такі культури: редьку олійну, гірчицю білу, фацелію, вику, льон, суданську траву. На цьому варіанті кількість агрегатів у шарі ґрунту 0–30 см розміром 0,25–10 мм становила 74,2%, що на 10,2% більше від контролю, коефіцієнт структурності становив 2,85.

Застосування безполицевого обробітку ґрунту до 35 см та технології no-till перевищували запаси доступної вологи порівняно з поверхневим обробітком на 4,7 і 0,9% відповідно. Забезпеченість орного шару ґрунту вологою у варіантах з використанням різних видів сидеральних сумішок була

в середньому на 2,2–2,8% вищою, ніж на контролі.

Використання соломи сумісно із сидератами (вика + редька олійна) призводило до підвищення розкладу лляної тканини на 10,7% (відносні значення) порівняно з контрольним варіантом, а застосування солома + сидерати + мінеральних добрив (варіант 3) – до підвищення целюлозоактивної діяльності мікроорганізмів на 4,7% порівняно з варіантом, де використовували кореневі та стерньові рештки пшениці озимої.

Застосування під кукурудзу на зерно безполицевого обробітку ґрунту до 35 см на 5,2–9,4% збільшило виділення CO_2 з поверхні ґрунту порівняно з варіантом поверхневого обробітку ґрунту. Технології no-till призводили до істотного зниження інтенсивності дихання у травні на 13,7%, у липні – на 35,0% і у вересні на 16,6% порівняно з безполицевим обробітком ґрунту.

Загортання соломи сумісно із сидератами сприяло підвищенню окисно-відновлюваного потенціалу чорнозему типового за поверхневого обробітку на 1,1–2,1%, за технології no-till – на 1,6–2,1% порівняно із застосуванням післяжнивних та кореневих решток.

Найбільший вміст фенольних сполук виявлено за застосування безполицевого обробітку ґрунту.

За використання культур на сидерат (варіанти 5 і 6) спостерігається зростання вмісту амінокислот у ґрунті: на безполицевому обробітку – на 0,8% перед сівбою, у фазу 6–8 листків кукурудзи – на 0,3 %, у період збирання культури порівняно з поверхневим обробітком на 11,6%.

У період від сходів до 6–8 листків загальна висота і темпи росту рослин кукурудзи відмічались дещо вищі на варіанті 6 із загортанням культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава). Рослини кукурудзи на контролі (кореневі та післяжнивні рештки пшениці озимої) та за загортання соломи + сидерати характеризувались найнижчими темпами середньодобового приросту у висоту – 2,0–2,1 см.

Найвищою облистяністю відзначалися рослини, вирощені на тлі

загортання сидератів (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) та варіант гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава.

Безполицевий обробіток ґрунту до 35 см сприяв зростанню площі листкової поверхні рослин кукурудзи на 2,5% у фазу 6–8 листків, на 13,1% – у фазу викидання волоті і на 5,4% – у період повної стиглості порівняно з поверхневим обробітком ґрунту. Застосування технології no-till призводило до істотного зниження площі листкової поверхні кукурудзи на 7,3% у фазу 6–8 листків, на 11,0% – у фазу викидання волоті і на 11,7% – у період повної стиглості порівняно з контрольним варіантом.

Наявність зеленого пігменту в листках підмаренника чіпкого залишався стабільним і не змінювався під впливом умов ґрунтового середовища не залежно від обробітку та загортання органічної маси в ґрунт. Середні показники коливалися в межах 43–52 мг/%.

Виявлено, що на початку вегетації кукурудзи спостерігалося істотне зростання забур'яненості дослідних ділянок за технології no-till – 229 шт./м^2, а найменша – за безполицевого обробітку ґрунту – 194 шт./м^2. Найнижчу кількість бур'янів виявлено при загортанні культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на фоні безполицевого обробітку – 170 шт./м^2, що на 12,8% менше порівняно з варіантом післяжнивних та кореневих решток.

Найбільшу врожайність кукурудзи на зерно одержали за варіанта 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) – 8,6 т/га, що на 1,54 більше, ніж у контрольному варіанті післяжнивних та кореневих решток пшениці озимої. Встановлено, що за поверхневого обробітку ґрунту врожайність слабко впливає на величину потенційної продуктивності, проте за безполицевого обробітку ґрунту до 35 см урожайність підвищилась.

Загортання соломи і сидератів (варіант 2) призводив до зменшення довжини качана на 1,6–4,5% у середньому на фоні обробітків ґрунту порівняно

з варіантом 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава).

Загортання культур на сидерати варіант 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) сприяло зростанню вмісту протеїну у зерні кукурудзи на 2,7% за поверхневого обробітку ґрунту, на 1,7% – за безполицевого обробітку на 2,0% – за технології no-till порівняно з контролем.

За результатами наших досліджень виявлено, що енергетичний коефіцієнт був найвищим у варіантах із загортанням культур на сидерат, тоді як у контрольній групі спостерігалася тенденція до зменшення цього показника. Максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності, що становив 4,15, був зафіксований за безполицевого обробітку ґрунту на фоні солома + сидерати + мінеральні добрива. Порівнюючи енергетичні показники, можна зазначити, що в цьому варіанті енергоємність 1 т вирощеної продукції була найнижчою і становила 4,2 ГДж/га.

Ключові слова: сидерати, обробіток ґрунту, площа листка, структура врожаю, кукурудза, якість зерна, економічна та енергетична ефективність

SUMMARY

Kobets O. B. The influence of siderats and tillage on the productivity of corn for grain in the Right-Bank Forest-Steppe. – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 – Agronomy. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2026.

In the conditions of the Forest-Steppe on typical black earths, the relevance of research is to find energy- and resource-saving biologized measures and tillage systems aimed at increasing soil fertility and corn productivity, which is especially

important in conditions of moisture deficiency and increasing the cost of mineral fertilizers.

It was found that the use of siderats contributed to an insignificant increase in soil density by 0,01 g/cm^3 within the cultivated layer. The use of the straw + green manure + mineral fertilizers option contributed to an increase in soil density in the arable 0–30 cm layer by 0,03 g/cm^3. In options 5 and 6, the soil density of the arable (0–30 cm) layer was lower by 0,03 g/cm^3 at the time of green manure application.

It was established that the best values of soil structure in the 0–30 cm layer of typical chernozem were found in the variant where the crops of oilseed radish, white mustard, phacelia, vetch, flax, Sudan grass were cultivated in the soil. In this variant, the number of aggregates in the 0–30 cm soil layer with a size of 0,25–10 mm was 74,2%, which is 10,2% more than in the control, the structural coefficient is 2,85.

The use of no-till tillage up to 35 cm and no-till technology exceeded the available moisture reserves compared to surface tillage by 4,7 and 0,9%, respectively. The moisture supply of the arable soil layer in the variants using different types of green manure mixtures was on average 2,2–2,8% higher than in the control.

The use of straw in combination with green manure (vetch + oil radish) led to an increase in the decomposition of flax tissue by 10,7% (relative values) compared to the control option. The use of straw + green manure + mineral fertilizers (option 3) led to an increase in the cellulose-active activity of microorganisms by 4,7% compared to the option where root and stubble residues of winter wheat were used.

The use of no-till tillage up to 35 cm under grain corn increased CO_2 release from the soil surface by 5,2–9,4% compared to the surface tillage option. No-till technologies led to a significant decrease in respiration intensity in May by 13,7%, in July by 35,0%, and in September by 16,6% compared to no-till tillage.

The combined use of straw and green manure contributed to an increase in the redox potential of typical chernozem under surface cultivation by 1,1–2,1%, under No-till technology – by 1,6–2,1% compared to the use of post-harvest and root

residues.

The highest content of phenolic compounds was found when using no-till soil cultivation.

When using crops for green manure (options 5 and 6), an increase in the content of amino acids in the soil is observed: in no-till cultivation - by 0,8% before sowing, by 0,3% – in the phase of 6–8 leaves of corn, by 11,6% – during the harvest period compared to surface cultivation. In the period from germination to 6–8 leaves, the total height and growth rates of corn plants were slightly higher in option 6 of green manure crops (oil radish + white mustard + phacelia + vetch + flax + Sudan grass). Corn plants in the control (root and post-harvest residues of winter wheat) and in the straw + green manure crops were characterized by the lowest rates of average daily growth in height – 2,0–2,1 cm.

The highest leafiness was observed in plants grown against the background of siderats (oil radish + white mustard + phacelia + vetch + flax + Sudanese grass) and the option of white mustard + phacelia + lupine + Sudanese grass.

No-tillage tillage up to 35 cm contributed to an increase in the leaf surface area of corn plants by 2,5% in the 6–8 leaf phase, by 13,1% in the panicle ejection phase and by 5,4% in the period of full ripeness compared to surface tillage. The use of no-till technology contributed to a significant reduction in the leaf surface area of corn by 7,3% in the 6–8 leaf phase, by 11,0% in the panicle ejection phase and by 11,7% in the period of full ripeness compared to the control variant.

The presence of green pigment in the leaves of the tenacious marigold remained stable and did not change under the influence of soil environment conditions, regardless of cultivation and organic mass introduced into the soil. Average indicators ranged from 43–52 mg/%.

It was found that at the beginning of the corn growing season, a clear significant increase in weed infestation of the experimental plots was observed under the No-till technology – 229 pcs./m^2, and the smallest - under no-till tillage – 194 pcs./m^2. The lowest number of weeds was detected when cultivating crops for green

manure (oil radish + white mustard + phacelia + vetch + flax + Sudan grass) against the background of no-till cultivation – 170 pcs./m^2, which is 12,8% less compared to the option of post-harvest and root residues.

The highest grain corn yield was obtained in option 6 (oil radish + white mustard + phacelia + vetch + flax + Sudanese grass) – 8,6 t/ha, which is 1,54 more than in the option of post-harvest and root residues of winter wheat. It was determined that with surface tillage, the potential productivity is weakly affected, but with no-till tillage up to 35 cm, the yield increased.

The incorporation of straw and green manure in option 2 contributed to a decrease in the length of the cob by 1,6–4,5% on average against the background of tillage compared to option 6 (oil radish + white mustard + phacelia + vetch + flax + Sudanese grass).

The cultivation of crops on green manure option 6 (oil radish + white mustard + phacelia + vetch + flax + Sudan grass) contributed to an increase in the protein content in corn grain by 2,7% with surface tillage, by 1,7% with no-till cultivation, and by 2,0% with no-till technology compared to control.

According to the results of our research, it was found that the energy coefficient was the highest in the variants of cultivation of crops on green manure, while in the control group there was a tendency to reduce this indicator. The maximum energy efficiency coefficient, which was 4,15, was recorded with no-till cultivation on the background of straw + green manure + mineral fertilizers. Comparing energy indicators, it can be noted that in this variant the energy intensity of 1 ton of grown products was the lowest and was 4,2 GJ/ha.

Keywords: green manure, tillage, leaf area, crop structure, corn, grain quality, economic and energy efficiency.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Статті е наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних Scopus і Web of science

1. **Кобець О. Б.,** Центило Л. В. Щільність ґрунту у посівах кукурудзи залежно від його основного обробітку та органічних добрив. *Таврійський науковий вісник.* 2024. № 139. Ч. 1. С. 85–91. (Кобцем О. Б. – *взято участь у закладці та проведенні польових досліджень із кукурудзою, здійснено визначення щільності складення ґрунту. Центилом Л. В. – здійснено наукове керівництво проєктом щодо відбору зразків ґрунту, проведено аналіз літературних джерел*

2. **Кобець О. Б.,** Центило Л. В. Біологічна активність чорнозему типового залежно від обробітку та сидератів. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 142. Ч. 1. С. 108–114. *(Кобцем О. Б. – проведено польові та лабораторні дослідження, визначено біологічну активність ґрунту, оформлено статтю. Центилом Л. В. – здійснено методичний супровід, часткове опрацювання наукових джерел)*.

3. Кобець О. Б., Центило Л. В. Водний режим чорнозему типового залежно від агротехнологічних заходів вирощування кукурудзи. *Аграрні інновації.* 2024. № 27. С. 49–53. *(Кобцем О. Б. – проведено польові дослідження, здійснено аналіз експериментальних даних, наукових публікацій, підготовлено до друку статтю. Центилом Л. В. – здійснено методичний супровід закладання та проведення польових досліджень із кукурудзою).*

Тези і матеріали наукових конференцій

4. Кобець О. Б. Ріст та розвиток рослин кукурудзи залежно від технологій обробітку грунту. *Інноваційні засади управління землями сільськогосподарського призначення в контексті забезпечення продовольчої безпеки держави:* матеріали міжнародної наукової конференції (Чабани, 24

жовтня 2024, с. Чабани, 2024). НААН, ННЦ «Інститут землеробства НААН. С. 117–121.

5. **Кобець О. Б.** Сидерація як основа підвищення родючості грунту. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу :* матеріали XXV міжнародного науково-практичного форуму. (2–4 жовтня 2024, м. Дубляни). Львівський національний університет природокористування. м. Дубляни, 2024. С. 207–209.

6. **Кобець О.,** Центило Л. Вплив основного обробітку грунту та сидератів на щільність будови та запаси вологи в чорноземі типовому. *Турбота про ґрунти в умовах війни та миру: стан, моніторинг та управління:* матеріали міжнародної науково-практичної конференції (5 грудня 2024, м. Харків). НААН, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», м. Харків, 2024). С. 57–60. *(Кобцем О. Б. – проведено польові та лабораторні дослідження, визначено щільність ґрунту та запаси вологи, оформлено статтю. Центилом Л. В. – (здійснено методичний супровід, підготовку тез до публікації)*.

ЗМІСТ

Анотація 2

ВСТУП 13

Розділ 1. НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЦЕНОЗІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИДЕРАТІВ ТА ОБРОБІТКУ ГРУНТУ (огляд літературних джерел) 17

1.1. Розвиток ідей біологізації землеробських технологій та практики сидерації в Україні 17

1.2. Родючість ґрунту та продуктивність рослин кукурудзи залежно від його обробітку 23

1.3. Взаємодія рослин в посівах 33

Висновки до розділу 1 39

Розділ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 40

2.1. Ґрунтові та кліматичні умови 40

2.2. Методика проведення досліджень 47

Висновки до розділу 2 51

Розділ 3. ЗМІНИ ВОДНО-ФІЗИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ ГРУНТУ ТА СИДЕРАТІВ 53

3.1. Щільність ґрунту 53

3.2. Пористість ґрунту 59

3.3. Структура ґрунту 63

3.4. Запаси доступної вологи 71

3.5. Водопроникність ґрунту 79

Висновки до розділу 3 84

Розділ 4. БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ ПІД ВПЛИВОМ ЙОГО ОБРОБІТКУ ТА СИДЕРАТІВ 86
4.1. Біологічна активність ґрунту 86
4.2. Чисельність мікроорганізмів 97
4.3. Біохімічні процеси в ґрунті 101
Висновки до розділу 4 114
Розділ 5. ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ АГРОЦЕНОЗІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА СИДЕРАЦІЇ 116
5.1. Актуальна забур'яненість посівів кукурудзи 116
Висновки до розділу 5 128
Розділ 6. УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ ГРУНТУ ТА СИДЕРАЦІЇ 130
6.1. Урожайність зерна кукурудзи 130
6.2. Структурні елементи формування продуктивності кукурудзи 136
6.3. Якісні показники зерна кукурудзи 140
Висновки до розділу 6 147
Розділ 7. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ 148
7.1. Економічна ефективність 148
7.2. Енергетичне оцінювання вирощування 155
Висновки до розділу 7 158
ВИСНОВКИ 160
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ 164
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 165
ДОДАТКИ 190

ВСТУП

Актуальність теми. Світове поширення органічного землеробства зумовлене економічними чинниками – зростанням вартості ресурсів та суспільним запитом на високу якість продукції. Фундаментом цієї системи є максимальне залучення природного екологічного та біоенергетичного потенціалу агроценозів. Це досягається через строгу орієнтацію на ресурсозбереження, відновлення ґрунтової родючості та мінімізацію антропогенного впливу на довкілля. Реалізація таких принципів вимагає трансформації традиційних підходів, зокрема: вдосконалення систем удобрення й обробітку ґрунту, а також структурної оптимізації посівних площ за рахунок інтенсифікації сівозмін проміжними (сидеральними) посівами.

Важливим чинником у підвищенні родючості ґрунтів, а отже, екологічної та економічної стабільності агровиробництва за елементами органічної системи є застосування проміжних посівів сидератів та ґрунтозахисного обробітку ґрунту.

Теоретичну й практичну базу для вивчення цих заходів в Україні займалися видатні вчені та практики: С. С. Антонець, С. П. Танчик, О. М. Бердніков, М. П. Косолап, Ф. Т. Моргун, В. Ф. Сайко, А. М. Малієнко та інші.

У сучасних умовах внаслідок глобального потепління та зміни кліматичних умов у Правобережному Лісостепу України особливої актуальності набуває науковий пошук оптимального поєднання проміжної сидеральної культури та обробітку чорноземного ґрунту. Вирішення цього завдання дасть можливість оптимізувати показники родючості та рівня забур’яненості поля. У підсумку це створить умови для повної реалізації продукційного потенціалу кукурудзи на зерно, забезпечивши високу економічну окупність виробничих витрат.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота була складовою досліджень кафедри землеробства та гербології Національного університету біоресурсів і природокористування

України, в контексті завдання «Теоретичне обґрунтування та розроблення заходів управління родючістю ґрунту за зберігаючого землеробства» у 2021–2023 рр. (номер державної реєстрації 0121U110137).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було спрямування впливу післяжнивних посівів різних сидеральних сумішок, внесення соломи, мінеральних добрив після пшениці озимої на фоні застосування технологій обробітку ґрунту на підвищення родючості чорнозему типового та посівів кукурудзи на зерно.

Для досягнення мети потрібно було вирішити такі завдання:

– визначити водно-фізичні властивості ґрунту;

– довести ефективність основного обробітку ґрунту в поєднанні із сидератами;

– виявити особливості біохімічних процесів та мікробіологічної активності ґрунту;

– визначити взаємозв’язок між рослинами в агроценозі кукурудзи;

– встановити фізіологічні особливості життєдіяльності рослинних компонентів агроценозів;

– дослідити вплив обробітку ґрунту та сидератів на якісні показники врожайності кукурудзи на зерно;

– дати економічну та енергетичну оцінку заходів, що застосовували.

Об’єкт досліджень – процес зміни водно-фізичних властивостей чорнозему типового, росту і розвитку рослинності в агроценозі кукурудзи на зерно під впливом обробітку ґрунту та сидератів.

Предмет дослідження – вплив використання сидератів і обробітку ґрунту на рівень забур’яненості посівів, урожайність та якість кукурудзи, а також особливості її взаємозв’язків із бур’яновою рослинністю (зокрема алелопатичних зв’язків), економічну та енергетичну ефективність.

Методи дослідження. *Польовий* – для аналізу взаємодії факторів життєдіяльності рослин; *лабораторний* – для визначення водно-фізичних

властивостей ґрунту, його біологічної активності та біохімічних процесів; *кількісно-ваговий* – дає змогу дослідити рівень забур'яненості посівів та врожайність кукурудзи; *морфологічний* – визначення біометричних параметрів рослин у різні фази розвитку; *хімічний* – для виявлення хлорофілу, накопичення сухих і фізіологічно активних речовин у ґрунті, вільних фенольних сполук фенолкарбонових кислот; *математично-статистичний* – для визначення достовірності отриманих результатів за допомогою дисперсійного та кореляційного аналізів; *розрахунково-порівняльний* – для оцінювання агротехнічної, економічної та енергетичної ефективності застосовуваних заходів.

Наукова новизна отриманих результатів. Уперше у Правобережному Лісостепу на типових малогумусних чорноземах досліджено закономірності формування агроценозу в посівах кукурудзи на зерно залежно від використання сидератів та основного обробітку ґрунту. В агроценозах кукурудзи проаналізовано взаємодію рослин, а також хімічні зв'язки між рослинами і ґрунтом. Встановлено водно-фізичні характеристики, рівень біологічної активності та біохімічних процесів у ґрунті, а також економічну та енергетичну ефективність вирощування кукурудзи на зерно.

Удосконалено технологію вирощування кукурудзи завдяки використанню сумішок культур на сидерат і основного обробітку ґрунту, а також ефективнішого використання енергетичних ресурсів.

Набули подальшого розвитку питання особливостей росту і розвитку, формування врожайності та якісних показників зерна кукурудзи залежно від сидерації і технологій обробітку ґрунту.

Практичне значення одержаних результатів. Виробнича перевірка підтвердила ефективність впровадження післяжнивних посівів на сидерат, зокрема редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава у ґрунт для сівозмін Правобережного Лісостепу. Використання культур на сидерат сприяє зниженню кількості бур'янів, покращує мікробіологічні,

біохімічні, водно-фізичні, фітосанітарні властивості ґрунту. Виробничі перевірки проводились у СФГ «Серпанок» Ставищанського району Київської області на площі 85 га, та в ТОВ «ФК ЛТД» Білоцерківського району Київської області на площі 105 га.

Урожайність зерна кукурудзи становила 81 ц/га за використання культур на сидерат 66,7 ц/га.

Особистий внесок здобувача. Автор активно брав участь у розробці та плануванні досліджень. Здійснив аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури, самостійно провів польові експерименти, лабораторні дослідження, а також виконав математично-статистичну, економічну та енергетичну обробку отриманих даних. На основі цього сформулював науково обґрунтовані висновки та розробив рекомендації щодо впровадження у виробництво, здійснив підготовку матеріалів до друку в наукових виданнях.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи оприлюднювалися на засіданнях кафедри землеробства та гербології НУБіП України (2023–2025 рр. м. Київ) та наукових конференціях, серед них: Міжнародна наукова конференція «Інноваційні засади управління землями сільськогосподарського призначення в контексті забезпечення продовольчої безпеки держави» (24 жовтня 2024 р., селище Чабани); міжнародна науково-практична конференція «Турботи про ґрунти в умовах війни та миру: стан, моніторинг та управління» (5 грудня 2024 р., (м. Харків); XXV міжнародний науково-практичний форум «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій» (2–4 жовтня 2024 р., (м. Дубляни).

Публікації. За результатами проведеного дисертаційного дослідження опубліковано 6 наукових праць у фахових виданнях, з яких 3 публікації – у виданнях категорії Б.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота містить 207 сторінок машинописного тексту, 30 таблиць, 26 рисунків. Робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків та рекомендацій виробництву і додатків. Список використаних джерел налічує 228 найменувань, з яких 34 латиницею.

Розділ 1
НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЦЕНОЗІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИДЕРАТІВ ТА ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ (огляд літературних джерел)

1.1. Розвиток ідей біологізації землеробських технологій та практики сидерації в Україні

Теоретичними передумовами системи ґрунтозахисного землеробства стали: ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур, засновані на застосуванні безполицевого обробітку ґрунту, що забезпечували покращання водного і поживного режиму, агрофізичних властивостей ґрунту та захист його від ерозії; захисна роль рослинності та її післяжнивних решток для збереження ґрунту від руйнування дощовими краплями, поверхневим стоком і пиловими бурями; використання стерні та післяжнивних решток для снігозатримання, поповнення органічної речовини ґрунту й енергетичного матеріалу ґрунтоутворювального процесу [146].

Важливу роль відігравало підвищення ґрунтозахисних властивостей рослин та забезпечення відновлення родючості ґрунту завдяки використанню органічних та мінеральних добрив, зменшенню інтенсивності обробітку ґрунту; розробці машин та обладнання, призначених для обробітку ґрунту без перевертання скиби на мульчованій поверхні з післяжнивними рештками [146]. Внаслідок нагромадження на поверхні ґрунту мульчі з рослинних решток і більш розвинутої у верхньому шарі ґрунту кореневої системи рослин, підвищувалася здатність ґрунту протидіяти розпиленню та деформації від впливу машин і знарядь. Це, своєю чергою, сприяло покращенню агрофізичних властивостей ґрунту.

Науковці дослідних установ України приділяли значну увагу вивченню використання соломи як добрива. Нами було започатковано системні дослідження, спрямовані на оптимізацію взаємодії різних раціональних заходів у землеробстві. Зокрема, досліджували вплив різних систем сівозмін,

удобрення (біологічного, органічного, органо-мінерального з різними рівнями внесення добрив і загортання у ґрунт соломи та післяжнивних залишків) [83]. Було встановлено, що внесення соломи як біологічного заходу сприяє отриманню високоякісної екологічно чистої сільськогосподарської продукції.

У лісостеповій зоні досліджено ефективність методів біологізації сівозмін, які передбачають використання соломи зернових культур та післяжнивної гірчиці білої як зеленого добрива. Також оцінено результативність застосування зяблевого обробітку ґрунту в поєднанні з органічними добривами для багатопільних сівозмін [83].

Науковці з'ясували, що з напівсухим і сухим кліматом, де теплове забезпечення перевищує середній рівень, ефективними для вирощування виявилися такі сидерати: жито озиме, пшениця озима, ріпак озимий, культури з родини хрестоцвітих, бобово-злакові суміші, кукурудза, соняшник, суданська трава, сорго та ін. [139].

Для кращого нагромадження поживних речовин у ґрунті в сівозмінах вирощували бобові культури та їх сумішки, важливим було використання сидеральних культур на зелене добриво [130]. Зазначені заходи позитивно впливали на стан навколишнього середовища, відкривали додаткові можливості збільшення отримання екологічно чистої продукції при зменшенні витрат на її виробництво [7]. Особливого значення набуло розроблення і запровадження системи органічного удобрення культур у сівозмінах з використанням на добриво зеленої маси та побічної продукції сільськогосподарських культур [191].

Як показали результати досліджень щодо ефективності парів у п'ятипільних сівозмінах вика озима для сидерації забезпечила врожайність надземної зеленої маси на рівні 32,3 т/га. Для порівняння, горох у монокультурі забезпечив 14,1 т/га, горох у суміші з гірчицею білою – 5,2 т/га, а гірчиця біла в суміші з горохом – 13,2 т/га. Найвищу продуктивність у змішаному посіві демонстрували суміші гороху з гірчицею білою, досягнувши

врожайності 18,4 т/га [161]. За цими даними, вика озима перевищила показники гороху в монокультурі у 2,3 раза, гороху в суміші з гірчицею білою – у 6,2 раза, гірчиці білої у суміші з горохом – у 2,4 раза, а змішаного посіву гороху з гірчицею білою – в 1,8 раза.

Аналіз хімічного складу зеленої маси культур, які застосовувалися у парах, виявив найвищий вміст азоту у посівах вики озимої. Дещо менший рівень спостерігався у посівах гороху та гірчиці білої. Водночас рослини гороху у суміші з гірчицею білою проявили пригнічений розвиток і сформували масу біомаси у 2,5 раза меншу порівняно з горохом у монокультурі. Однак відсотковий вміст азоту в них зріс порівняно з однокомпонентними посівами гороху [82].

Описане явище пояснюється тим, що гірчиця біла сприяла збільшенню вмісту доступних форм фосфору в ґрунті. Цей фосфор частково засвоювався горохом, завдяки чому зростала кількість азоту в його біомасі. Максимальний вміст азоту накопичувала вика озима – 197330 кг/га, на другому місці була суміш гороху з гірчицею білою – 137 кг/га, а третє місце посідав горох – 91 кг/га [141]. Таким чином, суміш гороху з гірчицею білою демонструвала найкращий результат щодо накопичення фосфору. При цьому вміст гумусу в ґрунті залишався основним чинником формування врожайності сільськогосподарських культур. Гумус формувався через складні процеси трансформації органічних речовин.

За результатами розрахунку балансу гумусу, у сівозміні з чорним паром нагромадження новоствореного гумусу відбувалося у незначній кількості. Це пояснюється тим, що на полі чорного пару відзначалася мінералізація гумусу у розмірі 2,0 т/га. Водночас, завдяки внесенню соломи пшениці озимої до ґрунту надходило 5,0 т/га гумусу, з яких мінералізувалося 2,5 т/га, залишаючи у ґрунті лише 0,5 т/га. Цей показник зростав за умови підвищення врожайності пшениці озимої, проте знижувався у випадках, коли відсутнє адекватне поповнення ґрунту поживними речовинами [43].

Науковці встановили, що внесення соломи в грунт важливим джерелом вуглецю для формування гумусу у ґрунті та вуглекислого газу, необхідного для повітряного живлення рослин. Це сприяє покращенню здатності ґрунту поглинати воду та зберігати її, а також робить його більш стійким до водної та вітрової ерозії. До того ж, знижувався руйнівний вплив механізмів на ґрунтову структуру. Додавання органічних речовин активізувало фіксацію атмосферного азоту, збагачувало ґрунт гумусом, вітамінами та різними фізіологічно активними речовинами. Використання соломи як добрива не потребувало змін у технології вирощування сільськогосподарських культур і забезпечувало додатковий чистий прибуток [180].

З метою зменшення забруднення довкілля науковці визначили ефективність органічного землеробства. До його складових належать використання побічної продукції, бобових культур, гною, сидератів, мінімальний обробіток ґрунту, біологічні методи захисту рослин від бур’янів, шкідників та хвороб [85].

Внесення соломи у ґрунт сприяло покращенню його фізико-хімічних властивостей. Солома виявилася ефективним засобом боротьби проти водної та вітрової ерозії, поліпшувала структуру орного шару та сприяла зменшенню випаровування вологи [11].

Як показали дослідження за посушливих умов непродуктивні втрати вологи при внесенні соломи зменшувалися майже вдвічі, тоді як за достатнього зволоження – втричі. Це також позитивно впливало на температурний режим і агрофізичний стан ґрунту, покращуючи його агрохімічні та біологічні показники. У таких умовах врожайність сільськогосподарських культур підвищувалася на 20–25% лише завдяки використанню соломи [12].

Загортання соломи у ґрунт також позитивно впливала на мікробіологічний баланс процесів мобілізації й іммобілізації азоту на користь останньої. У результаті значна частина азоту закріплювалася у вигляді

органічних сполук. Тривале внесення соломи сприяло збільшенню вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті завдяки утворенню вугільної кислоти під час її мінералізації. Це полегшувало перехід важкодоступних форм фосфору у більш доступні для рослин. У процесі створювалися сприятливі умови для активної діяльності целюлозоруйнівних мікроорганізмів, симбіотичних і вільноживучих азотфіксаторів, амоніфікаторів і підвищення загальної біологічної активності ґрунту. Поєднання соломи з азотними добривами додатково активізувало амоніфікацію та зменшувало нітрифікацію в ризосфері [84, 179]. Загалом, одним із ключових рослинних добрив в органічному землеробстві стала подрібнена солома, що позитивно впливала як на якість ґрунту, так і на ріст та розвиток сільськогосподарських культур. Використання соломи дало змогу зберігати вологу в ґрунті, створюючи кращі умови для рослинництва [108].

Науковці встановили, що в процесі розкладання сидерати утворювали мінеральні речовини, такі як азот, фосфор, калій та кальцій. При цьому у нижній шар атмосфери вивільнявся діоксид вуглецю, необхідний для фотосинтезу рослин. Сидеральні культури містили всі необхідні для рослин поживні елементи, слугували джерелом енергії для розвитку ґрунтових мікроорганізмів і були важливим резервом органічних речовин для підтримання родючості ґрунтів. Їх використання могло підвищити ефективність мінеральних добрив на 20–30%, мінімізувати наслідки несприятливих погодних умов, а у проміжних посівах вони дорівнювали 30–40 тонами [7, 13, 14].

Поживні речовини із зелених добрив поступово звільнялися, забезпечуючи збалансоване живлення рослин. Заорювання бобових культур давало можливість зменшити потребу в азотних добривах. У зоні Полісся, завдяки достатньому зволоженню та помірним тепловим умовам, ефективно поєднувалися різні форми зелених добрив, включаючи покривні, післяжнивні та озимі проміжні культури. Для цієї зони рекомендовано вирощувати такі

сидеральні культури: люпин, середелу, жито озиме, ріпак озимий, суріпицю, також хрестоцвіті види – фацелію, вику, редьку олійну, пелюшку [30].

Багаторічні дослідження, проведені у зоні Лісостепу, показали, що вирощування сидеральних культур для зеленого добрива сприяє збагаченню ґрунту органічними компонентами, азотом, фосфором, калієм і кальцієм, які накопичуються внаслідок розкладання кореневої системи. Така практика також покращує структуру ґрунту, забезпечуючи його розпушення, оптимізує водний і повітряний режими, а також підвищує вологоутримувальні властивості ґрунту завдяки додаванню органічних речовин. Крім цього, активізується діяльність корисних мікроорганізмів, сповільнюється розвиток шкідливих організмів і досягається захист від хвороб. Вирощування сидеральних культур також сприяє зниженню антропогенного та техногенного впливу на агрофітоценоз, покращуючи екологічний стан природного середовища [15, 139].

Проблему використання зелених добрив у землеробстві України системно досліджувало багато вчених. В Україні вивченню і впровадженню культур на сидерат у виробництво значної уваги надають вчені Львівського національного аграрного університету, Інституту сільськогосподарської мікробіології та сільського господарства НААН, асоціації «Біоконверсія», ННЦ «Інститут землеробства НААН», Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, Подільського державного аграрно-технічного університету, Інституту олійних культур НААН, Передкарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції [90].

За останні роки в Україні спостерігається значне скорочення площ посіву сільськогосподарських культур на сидерат. Водночас ґрунтово-кліматичні умови країни є досить сприятливими для активного використання зелених добрив. Залежно від таких факторів, як кількість тепла, опади, специфіка місцевості, склад ґрунту, наявність добрив і доступність насіння, можна ефективно висівати різноманітні культури для сидерації [214].

Узагальнення результатів досліджень та виробничого досвіду свідчить, що використання зеленого добрива у займаних парах і проміжних посівах є ефективним інструментом для поліпшення стану ґрунтів та підвищення врожайності сільськогосподарських культур у рамках польових і інших сівозмін. Проте в українських умовах питання вибору видів сидератів, їх агротехнічного застосування, методів використання, а також впливу на родючість ґрунту, врожайність культур, якість продукції, ефективність сівозмін та інші аспекти поки недостатньо вивчені. Саме це стало основою для узагальнення проведених досліджень, результати яких дають змогу науково підтвердити доцільність використання зеленого добрива як ключового біологічного чинника відновлення родючості ґрунтів.

1.2. Родючість ґрунту та продуктивність рослин кукурудзи залежно від його обробітку

Родючість ґрунту, загалом, залежить від вмісту органічної речовини, котра поступово, впродовж тисячоліть, накопичувалась за відповідних кліматичних умов, під впливом окультурення, характеру рослинності та мікробіологічної діяльності. Органічна речовина поліпшує фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, а його вміст у ньому є показником рівня його природної родючості. Як засвідчують вчені за останні десятиліття інтенсифікації сільського господарства у багатьох країнах світу втрати гумусу сягали 25%, а в деяких випадках – навіть 50%. Встановлено, що в Україні чорноземи, які в 30-ті роки минулого століття належали до середньогумусних, тепер трансформувались у малогумусні. За 100-річний період втрати гумусу в Поліссі становили 18,9%, в Лісостепу – 21,9, у Степу – 19,5%, а середньорічні втрати досягали відповідно 0,18; 0,37 і 0,31 т/га.

Аерація ґрунту негативно впливала на вміст гумусу, оскільки збільшувала інтенсивність обробітку. Фолкнер Е., Мальцев Т. С. були серед авторів, які запропонували замінити полицевий обробіток знаряддями

заходами, які менше його розпушують (дискові знаряддя, культиватори). Крім того, рекомендували нульовий та мінімальний обробіток ґрунту.

Як вважає Л. В. Центило [165], процеси саморегуляції та навмисна сезонна циклічність є результатами систематичного безполицевого обробітку. Це пояснюється тим, що органічна речовина постійно збагачує верхній горизонт чорнозему. Автор стверджує, що це явище забезпечує вищий рівень родючості ґрунту, ніж оранка. Оскільки менше шарів гумусу залишається непродуктивними, використання поверхневих заходів допомагає зберегти гумус у разі скорочення його непродуктивних втрат.

Згідно з дослідженнями О. Л. Тонха та ін. [156] безполицевий обробіток ґрунту призводить лише до накопичення органічної речовини у верхньому шарі ґрунту, одночасно зменшуючи її кількість у нижніх шарах. Автори зазначили, що ґрунт став більш кислим результаті методичного застосування цього обробітку. З такими висновками погоджується М. М. Мірошниченко та ін. [110].

Водночас немає чіткої думки щодо того, як основний обробіток впливає на кількість гумусу. За словами Медведєва В. В. [102], висока культура землеробства запобігає зменшенню кількості гумусу. Здійснити процес регенерації органічної речовини в ґрунті можливо, коли є позитивний баланс поживних речовин і відбувається полицевий обробіток. На думку вчених Ковальов М. М. та ін. [86] вважають, що більші втрати органічної речовини пов’язані з постійним поверхневим обробітком, оскільки розкладу в неглибокому орному шарі протікають швидше, ніж у підґрунті. Поверхнево загорнені післяжнивні рештки та органічні добрива мінералізуються в продовж короткого проміжку часу, при цьому відбуваються значні втрати поживних речовин і навряд чи спостерігається накопичення гумусу. Прикладами цього є кілька американських ґрунтів, які майже повністю виснажені гумусом і, як наслідок, втратили свою родючість у результаті екстенсивного поверхневого обробітку.

Тривале застосування плоскорізного обробітку і дискування порівняно з оранкою сприяє підвищенню вмісту гумусу, рухомого фосфору і обмінного калію у 10-сантиметровому шарі ґрунту. Варто зазначити, що більш чітке розділення орного шару за родючістю спостерігалося наприкінці сівозміни (дев'ятий рік). Більше того, внесення вапнякових добрив у шар ґрунту 0–10 см значно знизило його кислотність на ділянках, які обробляли безполицевими знаряддями [181].

При використанні оранки вміст гумусу в посівах кукурудзи на зерно як в орному, так і підґрунтовому шарах, збільшився до 4,16 та 3,24%, тоді як за технології no-till він становив 3,93 і 3,16% відповідно. Незалежно від обробітку, кількість гумусу у верхньому (0–10 см) шарі грунту становила 4,30–4,31%. Оранка досягала 4,51 та 3,67% у шарах ґрунту 10–20 і 20–30 см, перевищуючи показники технології no-till на 0,52 та 0,17% відповідно. Це можна пояснити тим, що за умов застосування no-till обробітку ґрунту у верхньому його шарі спостерігаються процеси дегуміфікації через посилення мінералізації органічних решток, що не сприяє збільшенню гумусу [162].

Вибір системи обробітку повинен визначатись багатьма факторами. Одним із них є накопичення та збереження вологи. Ґрунтова волога часто є головним фактором, що визначає величину і стійкість урожаїв польових культур.

Науковці вважають[72], що найточнішим показником посухи є рівень вологості орного шару ґрунту. Дослідження водного режиму ґрунту та стану сільськогосподарських культур свідчать, що зниження запасів ґрунтової вологи в орному шарі до 19 мм слід трактувати як початок посушливого періоду, а до 9 мм – як початок сухого періоду. Періоди, коли запаси продуктивної вологи в орному шарі становлять менше 20 мм, класифікуються як посушливі, а коли вони знижуються до менш, ніж 10 мм – як сухі. Водночас за однакових метеорологічних умов рівень вологозабезпеченості сільськогосподарських культур значною мірою визначається складом і

чергуванням культур у сівозміні, а також способом обробітку ґрунту [79].

Дослідження, проведені в умовах Прикарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції НААН, встановили, що збереженню доступної вологи в ґрунті сприяє застосування чизелювання на 20–22 см як основного обробітку ґрунту, це дає змогу накопичити на період сівби культури 39,6 мм вологи у шарі ґрунту 0–30 см і 205,1 мм – у метровому та отримати найвищу врожайність зерна гречки на рівні 3,61 т/га [182].

Більшість учених у своїх публікаціях впевнені у доцільності проведення безполицевих обробітків для кращого вологозабезпечення культур. Так, дискування, порівняно зі звичайно оранкою, на чорноземах типових сприяло збільшенню ґрунтових запасів вологи на 80–320м^3 на 1 га ріллі. Пояснюють цю перевагу меншими втратами вологи завдяки зменшенню пористості ґрунту, поліпшенню мікрорельєфу та збереженню стерні на поверхні поля [166].

На думку О. В. Демиденка [56], за системи *no-till* у метровому шарі ґрунту накопичується продуктивної вологи на 8–12 мм більше, ніж за оранки. У період вегетації культур у 5-пільній сівозміні за майже однакових запасів продуктивної вологи у метровому шарі грунту у квітні за системи *no-till* у червні і липні формуються на 10–15 та 10–12 мм вищі запаси, що поліпшує режим зволоження метрової товщі чорнозему в агроценозі.

Максимальна вологонакопичувальна ефективність досягається за мілкого безполицевого обробітку ґрунту. У цьому варіанті залежно від вирощуваної культури запаси доступної вологи були на 5,6–21 мм вищими, ніж за полицевого обробітку. Вологонакопичувальна ефективність безполицевого обробітку на глибину 25–27 см виявилася трохи нижчою на 2–10% порівняно з мілким полицевим обробітком ґрунту [166]. Аналогічні результати досліджень одержано на чорноземних ґрунтах [44].

Дослідженнями науковців Національного університету біоресурсів і природокористування України встановлено, що на початку вегетації

соняшнику вміст доступної вологи у шарі ґрунту 0–100 см варіант мілкого безполицевого обробітку демонстрував перевагу на 2,9% порівняно з полицевим обробітком. Підвищені кінцеві запаси вологи в умовах мілкого безполицевого обробітку були зумовлені утворенням мульчі та ефективнішим формуванням листкового апарату. Це забезпечувало затінення поверхні ґрунту і зменшення непродуктивного випаровування вологи [52].

Загалом не зважаючи на протиріччя в отриманих результатах, їх виражену регіональну зумовленість, можна констатувати, що в зонах нестійкого та недостатнього зволоження консервуючі обробітки ґрунту накопичують і зберігають більше вологи в ґрунті. Водночас у зонах достатнього зволоження істотну різницю у накопиченні вологи залежно від систем основного обробітку ґрунту не визначено.

Урожай кукурудзи, як і інших сільськогосподарських культур, залежить від вмісту у ґрунті рухомих форм поживних речовин. Деяке зменшення кількості нітратного азоту за безполицевого обробітку спостерігалось у дослідах Якунін О. П. та ін. [194]. За застосування безполицевого обробітку в осінній період, в умовах недостатнього зволоження процеси розкладу органічної речовини відбуваються переважно навесні. Це зумовлює зниження вмісту амонійного та нітратного азоту в ґрунті. У низки дослідів встановлено тенденцію до зниження нітрифікаційних процесів, в інших – вміст нітратного азоту в обох способах обробітку ґрунту був приблизно однаковим.

Порівняно зі щорічним полицевим обробітком довготривалий безполицевий обробіток призводить до зростання вмісту рухомого фосфору і обмінного калію у верхній частині орного шару та значному зменшенню – у нижній.

Наукові дані В. В. Гангур та ін. [36] ссвідчать, що за умов мінімального обробітку ґрунту та технології *no-till*, у верхньому шарі ґрунту (0–20 см) було зафіксовано збільшення кількості азоту, що легко гідролізується, на 1,6 і 2,4% порівняно з оранкою. Проте в шарі ґрунту 20–40 см для мінімалізованих

систем обробітку спостерігалася протилежна тенденція зі зменшенням вмісту азоту відносно класичного підходу. Найбільш значними розбіжностями щодо рухомого фосфору були відмічені між класичним обробітком ґрунту і технологією *no-till*. Використання безполицевого обробітку сприяло збільшенню вмісту обмінного калію в шарі ґрунту 0–20 см на 1,7–6,2% порівняно з оранкою. У шарі ґрунту 20–40 см цей показник залишався практично стабільним незалежно від застосованої системи обробітку.

Як відмічає Е. Б. Медведєв [105] обробіток, заснований на безполицевому розпушуванні, поліпшує агрохімічні показники орного шару ґрунту, сприяє зростанню кількості нітратного азоту, рухомого фосфору й обмінного калію в шарі ґрунту 0–30 см порівняно з оранкою.

Дія механічних знарядь за обробки ґрунту лише в поодиноких випадках має один напрям – руйнування або, навпаки, утворення структури. За будь-якого обробітку неминуче відбувається руйнування деякої кількості агрегатів, але водночас утворюється велика кількість інших структурних елементів. Залежності від якості і кількості гумусу вологості ґрунту, знарядь обробітку, механічного складу ґрунту, переважати будуть процеси руйнування або утворення структури [104].

Вміст водотривких агрегатів на початку ротації сівозміни після чизельного обробітку у верхньому посівному шарі ґрунту виявився нижчим, ніж за оранки і становив 29 і 38% відповідно. Після чизельного обробітку структура покращувалась і до кінця ротації сівозміни водотривких агрегатів (3–0,25 мм) у орному шарі ґрунту виявилось за полицевого обробітку 38,8%, за безполицевого обробітку – 42,5 [178].

Систематичне застосування чизельного обробітку ґрунту сприяє збільшенню вмісту агрегатів розміром 0,25–10 мм у шарі ґрунту 0–10 см, а в глибших шарах їх кількість зменшується [176].

У дослідженнях С. В. Гаврика та ін. встановлено, що у шарі ґрунту 0–10 см найнижчі значення щільності (1,08–1,15 г/см^3) зафіксовано за полицевого

обробітку ґрунту. Найвищі значення щільності ґрунту в шарі 0–10 см (1,11–1,17 г/см^3) забезпечив безполицевий обробіток. Щільність ґрунту за мілкого обробітку в шарі ґрунту 0–10 см становила 1,13–1314 г/см^3 [33].

Щільність ґрунту впливає на розвиток кореневих систем рослин як через пряму дію механічної перешкоди, так і безпосередньо, змінюючи склад ґрунтового повітря.

За надмірно розпушеного стану ґрунту насіння нерівномірно розподіляється по глибині, створюється недостатній контакт між ним і ґрунтом, унаслідок чого воно повільно набухає та проростає. Сходи при цьому з'являються слабкі і недружні, а продуктивність рослин знижується. Дані оптимальної щільності ґрунту для різних культур не є в повному розумінні константами. Вони змінюються під дією кліматичних факторів і агротехнічних заходів, що застосовуються. За високого зволоження оптимум у межах встановленого діапазону зміщується до більш низьких значень щільності, а за недостатнього зволоження – до більш високих. Фізична суть цієї закономірності пов'язана з умовами випаровування води, її рухом у ґрунті, аерацією [77].

Дослідження, проведені науковцями кафедри землеробства та гербології НУБіП України, вказують на тенденцію до підвищення щільності складення ґрунту після застосування мілких обробітків, особливо на варіанті за прямої сівби [144].

За глибокого безполицевого розпушування ґрунту у період повної стиглості кукурудзи щільність становила від 1,18 до 1,30 г/см^3. Найвищими серед досліджуваних обробітків значення щільності складення 1,21–1,33 г/см^3 були на варіанті із технологією no-till [80].

Родючість ґрунту значною мірою залежить від інтенсивності і напряму мікробіологічних процесів. Раціональне використання мікробіологічних факторів у землеробстві дає змогу значно підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва, забезпечити його природний характер і

стабільність. У більшості орних земель найбільша кількість живих організмів знаходиться в шарі ґрунту 5–20 см. Вона швидко зменшується з глибиною через погіршення умов живлення та аерації.

Виявлено, що кількість азотфіксуючих мікроорганізмів, протеолітична активність ґрунту та параметри розкладання целюлози в тестах мікробіологічної активності ґрунту частіше знижувалися за використання технології *no-till*. У період проведення безполицевого чизельного обробітку ідеальні умови вологості сприяють підвищенню мікробіологічної активності ґрунту, а полицевий обробіток є більш вигідним у посушливих умовах. Це зумовлено формуванням фізичного стану орного шару ґрунту.

За даними одних авторів, мінімізація обробітку ґрунту призводить до активації ґрунтової мікрофлори [225], інші – не відмічають істотної зміни мікробіологічної активності [223], або свідчать про зменшення чисельності мікробіоти за відмови від оранки [23]. Встановлено існування тенденції до підвищення кількості нітрифікувальних мікроорганізмів у ґрунті за безполицевого мілкого обробітку ґрунту (дискування) порівняно з полицевим обробітком [171]. В інших дослідженнях [205] показано, що за умов *no-till* відносно звичайної оранки спостерігається збільшення частки денітрифікаторів серед ґрунтової мікрофлори і підвищення швидкості процесів денітрифікації, але за полицевого обробітку більш високою є інтенсивність мінералізаційних та нітрифікаційних процесів.

За результатами визначення особливостей профільного розподілу мікроорганізмів виявлено, що на глибині 20–30 см за полицевого обробітку загальна кількість мікроорганізмів у ґрунті вища, ніж за мінімальних обробітків [174]. Також помічено, що за плоскорізного обробітку біологічні процеси сильніше, ніж за оранки, залежать від запасів вологи в шарі грунту 0–10 см, де локалізується основна маса післязбиральних решток попередньої культури [16]. У дослідженнях ефективності органо-мінерального удобрення показано, що неглибоке розпушування ґрунту за внесення соломи гальмує

ґрунтові мікробіологічні процеси [2], але застосування зеленого добрива у поєднанні з *no-till* є ефективним методом поліпшення мікробіологічних властивостей ґрунту [207]. Визнано, що застосування оранки забезпечує більш високу біологічну активність ґрунту, але більш ефективною для поліпшення фізичної та біохімічної якості ґрунту є система *no-till* [218].

Розкладання клітковини в ґрунті за допомогою ферменту целюлози – центральна ланка в ланцюгу кругообігу вуглецю у природі. З мінералізацією клітковини тісно пов'язані процеси гумусо- і структуроутворення, життєдіяльність мікроорганізмів і живлення рослин. Встановлено, що між вологістю ґрунту і кількістю мікроорганізмів та ферментативною активністю існує корелятивна залежність [165].

Дослідженнями С. В. Гаврика, О. А. Цюка [32] встановлено, що інтенсивне розкладання лляної тканини відбулося за безполицевого і мілкого обробітку порівняно з полицевим обробітком ґрунту, і знаходиться у шарі ґрунту 0–10 см на рівні 18,6–19,1%, у 20–30 см – 17,5–17,8%. За зростання глибини від 0–10 до 20–30 см у досліджених обробітках ґрунту біологічна активність знижувалася на 4,0–16,8% за мілкого обробітку і на 6,5–18,2% – за безполицевого розпушування порівняно з оранкою.

Серед чинників, що знижують загальну продуктивність кукурудзи на зерно значну роль відіграють бур'яни. Кукурудза має низьку конкурентоспроможність проти бур'янів. Залежно від видового складу бур'янів, кількості забур'янених посівів та тривалості конкурентних відносин між культурою та бур'янами урожайність її може бути знижена на 20–70%. Багаторічні бур'яни дуже шкідливі. При сильній забур'яненості агроценозів кукурудзи осотом польовим, гірчаком степовим урожайність знижується на 50–55%, за помірної забур'яненості – на 30–40, за слабкої – на 20–30% [37].

Як свідчать наукові результати систематичний мілкий дисковими знаряддями та плоскорізний обробіток ґрунту протягом чотирьох ротацій 9-пільної сівозміни збільшує засміченість ґрунту гасінням бур'янів на 22–50%

порівняно з полицевим обробітком [154].

Дослідження різних учених свідчать, що у разі проведення оранки у посівах польових культур спостерігали вдвічі меншу забур'яненість, ніж за умови обробітку знаряддями плоскорізного типу [48]. У дослідах Я. П. Цвей, М. В. Тищенка, С. В. Філоненка [163] відзначено ефективне знищення коренепаросткових видів бур'янів за умови плоскорізного обробітку ґрунту (осот рожевий, берізка польова). Однак вони зазначають, що мінімізація основного обробітку ґрунту зумовлює значне поширення кореневищного бур'яну – пирію повзучого.

Дослідники І. Д. Примак, В. О. Єщенко і Ю. П. Манько та ін. вважають, що саме локалізація насіння бур'янів у верхньому шарі ґрунту і є основним чинником, який призводить до високої забур'яненості посівів у разі заміни полицевого обробітку на безполицевий [136].

Критерієм ефективності родючості є передусім урожай. Безполицевий обробіток має різний вплив на формування врожаю. За даними С. С. Бегей та ін. [8], різні способи основного обробітку ґрунту загалом не призвели до істотних змін урожайності.

Вивчення впливу обробітку ґрунту на врожайність кукурудзи досліджувалося багатьма вченими світу. Так, на чорноземах карбонатних вченими Сербії [224] було виявлено перевагу традиційного обробітку ґрунту (оранка на глибину 15 см), хоча найбільш енергоефективним визначили застосування прямого посіву. Це підтверджують дані й інших учених Східної Європи [200].

Дослідження, проведені на темних лісових ґрунтах, де вивчали звичайний і нульовий обробіток, є більш ефективним порівняно зі звичайним тільки при застосуванні мульчі, оскільки, застосування *no-till* порівняно з оранкою зменшило врожайність кукурудзи на 14,8% [204]. Іншими дослідниками було запропоновано використання на темних лісових ґрунтах моделі *no-till* глибокий безвідвальний обробіток. За їхніми даними, завдяки

покращенню використання ґрунтової вологи врожайність кукурудзи порівняно з іншими варіантами значно збільшувалась [212].

У науково-дослідних установах України проведені численні дослідження щодо ефективності безполицевого обробітку у технологіях вирощування кукурудзи з використанням чизельних і плоскорізних знарядь. У стаціонарних дослідах у зонах Степу і Лісостепу [99] заміна оранки на 25–27 см плоскорізним обробітком на таку ж глибину не впливала негативно на урожайність зерна кукурудзи.

Заміна оранки безполицевим обробітком призводила до зменшення урожайності зерна кукурудзи у дослідах в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. На 0,29 т/га знизилася середня врожайність зерна кукурудзи у разі заміни оранки на 25–27 см плоскорізним обробітком на таку ж глибину. Основною причиною зменшення врожайності є підвищення забур'яненості посівів [38].

Вирішення питання впливу основного обробітку ґрунту на родючість чорнозему типового та врожайність кукурудзи сприятиме збільшенню виробництва зерна, особливо зважаючи на те, що останні роки суттєво змінюються окремі елементи технології вирощування кукурудзи, підходи до підбору нових продуктивніших гібридів, рівня та видів удобреності посівів, змінюється загальна культура землеробства.

1.3. Взаємодія рослин у посівах

Сьогодні людство стурбоване зростанням впливу антропогенних факторів на агрофітоценози. Застосування великої кількості мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин призводить до забруднення ґрунту та ґрунтових вод, порушення мікробіологічних процесів у ґрунті, а, отже, – деградації ґрунту. А відтак виникла проблема покращення ґрунтового середовища з пошуком альтернативних засобів боротьби з популяціями бур'янів.

Перший етап робіт з хімічної взаємодії рослин був спрямований на дослідженнях механізму фізіологічної дії алелопатично активних речовин, які слідом за Г. Гумером О. Гродзинський запропонував називати колінами. Під цим визначенням розуміється суміш фізіологічно активних сполук, що виділяють рослини, або як такі, що утворюються за їх безпосередньої участі як наслідок діяльності гетеротрофних організмів або фізико-хімічних факторів, що позитивно або негативно впливають на оточуючі рослини [49].

М. Б. Грабовський [31] проводив дослідження з вивчення впливу кореневих виділень на процес поглинання рослинами поживних речовин. До нього такий процес не приймався до уваги при дослідженні кореневого живлення рослин як у нашій країні, так і за кордоном. Ці та багато інших наукових доробок становили експериментальний матеріал, що підтвердив неспецифічність дії колінів на білки клітин.

Накопичені наукові відомості дали можливість розробити О. М. Гродзинському [49] загальну схему алелопатії та представити це явище як колообіг фізіологічно активних сполук у біогеоценозах, що виконують роль внутрішніх і зовнішніх регуляторів взаємодій, які забезпечують рівновагу, стійкість, а в потрібних випадках і динамічні процеси в рослинних ценозах.

На погляд науковців, алелопатія виникла внаслідок практичного землеробства та як наслідок вивчення різних типів фітоценозів.

За силою впливу хімічних алелопатичних сполук на ріст рослин вчений виділив три групи речовин: 1 – речовини вторинного походження; 2 – продукти гідролізу й автолізу білкової природи; 3 – продукти мінералізації і гуміфікації рослинних решток [49].

Алелопатичні взаємини впливають на структуру рослинних ценозів і значною мірою зумовлюють їх продуктивність. У практичному застосуванні алелопатії вчені розробили методи зменшення втоми ґрунту, шкідливого впливу бур’янів та інших важливих біологічних зв’язків у рослинних угрупованнях.

На думку О. М. Гродзинського, рослини з алелопатично активними видами, виділеними через їх коріння, пригнічують ріст і розвиток супутніх рослинних угруповань. Постійне вирощування алелопатично активних рослин, таких як пшениця озима, жито озиме, льон призводить до зміни видового складу бур'янів у популяції: одні види зменшуються, а інші з'являються [49].

За літературними даними, збагачення ґрунту якісною швидкогідролізуючою речовиною нормалізує ґрунтово-мікробіологічні процеси та знижує родючість ґрунту в сівозмінах, насичених основними культурами на один вегетаційний період [49].

Останнім часом у сільському господарстві все ширше використовують сидерати як проміжну культуру. До цінних сидератів належать редька олійна, гірчиця біла, ярий і озимий ріпак із післяжнивних посівів, які дають 150–200 т і більше зеленої маси з гектара, що еквівалентно 20–30 т гною з гектара. Використовують як сидерат у фазу масового цвітіння, коли вони накопичують найбільшу кількість органіки. Окрім забезпечення органічними речовинами, деякі рослини для сидератів мають здатність перетворювати важкодоступні поживні речовини у доступні для рослин компоненти, і, навпаки, за допомогою кореневих виділень.

Агрохімічні дослідження ґрунту показали, що найкраще впливає на ґрунт редька олійна, сприяючи підвищенню вмісту азоту, фосфору, калію та гумусу. Ефективними зеленими добривами були суріпиця та ріпак, які також позитивно впливають на вміст основних доступних елементів у ґрунті [10].

Активність мікробіологічних процесів відіграє важливу роль у підвищенні родючості ґрунтів і продуктивності сільського господарства. Тому актуальною є розробка мікробіологічних основ раціонального застосування агротехнічних прийомів у сільському господарстві.

Невід'ємною і найактивнішою складовою будь-якого біогеоценозу є мікроорганізми. Вони володіють широким спектром метаболічних

можливостей, що пояснює величезну різноманітність їх біохімічних функцій і високу фізіологічну активність. Тому вивчення питання алелопатії неможливе без вивчення життєдіяльності мікроорганізмів.

Більшість фізіологічно активних речовин, які беруть участь в алелопатії, знаходяться в кореневому шарі ґрунту. Важливим елементом їх кругообігу у системі рослина – ґрунт є кореневі виділення, які справляють олігодинамічну дію на вищі рослини та мікроорганізми. З наукової літератури відомо, що до складу кореневих виділень входять цукри, ферменти, пептиди, амінокислоти, вітаміни, спирти, органічні кислоти, алкалоїди, фітогормони та ін.

Органічні речовини, що виділяються корінням рослин, впливають на чисельність і склад угруповання ризосферних мікроорганізмів. Тому для кожного виду рослини характерне еволюційно сформований мікробний ценоз.

Мінералізація рослинних решток сприяє вивільненню водорозчинних органічних речовин і синтезу фізіологічно активних сполук, серед яких особливо важливу роль відіграють фітотоксини, що пригнічують проростання насіння і ріст рослин. Тому післяжнивні рештки є не лише додатковою негуміфікованою органічною речовиною, а й джерелом мікрофлори та алелопатично активних речовин, що суттєво впливають на наступну рослину [116].

Завдяки різноманітності органічних сполук, рослини, що беруть участь у фітоценотичній взаємодії, часто визначають тип і ступінь продуктивності польових культур. Дослідження хімічних взаємодій рослин має допомогти в розумінні функції та значення умов, наявних у кожному агрофітоценозі, а також у використанні певних агрозаходів, які б створили ідеальні умови для росту та розвитку рослин.

У хімічній взаємодії рослин беруть участь як прижиттєві виділення, що вивільняються під час розщеплення рослинних решток мікроорганізмами, так і вторинні речовини, що виділяються як продукти метаболізму. Кожний вид рослин має унікальний хімічний склад цих сполук. Ступінь і напрям змін, які

зазнають кореневі виділення, проходячи через ґрунт від однієї рослини до іншої, залежать від їхніх фізико-хімічних характеристик, а також від взаємодії зовнішніх чинників (ферментативної активності, вологості та температури). Деякі з речовин у цьому випадку зазнають повної мінералізації, інші є складовою процесів гумусоутворення, а решта накопичується у ґрунтовому середовищі. Фізіологічна та біохімічна взаємодія в ценозі визначається всіма організмами та продуктами їх перетворення, доступними для живих рослин у їхньому природному середовищі [173].

Алелопатична активність змінюється впродовж процесу онтогенезу та у відповідь на фактори навколишнього середовища. Відповідно, у свіжому зеленому листі міститься багато фізіологічно активних сполук, з віком їх кількість зростає, а коли вони відмирають, зменшується. Крім того, відомо, що кількість фізіологічно активних сполук у різних органах рослин різна. Загалом стебло та листя містять більше інгібуючих хімічних речовин, ніж коріння [213].

Рослинні рештки які наявні у значній кількості в ґрунті, відіграють важливу роль у взаємодії вищих рослин. Абіотичні (вода, світло і кисень) та органічні матеріали рослинного походження, які перебувають під впливом мікрофлори, зазнають змін у ґрунті, що призводить до гуміфікації та повної мінералізації. Утворюються проміжні продукти, такі як поліфеноли, амінокислоти та органічні кислоти, які можуть мати фізіологічний вплив на наступну культуру. Обставини розвитку мікроорганізмів визначають швидкість розщеплення кореневих решток. Їхня здатність поглинатися рослинами визначає алелопатичний ефект речовин, передусім органічних, що вивільняються через корінь у результаті життєдіяльності мікроорганізмів та розщеплення рослинних решток. Згідно з M. Scognamiglio et al, алелопатична взаємодія починається, коли рослини-акцептори поглинають фізіологічно активні речовини [219].

Фізіологічно активні речовини потрапляють у рослини і вливають на

різні аспекти метаболізму. Механізми їх дії ще не до кінця зрозумілі. Вплив алелопатично активних сполук залежить не стільки від їх хімічної природи, скільки від їх концентрації: великі дози за тривалого впливу призводять до пригнічення, тоді як низькі і короткочасні дози можуть стимулювати. Загалом, ці речовини неспецифічно впливають на рослинні організми, змінюючи фізико-хімічні характеристики протоплазми. Це включає ступінь дисперсності та підвищення проникності, що веде до змін у різних аспектах життєдіяльності клітин, таких як дихання і надходження речовин. Я. Г. Цицюра [172] відзначив, що проникнення фітотоксичних метаболітів мікроорганізмів через кореневу систему до тканини рослин призводило до зміни структури протопластів, викликаючи розпад деяких білків і синтез інших.

Висока концентрація кореневих виділень знижує надходження мінеральних елементів, тоді як низька концентрація, навпаки, підвищує їх. Процес, під час якого корені вбирають речовини, є більш чутливим до алелопатичних факторів порівняно з їх переміщенням у надземні частини рослини. Встановлено, що органічні сполуки кореневих виділень створюють на коренях особливу плівку, що заважає потраплянню поживних елементів. Деякі компоненти алелопатично активних речовин можуть на специфічному рівні впливати на рослини, що спричиняє збільшення витрат вологи, а у певних випадках призводить і до підвищення сукупності листя, що вважається захисною реакцією рослин. Відомо, що біологічний етилен викликає різноманітні фізіологічні відповіді у рослин, такі як гальмування росту, зміна активності ферментів, а також транспортування ауксинів та ін. [195, 227].

Амінокислоти можуть бути токсичними як для рослин, так і для утворення специфічної мікрофлори. Тому важливо використовувати якісний склад і кількість амінокислот у ґрунті за різних системах обробітку та сидерації. Це питання має велике теоретичне і практичне значення і потребує детального дослідження.

Висновки до розділу 1

1. За результатами аналізу літературних джерел встановлено, що головним завданням для того, щоб поширювати сидерацію на фоні різних обробітків ґрунту, має бути розширене відтворення гумусу як важливого показника потенційної родючості ґрунту.

2. В умовах скорочення виробництва і внесення звичайних органічних добрив, важливого значення набуває ефективність застосування в системі удобрення соломи і післяжнивних решток та сидератів.

3. Нами було сформовано робочу гіпотезу, яка передбачала вивчення ефективності застосування в технологіях вирощування кукурудзи на зерно культур на сидерат і соломи на фоні систем обробітку ґрунту в умовах Правобережного Лісостепу.

Розділ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтові та кліматичні умови

Дослідження проведено упродовж 2023–2025 рр. на ділянці дослідного поля ТОВ «Агрофірма Колос» с. Пустоварівка Білоцерківського району Київської області, яка розташована у Правобережному Лісостепу України, і входить до складу Білоцерківського агроґрунтового району.

Рельєф території – понижена слабодренована рівнина з окремими підвищеними масивами та гостроподібними пагорбами. Підвищення місцевості спостерігаються у північно-західній та центральній частинах, де повністю відсутні блюдцеподібні зниження. Найпоширеніша південна частина землекористування, властиві незначні коливання, наявність замкнутих знижень з пологими схилами північно-західної та південно-східної експозиції [3].

Кількість вологи за найменшої вологоємності у 1,5 метровій товщі становить – 513–560 мм, а непродуктивної – 178–262 мм. Вологість стійкого в’янення рослин рівна підвісній максимальній гігроскопічності.

Вміст гумусу становить 3,6–4,0%. Культури використовують вологу, накопичену в ґрунті із атмосферних опадів. Вона є основним чинником продуктивності культур. Грунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний. Наявність у ґрунтах карбонатів кальцію зумовлює формування ґрунтів з більш стабільним вбирним комплексом, здійснює позитивний вплив на вміст і нагромадження елементів живлення, органічної речовини, сприяє утворенню більш цінної структури ґрунту (табл. 2.1).

Горизонт до 40 см має зернисто-грудкувату структуру, темне забарвлення, в орному та в підорному шарах зернисту, поступовий перехід до наступного горизонту.

Перехідний гумусовий горизонт (Нр – 40–100 см) має темно-сіре

забарвлення з грудкувато-зернистою структурою і поступовим переходом до наступного горизонту.

Таблиця 2.1

Фізичні властивості дослідної ділянки

Генетичні горизонти та їх глибина, см	Щільність складення грунту, г/см^3	Питома маса, г/см^3	Загальна пористість, %	ВСВ, %
Н (0–20)	1,24	2,63	52,0	10,6
Н (20–40)	1,27	2,70	53,0	10,6
Нр (40–60)	1,24	2,50	51,7	12,5
Нр (60–80)	1,22	2,62	53,2	12,3
Нр/k (80–100)	1,22	2,65	53,2	12,5

ВСВ – вологість стійкого в'янення.

Водно-фізичні властивості чорнозему типового малогумусного наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Водно-фізичні властивості чорнозему типового малогумусного

Глибина горизонту, см	Вологоємність, %			Щільність, г/см^3
	польова	повна	максимальна молекулярна	
0–20	28,2	41,6	13,6	1,25
20–40	27,3	47,3	13,2	1,16
80–100	25,6	41,0	12,2	1,22

Переважаючими ґрунтовими особливостями дослідної ділянки є чорнозем малогумусний, грубопилувато-легкосуглинковий за механічним складом, лес-ґрунтова порода. Чорноземи слабо реградовані мають слабокислу реакцію, яка переходить у нейтральну: гідролітична кислотність 2,4–2,5 ммоль 100 г ґрунту, pH сольової витяжки 6,87–7,30.

Відмічено високі валові запаси азоту, фосфору і калію у ґрунті. Вміст фосфору становить 12,5 мг 100 г ґрунту. У ґрунті переважають фосфати кальцію серед мінеральних фосфатів, проте органічні сполуки фосфору – серед загальної кількості цих елементів, що і пояснює ефективність

застосування фосфорних добрив на такому типі ґрунту.

Вміст в орному шарі ґрунту доступного калію високий і становить 5,1–7,0 мг 100 г ґрунту. Ефективні калійні добрива на цьому ґрунті, особливо у поєднанні з фосфорними й азотними.

Досить високий ступінь насичення основами – 92–94%. Переважає обмінний кальцій у складі ввібраних основ (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Агрохімічна характеристика чорнозему типового малогумусного

Шар грунту, см	pH сольової витяжки	Ємність поглинання, мг-екв. 100 г ґрунту	Вміст гумусу	Кількість карбонатів
			%	
0–10	6,87	31,9	4,53	–
35–45	7,30	32,0	4,37	1,66
70–80	7,30	19,1	1,36	9,20

Ґрунти дослідної ділянки, мають нейтральну реакцію ґрунтового розчину, що позитивно впливало на вирощування кукурудзи. Уміст гумусу як в орному, так і підорному шарах ґрунту високий.

Одержання високих врожаїв вирощуваних культур забезпечує високий потенціал родючості типових чорноземів за раціонального використання мінеральних і органічних добрив.

Клімат – помірно-континентальний. Середня річна температура повітря становить 6,5–7,0 °С. Зниження температури восени і на весні до 0 °С відбувається у II декаді листопада та у I декаді березня, перехід температури через 5 °С – III декаді жовтня, I декаді квітня; через 10 °С – I декаді жовтня та II – III декаді квітня.

Тривалість вегетаційного періоду із середньомісячною температурою (t > 5 °С) – 205 днів. Період активної вегетації сільськогосподарських культур, який визначається межами переходу температури (t > 10 °С), – 160 днів, розпочинається у III декаді квітня і закінчується у I декаді жовтня.

Простежується утворення льодової кірки на озимих посівах за такого

температурного режиму.

Абсолютний мінімум досягає за 23 °С, максимум – за +35 °С. Навесні приморозки закінчуються у ІІІ декаді квітня, перші осінні – у І або ІІ декадах жовтня.

Сніговий покрив з'являється у листопаді, стійке снігове покриття утворюється наприкінці грудня. Промерзання ґрунту становить 60–80 см, найменша відносна вологість повітря – 45%, багаторічна кількість опадів у середньому – 445 мм.

Погодно-кліматичні умови у 2023, 2024 і 2025 рр. вирізнялися своїми особливостями, що певним чином вплинули на розвиток рослин кукурудзи.

Варто відмітити, що кількість опадів на початку вегетаційного періоду була достатньо, що створювало сприятливі умови для формування вирівняних і дружніх сходів, в подальшому забезпечило продуктивність рослин. У наприкінці весни відмічено недостатню кількість опадів порівняно із середньобагаторічною нормою, наприкінці літа на початку осені спостерігали недостатню кількість зволоження (табл. 2.4).

Погодні умови 2023 р. Весняний період 2023 р. вирізнялися надмірною кількістю опадів, проте прохолодною погодою. У квітні опадів випало 124% від норми (табл. 2.5). Температура квітня виявилося нижчою на 0,8 °С за багаторічну норму. Травень за сумою опадів був сухим, випало лише 2,0 мм опадів або 2,2 % від норми.

Середньомісячна температура повітря травня була вищою на 0,9 °С (див. табл. 2.4). Опадів за червень випало 40,6 мм, або 63% від норми. Середньодобова температура повітря виявилась вищою на 0,9 °С від багаторічної норми. Сума опадів за липень становила 118,2 мм, або 142% від норми. У липні переважала холодна погода. У серпні опадів випало 33,3% від норми. Середньомісячна температура повітря була вищою на 2,6 °С від норми.

Осінь 2023 р. за температурним режимом була теплою порівняно з багаторічними даними. Середньодобова температура повітря у вересні була

вищою на 3,8 °С від норми. Сума опадів у вересні менша на 26,8 мм від норми. У жовтні опадів випало 128% від багаторічної норми. Жовтень виявився теплим, середньодобова температура була вищою на 3,1 °С від норми.

Таблиця 2.4

Середньомісячна температура повітря за вегетаційний період, °С

Рік	Місяць							За вегетацію
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	
2023	8,6	15,4	19,4	20,7	22,6	18,1	11,3	16,6
2024	12,2	15,7	20,8	24,1	22,5	19,4	11,6	18,0
2025	10,1	12,8	18,9	21,8	19,3	15,8	8,0	15,2
Середня багаторічна	9,4	14,5	18,3	21,1	20,0	14,3	8,2	15,1

Таблиця 2.5

Кількість опадів упродовж вегетаційного періоду, мм

Рік	Місяць							За вегетацію
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	
2023	103,2	2,0	40,6	118,2	19,0	7,2	46,4	336,6
2024	85,2	9,6	77,0	2,2	33,8	13,4	25,4	246,6
2025	24,0	3,2	28,2	103,2	16,8	41,4	82,6	299,4
Середня багаторічна	46,0	48,0	64,0	83,0	57,0	34,0	36,0	368,0

Аналіз погодно-кліматичних показників вегетаційного сезону 2023 р. дає можливість стверджувати, що загалом він вирізняється суттєвим зниженням кількості опадів і підвищенням середньодобової температури повітря.

Погодні умови 2024 р. Були сприятливі для вирощування кукурудзи та сидеральних культур.

Середньомісячна температура повітря квітня була вищою за норму і становила 12,2 °С проти норми 9,4 °С (табл. 2.4). Сума опадів за квітень становила 85,2 мм, що на 85% більше від норми. Травень відзначився переважно теплою і сухою погодою. Середньомісячна температура повітря була вищою на 1,2 °С від норми до 15,7 °С. Сума опадів за місяць становила

9,6 мм, або 20,0% від норми.

Температурний режим червня і липня істотно перевищував багаторічну норму. Середньомісячна температура повітря червня була на 2,5 °С, у липні – 3,0 °С вищою від норми. Червень виявився вологим, а липень – сухим. Так, за червень опадів випало 77,0 мм за норми 64,0 мм, проте у липні опадів випало 2,2 мм за норми 83,0 мм.

У серпні переважала тепліша за звичайну, а в окремі дні спекотна погода, із незначними опадами. Середньомісячна температура становила +22,5 °С. Опади відзначали впродовж 3–7 днів кількістю на 40,7 % менше від норми.

Вересень був холодним і відносно вологим. Середньомісячна температура повітря за вересень становила 19,4 °С. Опади відзначили впродовж 4–7 днів кількістю 13,4 мм.

Жовтень видався теплим і сухим. У середньому температура повітря становила 11,6 °С, що на 3,4 °С вище за багаторічну норму. Опадів випало 25,4 мм, що на 10,6 мм менше від норми.

Вегетаційний період 2024 р. відбувався здебільшого за дефіциту вологи у ґрунті та високої температури повітря на поверхні ґрунту, особливо у літні місяці, що певною мірою негативно вплинуло на формування врожаю зерна кукурудзи.

Погодні умови 2025 р. У квітні спостерігалася тепла та майже суха погода, на початку ІІІ декади відбувся стійкий перехід середньої добової температури повітря через +10 °С. Середньомісячна температура повітря була на 0,7 °С вищою за норму. Опади у квітні відзначали впродовж 4–7 днів кількістю 24,0 мм, що на 47,8 % менше від норми.

Травень видався прохолодним, із відсутністю опадів. Середньомісячна температура повітря була на 1,7 °С нижчою за норму і в абсолютному визначенні становила 14,5 °С. Опади відзначали впродовж 2–3 днів кількістю 3,2 мм, що на 93,3% менше за багаторічну норму.

У червні переважала тепла погода. Середньомісячна температура

повітря була на 0,6 °С вищою за багаторічну норму. Опадів випало на 35,8 мм менше від багаторічної норми.

Липень був теплим, із достатньою кількістю опадів. Середньомісячна температура повітря виявилася на 0,7 °С вищою за норму і досягала 21,8 °С. Опадів випало 103,2 мм (124% місячної норми).

У серпні переважала холодна погода із дефіцитом вологи погода. Середньомісячна температура повітря виявилася на 0,7 °С нижчою за норму і в абсолютному визначенні становила 19,3 °С. Опадів випало менше на 70,5% від багаторічної норми.

Вересень видався теплим і достатньо вологим. Температура повітря становила 15,8 °С. Опадів випало 41,4 мм (121% місячної норми).

Жовтень був холодним і вологим. Температура повітря становила 8,0 °С. Опадів випало 82,6 мм (229% місячної норми).

Вегетаційний період 2025 р. відбувся здебільшого за дефіциту вологи у грунті та високої температури повітря, особливо на початку літа, що негативно вплинуло на формування врожайності зерна кукурудзи.

За період проведення досліджень погодно-кліматичні умови виявилися неоднаковими за вирощування кукурудзи.

Кількість опадів упродовж вегетаційних періодів була достатньою від багаторічної для росту і нормального розвитку рослин кукурудзи (дод. А). Значно менше норми, (на 41,8 мм) випало опадів у 2023 р.

Екстремальні умови виявилися у квітні 2023 р. (Кі=2,6). Неістотні відхилення зафіксовано у червні, серпні і вересні. Кількість опадів у ці місяці була меншою від середньорічної кількості. Відхилення за кількістю опадів у травні виявилися істотними (Кі=–1,4). Значні відхилення за кількістю опадів виявлено у липні (Кі = 1,4).

У 2024 р. за квітень виявлено істотні відхилення за кількістю опадів порівняно з багаторічною нормою (Кі=1,8). У травні зафіксовано істотне зменшення надходження опадів порівняно з багаторічною нормою (Кі=–1,2).

За червень виявлено неістотне відхилення за кількістю опадів (Кі=0,2). У липні зафіксовано екстремальні умови, опадів випало лише 2,2 мм за норми 83 мм.

У 2025 р. у червні встановлено істотне зменшення надходження опадів порівняно з багаторічною нормою (Кі=–1,4). У серпні виявлено значні відхилення за кількістю опадів порівняно з багаторічною нормою (Кі=1,4). У жовтні зафіксовано істотне зростання надходження кількості опадів (Кі=1,6).

Загалом вегетаційний сезон 2025 р. за кількістю опадів виявився посушливим (Кі=–0,46).

2.2. Методика проведення досліджень

Експериментальну частину роботи з вивчення впливу систем основного обробітку ґрунту та різних сидератів під кукурудзу на зерно проводили у короткотерміновому досліді у сівозміні з подальшим чергуванням культур: соя – пшениця озима + післяжнивні посіви – кукурудза на зерно.

Після збирання пшениці озимої вирощували такі сидеральні культури та вносили мінеральні й органічні добрива:

• післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль);

• солома + сидерати (вика + редька олійна);

• солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива;

• солома + редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава;

• солома + гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава;

• солома + редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Основний обробіток ґрунту під кукурудзу на зерно після вирощування сидератів і внесення добрив був таким:

• поверхневий обробіток на 6–8 см;

• безполицевий обробіток чизельними знаряддями 33–35 см;

• технологія no-till.

Повторення у досліді триразове, розміщення варіантів послідовне. Розмір посівної ділянки 224 м^2 (7×32 м), облікової – 150 м^2 (5×30 м).

Використовували середньоранній гібрид кукурудзи РЖТ Ліпеккс, який упродовж періоду досліджень формував повноцінне зерно.

Технологія вирощування кукурудзи загальноприйнята для зони Лісостепу.

Після збирання пшениці озимої проводили поверхневий обробіток дисковими знаряддями на 6–8 см. Сівбу сидеральних культур проводили у кінці липня – на початку серпня сівалкою Great Plains.

На зелене добриво висівали: гірчицю білу сорту Талісман з нормою висіву 4–5 кг/га; редьку олійну Кияночка – 4–5 кг/га; вику Білоцерківська – 20–25 кг/га; фацелію Алена – 1,4–1,8 кг/га; люпин Рапсодія –30–35 кг/га; суданську траву Білявка – 3–5 кг/га; льон Південна ніч – 2 кг/га.

Сидерати загортали за допомогою обраних знарядь обробітку ґрунту в ІІІ декаді жовтня.

Упродовж років досліджень (2023–2025) погодні умови суттєво впливали на ріст і розвиток післяжнивних сидеральних культур. Важливим і вирішальним чинником вирощування другого врожаю є достатні запаси продуктивної вологи у ґрунті та поповнення їх завдяки опадам.

За місяць перед сівбою та на період вирощування сидеральних культур липень – жовтень вологість у ґрунті за роками становила у 2023 р. – 190,8 мм, 2024 р. – 74,8 мм, 2025 р. – 244,0 мм. Температурні умови у ці місяці були типовими, особливо в серпні – жовтні. Заморозків не спостерігали. Це зумовило сприятливі умови для розвитку висіяних культур. Урожайність за варіантами сумішок сидеральних культур наведено у табл. 2.6.

У ґрунт надходило біомаси в загальній кількості післяжнивних сидератів на варіанті (редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава) 32,5 т, а застосування сумішей сидеральних культур варіанта (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) призводило до зростання

загальної загорненої у ґрунт біомаси.

Таблиця 2.6

Продуктивність сидеральних культур та їх сумішок

Варіант	Органи рослин	Урожайність, т/га			Середнє	Суха речовина, т/га
		2023	2024	2025		
1. Редька олійна+ фацелія +люпин +суданська трава	Надземна маса	27	29,1	19,2	25,2	1,8
	Кореневі і стерньові рештки	7,9	8,5	5,6	7,3	1,1
2. Гірчиця біла + фацелія +люпин +суданська трава	Надземна маса	30,3	32,4	21,3	28,1	2,0
	Кореневі і стерньові рештки	9,1	9,8	6,4	8,4	1,2
3. Редька олійна+ гірчиця біла+ фацелія + вика +льон +суданська трава	Надземна маса	33,0	35,3	23,2	30,5	2,2
	Кореневі і стерньові рештки	9,9	10,6	7,0	9,2	1,4

Під пшеницю озиму загальна норма мінеральних добрив з урахуванням кількості їх внесення під сидеральний пар становила $N_{90}P_{60}K_{60}$. Всі варіанти вирівняні за кількістю внесених з мінеральними добривами елементами живлення.

У досліді застосовували такі види мінеральних добрив: аміачна селітра (ДСТУ 7370 : 2013 [62]), суперфосфот гранульований, калій хлористий. Під сидеральні культури калійні і фосфорні добрива вносили розкидним способом під основний обробіток, під передпосівну культивацію – азотні добрива. Компенсуючі дози калійних і фосфорних добрив під передпосівну культивацію пшениці озимої, азотних – підживлення розкидним способом навесні.

Відбір і підготовку зразків ґрунту для проведення аналізів здійснювали відповідно до ДСТУ 4287 : 2004 [59], ДСТУ ISO 11464 [67]. Для визначення агрохімічних, біологічних, водно-фізичних показників ґрунту відбирали зразки із шару ґрунту 0–30 см через кожні 10 см.

Згідно з програмою досліджень визначали такі показники:

– щільність складення ґрунту і пористість ґрунту в шарах 0–10, 10–

20 і 20–30 см перед сівбою кукурудзи, викидання волоті і на час збирання врожаю методом Н. А. Качинського;

– структурно-агрегатний склад ситовим методом у модифікації Н. І. Саввінова (ДСТУ 4744 : 2007) [60] та водотривкість ґрунтових агрегатів приладом Бакшеєва;

– доступні запаси вологи у ґрунті в шарах 0–10, 0–30 і 0–100 см (ДСТУ ISO 16586 : 2005) [66], водопроникність ґрунту – з використанням приладу ПВН 00 за методом Н. С. Нестерова;

– целюлозоруйнівну активність – методом розкладання лляного полотна впродовж 45 діб [119];

– інтенсивність виділення ґрунтом вуглекислоти (CO_2) – методом В. І. Штатнова [7];

– нітрифікаційну здатність ґрунту – за Кравковим за ДСТУ 7538:2014 [63];

– для встановлення впливу різних систем удобрення на біологічну активність чорнозему типового глибокого визначали чисельність таких груп мікроорганізмів: грибів, актиноміцетів на середовищі Чапека, амоніфікатори – на МПА (ДСТУ 7847:2015) [64], бактерії, що використовують азот мінеральних сполук – на КАА;

– фізіологічно активні речовини у ґрунті в посівах кукурудзи – методом біологічних тестів за А. М. Гродзинським [50];

– визначення вільних фенольних сполук у ґрунті за методом Сфена і Хілліса; вільних амінокислот – за методом Гродзинського; фенолкарбонових кислот – за методом І. Хенкена та І. К. Жустена; окисно-відновного потенціалу ґрунту методом А. М. Гродзинського; вміст хлорофілу в листках – методом спиртової витяжки з колориметрією;

– забур’яненість – на постійно закріплених площинах 0,5х0,5 (0,25 $м^2$) кількісним методом на час появи сходів кукурудзи та кількісно-ваговим методом перед збиранням урожаю з обліком кількості бур’янів на одиниці

площі, їхнього видового складу та маси [119];

– урожайність кукурудзи визначали у стані технічної стиглості методом суцільного збирання з облікових ділянок з перерахунком на стандартну вологість та чистоту з кожного варіанта окремо;

– для проведення аналізу якості зерна застосовували загальноприйняті методики та стандарти. У відібраних зразках визначали вміст сирого протеїну – за кількістю загального азоту (за К'єльдалем – ДСТУ 10846-91 [58], ДСТУ 8076:2015 [65]), крохмалю – за ДСТУ 4865:2007 [61], жиру – за ДСТУ ISO 7302:2003 [68].

– статистичний аналіз даних дослідження проводили із застосуванням варіаційних, дисперсійних, кореляційних і регресійних методів з використанням прикладної комп'ютерної програми Statistica-6. За визначення енергетичної та економічної ефективності між дослідженими показниками користувалися загальноприйнятими методиками з використанням комп'ютерної програми з розрахування енерговитрат, описаними О. К. Медведовським, П. І. Іваненком [106], Ю. О. Тараріком та ін. [152].

Висновки до розділу 2

1. Ґрунтово-кліматичні умови Лісостепу й дослідного поля повною мірою придатні для отримання високих урожаїв кукурудзи за умов застосування сумішок сидеральних культур, розробки та удосконалення короткоротаційних сівозмін, обробітку ґрунту, системи удобрення.

2. За аналізом багаторічних даних агрометеорологічних спостережень природно-кліматичної зони центрального регіону про ймовірність запасів вологи у шарі ґрунту 0-100 см під кукурудзою в період її максимального водоспоживання, можна стверджувати, що фактичні запаси продуктивної вологи в цьому шарі ґрунту у роки досліджень істотно менші від кількості, потрібної для нормального їх розвитку та реалізації потенційних можливостей гібрида і наявного термічного потенціалу. Тому повну віддачу

цієї культури забезпечують у центральному регіоні тільки за дотримання науково обґрунтованих систем основного ґрунту на фоні різних сумішей сидератів.

Розділ 3
ЗМІНИ ВОДНО-ФІЗИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА СИДЕРАТІВ

3.1. Щільність ґрунту

Створення сприятливих агрофізичних умов – основа формування сталих урожаїв культур польових сівозмін та рівня родючості ґрунту. Систематичний їх контроль, зумовлений змінами у ґрунті, викликаний рівнем інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, однак агрофізичні умови можуть бути у сприятливому інтервалі навіть його за межами.

За щільністю ґрунту найчастіше судять про його фізичний стан. Він істотно впливає на продуктивність і ріст рослин [198].

Для характеристики фізичного стану щільність розрахувати складення є універсальним показником. Знаючи щільність ґрунту, можна й інші показники будови орного шару. Фізичний стан ґрунту не залишається постійним, а перебуває під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. Щільність ґрунту – це динамічний показник. У процесі його обробітку під дією сільськогосподарських машин, опадів, гравітаційних сил, він досягає при цьому характерної лише для певного типу рівноважної щільності, в цьому і проявляється динамічність [209].

Щільність ґрунту тісно пов’язана з іншими показниками, оскільки вона впливає на режим ґрунту. Як зазначає О. В. Піковська [132] зазначає, водний режим як сукупність процесів надходження, перерозподілу, акумуляції і випаровування вологи в ґрунті залежить від щільності складення. Загалом вважається, що пухкий ґрунт краще сприймає вологу, ніж щільний. Вбирання вологи пухким ґрунтом супроводжується його ущільненням, швидким настанням рівноважного стану. Водночас різко зменшується надходження вологи у ґрунт. Що пухкішим і гірше оструктуреним є ґрунт, тим стрімкіше відбувається процес вбирання ним вологи.

Переміщення вологи всередині ґрунту також залежить від його щільності. У пухкому ґрунті глибина промочування більша, ніж у щільному. Щільність зумовлює також і висхідні потоки вологи: фізичне випаровування, транспірацію. Надмірно пухкий ґрунт швидко втрачає вологу, щільний – повільніше, оптимальна транспірація спостерігається за помірного ущільнення.

Відношення рослин до фізичного стану ґрунту характеризує співвідношення оптимальної і рівноважної щільності. Щільність перебуває в межах оптимальних для рослин значень, коли відношення більше або дорівнює одиниці, а відтак додаткові заходи для їх регулювання не вимагаються, тому саме за таких умов створюється можливість запровадження технології *no-till* та мінімального обробітку [177, 199].

Низка дослідників [57, 228] досить глибоко вивчали вплив внесення органічних добрив на щільність ґрунту, це завдання потребує конкретизації у контексті застосування соломи, сидерату в конкретних грунтово-кліматичних умовах.

У літньо-осінній період щільність ґрунту шару глибше 0–30 см майже не змінюється, а отже, у полі досліджень перебуває шар, на який здійснюється антропогенне втручання і де розміщується найбільша частина маси кореневої системи.

Нашими дослідженнями встановлено, що використання сидератів неістотно зростання впливало на щільність ґрунту (на 0,01 г/см^3) у межах оброблюваного шару (рис. 3.1), застосування варіанта солом + сидерати + мінеральні добрива сприяло зростанню в орному шарі 0–30 см щільності ґрунту на 0,03 г/см^3. Пояснюється це тим, що від щільності ґрунту залежить також фосфорний його режим доступність сполук фосфору для рослин і загалом ефективність фосфорних добрив. Підвищена щільність знижує доступність фосфору для рослин, по-перше, через погіршення біологічного режиму (зниження чисельності в біомасі мікроорганізмів, які розкладають

мінеральні та органічні форми фосфорних сполук і ферментів, що стимулюють процеси розчинення фосфатів), по-друге, через зменшення розмірів та погіршення морфології кореневих систем [101].

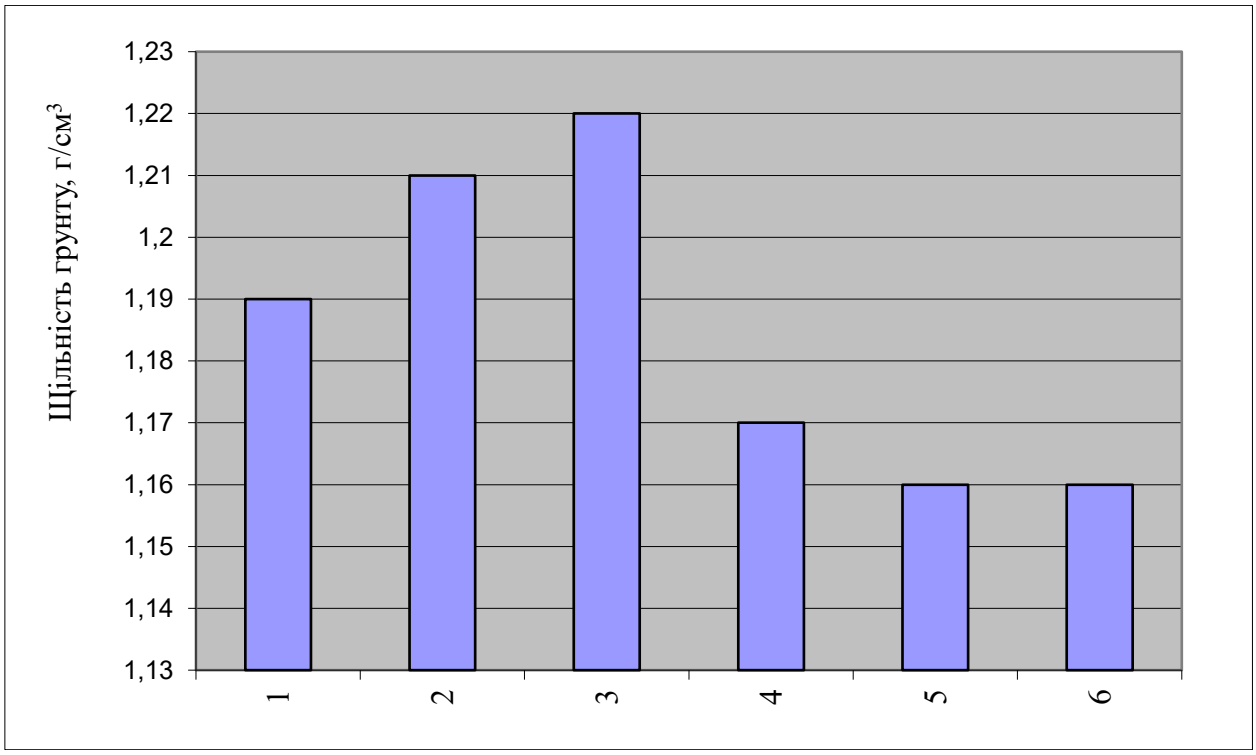

Рис. 3.1. **Щільність ґрунту шару 0–30 см на час загортання сидератів**, за 2023–2025 рр. *Примітка:* 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Сумісне застосування соломи і сидератів неістотно розущільнювало орний шару ґрунту.

У варіантах 5 і 6 щільність ґрунту орного шару (0–30 см) виявилася меншою на 0,03 г/см^3 на час загортання сидератів. Пояснюється це тим, що корені сидеральних культур упродовж вегетації розущільнюють ґрунт.

Основний обробіток після пшениці озимої під кукурудзу має значний вплив на зміни щільності ґрунту. Як вказують результати досліджень (табл. 3.1), на час сівби кукурудзи, в середньому за роки досліджень, щільність складення орного шару за технології *no-till* виявилася вищою від поверхневого обробітку і безполицевого глибокого розпушування.

Таблиця 3.1

Щільність ґрунту в шарі 0–30 см в агроценозі кукурудзи залежно від обробітку ґрунту та органічних добрив, за 2023–2024 рр., г/см^3

Варіант		Час визначення		
Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	на період сівби	6–8 листків	під час збирання
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	1,18	1,25	1,30
	2	1,16	1,21	1,22
	3	1,17	1,20	1,23
	4	1,13	1,19	1,20
	5	1,10	1,19	1,19
	6	1,10	1,20	1,20
Безполицевий обробіток на 33–35 см	1	1,15	1,24	1,28
	2	1,14	1,22	1,24
	3	1,16	1,20	1,22
	4	1,11	1,18	1,20
	5	1,09	1,17	1,19
	6	1,08	1,16	1,18
Технологія *no-till*	1	1,19	1,27	1,33
	2	1,18	1,26	1,23
	3	1,20	1,28	1,25
	4	1,18	1,22	1,22
	5	1,14	1,20	1,22
	6	1,13	1,20	1,22
$НІР_{05}$ А		0,04	0,05	0,05
$НІР_{05}$ В		0,02	0,03	0,04
$НІР_{05}$ АВ		0,02	0,02	0,04

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома+сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця + фацелія + вика + льон + суданська трава.

На період 6–8 листків кукурудзи різниця між варіантами обробітку за впливу на щільність складення орного шару дещо скоротилась, однак тенденція до підвищення її після поверхневого обробітку зберігалася. Загалом підвищення щільності з періоду сівби на всіх варіантах відбулося на 0,03–0,10 г/см^3 з найбільшим значенням на варіанті поверхневого обробітку. Головним

чином воно стосується ущільнення нижніх шарів після 20 см, що є наслідком впливу атмосферних явищ та гравітаційних сил.

Дослідження, проведені науковцями кафедри землеробства та гербології НУБіП України, вказують на тенденцію до підвищення щільності складення ґрунту після застосування мілких обробітків, особливо на варіанті за прямої сівби [145].

За глибокого безполицевого розпушування ґрунту в період повної стиглості кукурудзи щільність становила від 1,18 до 1,30 г/см^3. Найвищими серед досліджуваних обробітків значення щільності складення 1,21–1,33 г/см^3 були на варіанті із технологією *no-till*.

Упродовж періоду вегетації кукурудзи фізичні властивості ґрунтів як через пряму дію через механічні перепони, так і посередню, змінюючи і склад, і вміст повітря у ґрунті, можуть суттєво впливати на розвиток кореневої системи [144].

Реакція рослин на щільність складення ґрунту пояснюється також впливом останньої на рухомість ґрунтового розчину, тепловий режим ґрунту, ефективність мінеральних добрив та інші показники.

Відомо, що просапні культури (особливо кукурудза) потребують дещо меншої щільності складення для оптимальних умов їх розвитку. Класичні рекомендації вказують на доцільність підтримання її до величини 1,25 г/см^3 [95], що відрізняє цю культуру від зернових [134].

Загортання під основний обробіток сумішки культур (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) у варіанті 6 мало тенденцію до зменшення щільності ґрунту як перед посівом кукурудзи, так і на період її збирання.

За умови загортання у ґрунт зеленої маси сидератів та соломи відмічено зменшення щільності ґрунту порівняно з використанням соломи + сидерати + мінеральні добрива.

Серед варіантів обробітку ґрунту лише поверхневий на 6–8 см та

технології no-till призводять до істотного підвищення щільності ґрунту в середньому на 0,02–0,05 г/см^3.

Кореляційна залежність урожайності кукурудзи на зерно від щільності складення (рис. 3.2) свідчить про значний вплив цього показника на ріст і розвиток рослин. Обернена кореляційна залежність на середньому рівні (r=–0,55±0,19) підтверджує думку про значимість коливань величини щільності навіть у межах загальноприйнятого інтервалу значень і ймовірне погіршення фізичних властивостей ґрунту після заміни полицевих обробітків на глибоке безполицеве розпушування. Підтверджується останніми дослідженнями, проведених на чорноземах типових, про досить високу залежність від глибини та способу обробітку ґрунту [51].

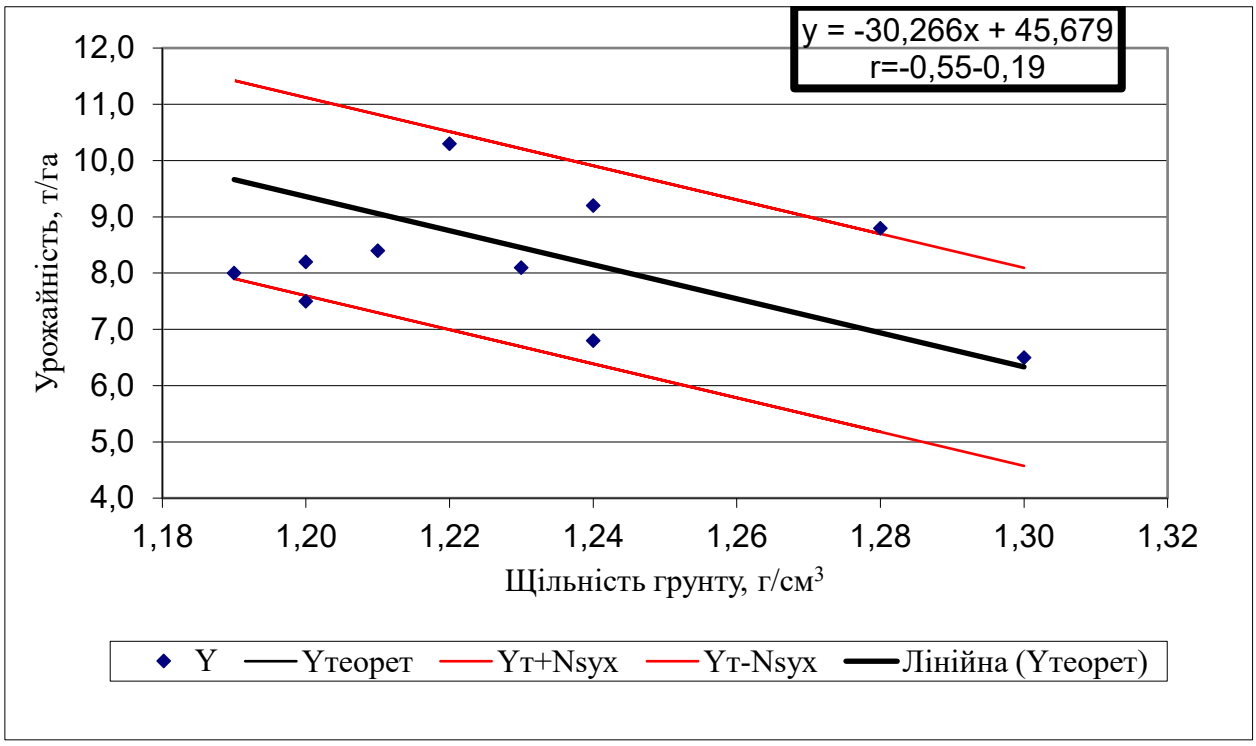

Рис. 3.2 **Залежність урожайності кукурудзи на зерно від зміни щільності складення орного шару ґрунту** за 2023–2025 рр.

Отже, розраховані значення щільності ґрунту на час збирання кукурудзи на зерно засвідчили, що урожайність культури залежить від щільності ґрунту.

3.2. Пористість ґрунту

Найкращою пористістю для орного шару вважається 55–65% об'єму ґрунту, задовільною – 50–55 і незадовільною – менше 50% [69, 103]. Зростання загальної пористості і зменшення щільності сприяють більш глибокому зволоженню ґрунту після дощів і значно ефективнішому використанню опадів літньо-осіннього періоду. Глибше промочування сприяє накопиченню опадів літньо-осіннього періоду. Покращується повітряний режим ґрунту із збільшенням пористості і зменшенням щільності, а також більш сприятливо складається співвідношення між повітрям і водою [137].

Одним із факторів, що впливають на будову ґрунту, це гранулометричний склад, який є морфологічною ознакою. Завдяки обробітку ґрунту можна змінювати будову ґрунту і проводити регулювання кількості й якості рослинних решток, використання сидератів та внесення органічних добрив [198, 215].

Застосування соломи вирощуваних культур позитивно впливає на пористість ґрунту. Використання класичного обробітку збільшує пористість завдяки капілярним порам, однак за чизельного обробітку збільшується об'єм некапілярних пор [206].

Чизельне розпушування, а також залишення пожнивних решток підвищує пористість ґрунту до 54,3% і покращує його аерацію до 33,3–32,4% [169].

У дослідженнях В. В. Сінченко, С. П. Танчика та ін. [145] за мілкого безполицевого і поверхневого обробітків ґрунту його пористість знижувалась до 46,5–47,8% порівняно з чизелюванням, де цей показник становив 49,0 і 50,9% відповідно.

Внесення різних видів органічних добрив знижувало ступінь ущільнення ґрунту і залежало від кількості органічних речовин, внесених із добривами. Найбільше значення цього показника відмічено у варіанті 6 з використанням сумішки (редька олійна + гірчиця біла + фацелія +вика + льон

+ суданська трава).

Встановлено, що за застосування варіантів 5 і 6 культур на сидерати порівняно з контролем перед загортанням сидератів, пористість ґрунту 0–30 см підвищилась на 1,1%, створивши цим значно сприятливим умови для росту і розвитку кукурудзи на зерно (рис. 3.3).

Значно корисна робота вертикально-стрижневих кореневих систем полягає в тому, що, проникаючи потужними коренями у глибину, за межі орного шару, і залишаючи там значну кількість проходів, що пронизують підорний шар, вони здійснюють наче вертикальний мікродренаж ґрунту. Створюється сприятливий повітряний і водний режими як орного, так і підорного шарів ґрунту. Проходи прискорюють процес збагачення перегноєм підорних шарів і сприяють проникненню в глибину гравітаційних вод.

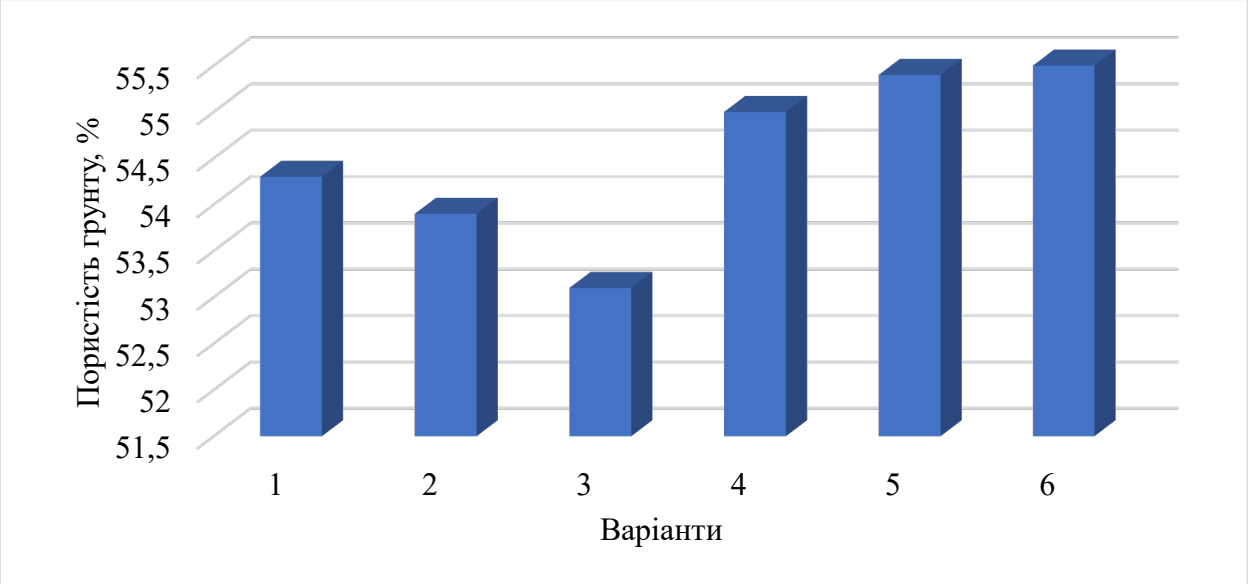

Рис. 3.3. **Пористість шару ґрунту 0–30 см із застосуванням сидератів за 2023–2025 рр., %**

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Вирощування культур на сидерат у варіантах 4, 5 і 6 порівняно з контролем створили умови для росту і розвитку кукурудзи на зерно, кращу водопроникність ґрунту, що і є основою для продуктивного використання

атмосферних опадів.

Найнижча пористість чорнозему типового формувалася на ділянці застосування солома + сидерати + мінеральних добрива, що становить 53,1%; на контролі – 54,3%.

Ділянка із використання соломи та сидератів сприяла неістотному зниженню пористості ґрунту на 0,4% порівняно з ділянкою, де залишали кореневі та стерньові рештки пшениці озимої.

Отримані нами результати досліджень в агроценозах кукурудзи на зерно на чорноземі типовому малогумусному показали, що пористість ґрунту є показником динамічним, який змінюється у незначних межах і залежить від комплексу чинників (табл. 3.2).

На період сівби кукурудзи у варіантах обробітку ґрунту та сидератів істотної різниці пористості в шарі ґрунту 0–30 см не встановлено. У весняний період, перед початком польових робіт, загальна пористість високою була за вирощування кукурудзи на зерно на безполицевому поверхневому обробітку ґрунту, що становила 55,8–58,5%.

Загальна пористість на поверхневому обробітку ґрунту виявилась нижчою і становила 54,6–57,7%.

Упродовж вегетації кукурудзи в орному шарі ґрунту відбуваються певні зміни пористості. У фазу 6–8 листків кукурудзи встановлено зменшення показника пористості ґрунту в усіх варіантах досліду. У середньому за всіх варіантів досліду у фазу 6–8 листків пористість ґрунту зменшилась на 2,5%, на час збирання врожаю – на 3,1% порівняно з періодом сівби кукурудзи.

Застосування у дослідах технології no-till засвідчило зниження загальної пористості у ґрунті від 1,8 до 2,2% порівняно з безполицевим обробітком і від 0,8 до 3,1% – з поверхневим обробітком ґрунту. Загальна тенденція позитивного впливу сидерації на зміну пористості ґрунту залишилась однаковою.

Отже, об’єм капілярних та некапілярних пор в орному шарі чорнозему

типового перебуває в оптимальних для цього типу ґрунту межах.

Таблиця 3.2

Пористість ґрунту в шарі 0–30 см в агроценозі кукурудзи залежно від обробітку ґрунту та сидератів, за 2023–2025 рр., %

Варіант		Час визначення		
Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	на період сівби	6–8 листків	під час збирання
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	54,6	51,9	50,0
	2	55,4	53,5	52,3
	3	55,0	53,8	52,7
	4	56,5	54,2	53,8
	5	57,7	54,2	54,2
	6	57,7	53,8	53,8
Безполицевий обробіток на 33–35 см	1	55,8	52,3	50,8
	2	56,2	53,1	52,3
	3	55,4	53,8	53,1
	4	57,3	54,6	53,8
	5	58,1	55,0	54,2
	6	58,5	55,4	54,6
Технології no-till	1	54,2	51,2	48,8
	2	54,6	51,5	52,7
	3	53,8	50,8	51,9
	4	54,6	53,1	53,1
	5	56,2	53,8	53,1
	6	56,5	53,8	53,5
$НІР_{05}$ А		0,81	0,75	0,86
$НІР_{05}$ В		0,43	0,40	0,51
$НІР_{05}$ АВ		0,24	0,20	0,30

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Одержані результати досліджень відповідають конкретним умовам зони і не можуть бути прийнятними для інших нетипових ґрунтово-кліматичних умов. У науковій літературі існують різні міркування щодо оптимізації тих чи інших показників пористості ґрунту.

У дослідженнях М. В. Войтовика [29] встановлено, що ґрунти важкого і

середнього гранулометричного складу характеризуються всмоктувальною силою і вони відносно слабо повітро- та вологопроникні. Для поліпшення водного і повітряного режимів ґрунту їх слід розпушувати інтенсивно, органічні добрива вносити у підвищених нормах, поліпшувати структуру. Пористість внаслідок збільшення кількості капілярних і некапілярних пор буде сприяти їх підвищенню.

Як вважають І. А. Шувар та ін. [142], «зелені добрива позитивно впливають на фізичні показники ґрунту. Сидерація забезпечує загальну шпаруватість ґрунту на 17–23% вищу, ніж без її використання. Після сидератів, а також при їх сумісному застосуванні з соломою, значно зменшується ущільнення ґрунту, зумовленого технологічними проходами важких колісних тракторних агрегатів».

Вчені С. С. Бегей, Н. В. Карасевич [9] зазначають, що з агрономічної точки зору важливо, щоб ґрунти мали найменшу пористість зв’язаної води, найбільшу пористість капілярного обводнення і водночас міжагрегатну пористість аерації не менше 20% від загальної пористості.

Нами встановлено середній кореляційний зв’язок між х – пористістю ґрунту в шарі 0–30 см і у – урожайністю кукурудзи на зерно.

Логарифмічні функції, якими описано вплив застосування органічних і мінеральних добрив, сидерату та обробітку ґрунту на шпаруватість орного шару в посіві кукурудзи свідчать про позитивний вплив цих агрозаходів (рис. 3.4).

Як вважає М. В. Войтовик [29], застосування мілкого розпушування на 10–12 см дисковими знаряддями призводило до значного зменшення загальної пористості ґрунту в шарі 0–30 см упродовж вегетації буряків цукрових порівняно з диференційованим обробітком.

3.3. Структура ґрунту

Важлива роль у забезпеченні сприятливих умов вирощування

сільськогосподарських культур належить родючості ґрунту, для відновлення якої спрямовуються заходи на поліпшення його агрофізичного стану. Серед елементів родючості ґрунту агрофізичні властивості поряд із фізико-хімічними та агрохімічними займають провідне місце. Вони беруть участь у створенні оптимальних умов росту та розвитку рослин. Тому однією з найважливіших умов прояву ґрунтової родючості є відповідний оптимальний чи близький до нього рівень основних фізичних властивостей ґрунту – їх структурного стану і складення, щільності твердої фази ґрунту, водотривкості і водопроникності, вологості та пористості.

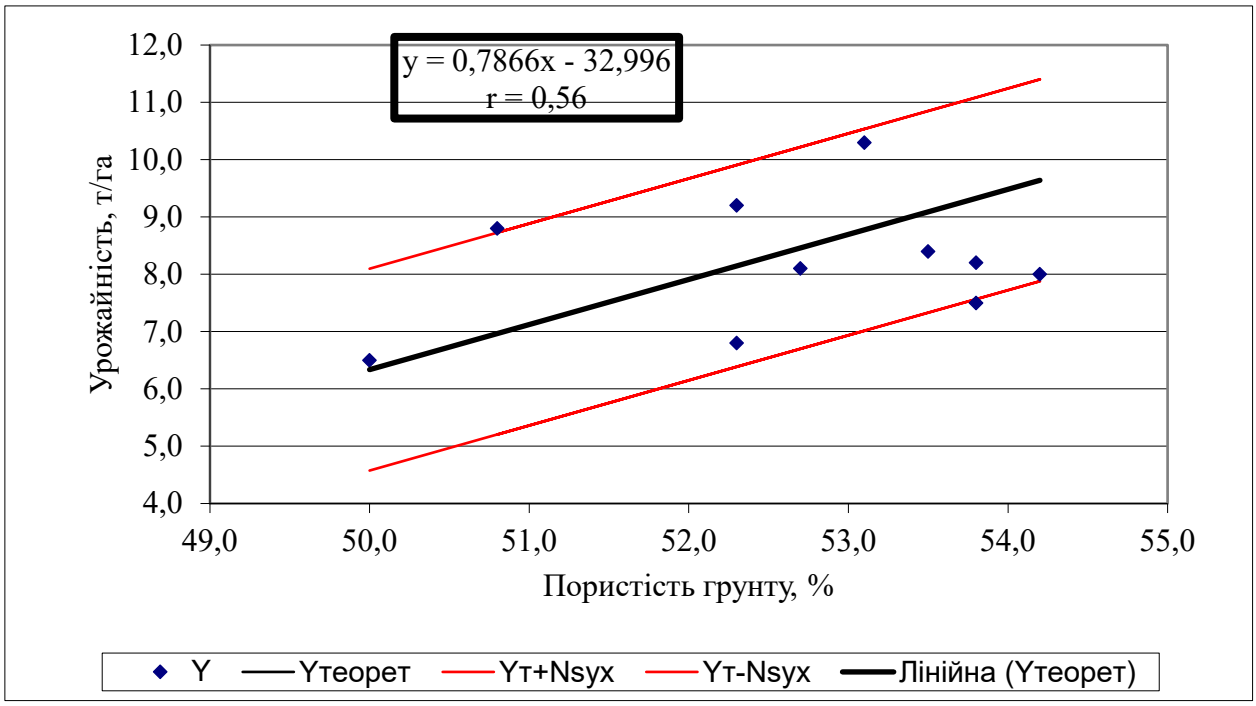

Рис. 3.4 **Залежність урожайності кукурудзи на зерно від пористості ґрунту** за 2023–2025 рр**.**

Однією з причин можливої стійкості ґрунту проти ущільнення може бути якісна зміна його структурності. Найбільше протистоїть ущільненню, а також забезпечує оптимальні умови водного, поживного і повітряного режимів, агрономічно-цінна та водостійка структура.

На думку О. А. Цюка та ін [178], «завдання обробітку ґрунту – це створити відповідний грудкуватий стан понад 80% агрономічно-цінних агрегатів і понад 70% водостійких». Однак, на думку І. М. Масика [98], «при

всіх способах обробітку відбувається руйнування агрономічно-цінної структури ґрунту, а найбільше цей процес виражений за оранки».

Як вважають О. А. Цюк та ін. [178], «поверхневий обробіток створює кращий структурний склад ґрунту з більшою кількістю агрономічно-цінних частин в орному, особливо у верхньому шарі ґрунту 0–10 см порівняно з полицевим обробітком, що підвищує його стійкість до ерозії. Уміст пилу за безполицевого обробітку був завжди вищим, ніж за оранки, але не перевищував 2–4%».

У зв’язку з цим дослідники значну увагу приділяють пізнанню процесів структуроутворення і вивченню змін структурного стану під впливом природних і антропогенних факторів.

Ґрунтові агрегати розглядають як об’єкти, які підпорядковані ґрунтоутворюючим процесам. Сукупність агрегатів різних розмірів і форм утворюють агрегатний склад ґрунту. Контроль, оцінювання і підтримання оптимального агрегатного складу ґрунту мають стати невід’ємною умовою землеробської діяльності людини.

Заходи і рослини, їх вирощування змінюють вміст поживних речовин у ґрунті, водний режим. Особливо впливає на структуру ґрунту комплекс рослина – технологія. Рослини з добре розвиненою кореневою системою і надземними органами найефективніше впливають на створення міцної структури ґрунту.

Дослідженнями встановлено, що внесення гною, сівба культур на сидерат покращило агрофізичні властивості ґрунту. Дані аналізів ґрунту свідчать про їх вплив на співвідношення між фракціями ґрунту. Структурно-агрегатний склад ґрунту чорнозему типового наведено у табл. 3.3.

Встановлено, що найкращі значення структури ґрунту в шарі 0–30 см чорнозему типового виявилися на варіанті, де у ґрунт загортали такі культури, як редька олійна, гірчиця біла, фацелія, вика, льон, суданська трава. На цьому варіанті кількість агрегатів в шарі ґрунту 0–30 см розміром 0,25–10 мм

становила 74,2%, що на 10,2% більше до контролю, коефіцієнт структурності – 2,85.

Таблиця 3.3

Вміст структурних агрегатів орного шару ґрунту (0–30 см) за вирощування культур на сидерат за 2023–2024 рр., %

Варіант		Розмір агрегатів, мм			Коефіцієнт структурності	
		>10	10–0,25	<0,25		+/-, % до контролю
На період загортання сидератів						
1	Кореневі та стерньові рештки пшениці озимої (контроль)	21,6	67,3	11,0	2,13	100
2	Солома + сидерати (вика + редька олійна)	19,3	70,1	10,6	2,3	7,9
3	Солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива	22,3	66,4	11,5	1,9	-10,7
4	Редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава	19,3	72,2	10,0	2,4	12,6
5	Гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава	18,0	73,0	9,0	2,70	26,7
6	Редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава	17,6	74,2	8,4	2,85	33,8

Застосування варіанта солома + сидерати + мінеральних добрив призводило до погіршення агрономічно-цінних агрегатів, вміст їх становив 66,4%, що на 1,33% менше за контрольний варіант. Використання на варіанті 2 солома +сидерати дещо покращувало показники структурно-агрегатного складу ґрунту на 4,1% порівняно з ділянкою, де використовували кореневі та стерньові рештки пшениці озимої.

Відбулося зростання вмісту агрегатів фракції понад 10 мм на варіанті солома + сидерати + мінеральні добрива на 3,2% порівняно з контролем.

Найвищий вміст агрегатів менше 0,25 мм зафіксовано на варіанті 3 із

застосуванням мінеральних добрив – 11,5%.

На думку Л. В. Центило [166], «Мінеральні добрива, особливо при високих дозах, погіршують і мікробудову ґрунту: підвищується щільність складення мікроагрегатів, проміжки між механічними елементами заповнюються тонко-дисперсною фракцією. Зменшується кількість зернистих агрегатів агрономічно-цінних розмірів. Погіршення структурного стану ґрунту при внесенні підвищених доз мінеральних добрив відбувається через зміну фізико-хімічних показників, насичення вбирного комплексу одновалентними катіонами, підвищення кислотності».

І. А. Шувар та ін. [142], вважають, що «сидерати поліпшують структуру малогумусних ґрунтів, підвищують вбирну здатність, буферність, вологоємність, водопроникність. Після приорювання сидерату посилюється життєдіяльність мікроорганізмів».

Отже, застосування варіанту солома + сидерати + мінеральні добрива погіршувало структурно-агрегатний склад ґрунту. Загортання культур на сидерат поліпшує вміст агрономічно-цінних агрегатів чорнозему типового.

Результати досліджень визначення структури чорнозему типового в полі кукурудзи на зерно на період збирання наведено у табл. 3.4.

На формування різних за розміром часточок ґрунту істотно впливають варіанти основного обробітку ґрунту. На варіанті технології no-till найбільше міститься агрономічно-цінних часточок, що становить 72,0%. За технології no-till зменшився вміст фракції розміром менше 0,25 мм до 9,0%. За цієї технології структурна фракція розміром понад 10 мм становить 17,8 і 20,4% на фоні застосування солома + сидерати і солома + сидерати + мінеральні добрива відповідно. При загортанні культур на сидерат варіантів 4, 5 і 6 розмір структурної фракції понад 10 мм зменшуються на 0,5–3,3% порівняно з контролем.

За застосування безполицевого обробітку ґрунту до 35 см, за якого обертання скиби не відбувається, найбільший вміст агрономічно-цінних

агрегатів (0,25–10 мм) зафіксовано на варіанті 6 із загортанням культур на сидерат, що становить 71,2%. Максимальні величини коефіцієнта структурності формувалося за сівби сумішки (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) і застосування безполицевого глибокого розпушування, що становить 2,58. Застосування варіанта солома + сидерати + мінеральні добрива призводило до істотного зниження коефіцієнта структурності – 2,22.

Таблиця 3.4

Вміст структурних агрегатів орного шару ґрунту (0–30 см) за вирощування кукурудзи на зерно за 2023–2024 рр., %

Варіант		Розмір агрегатів			Коефіцієнт структурності
Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	>10	10–0,25	< 0,25	
Поверхневий на 6–8 см	1	17,0	63,4	10,2	2,3
	2	18,1	71,5	9,8	2,5
	3	17,4	64,3	10,2	2,3
	4	18,0	71,2	9,5	2,5
	5	18,5	71,8	10,0	2,52
	6	18,0	72,0	9,8	2,58
Безполицевий обробіток грунту на 33–35 см	1	18,6	68,4	11,2	2,29
	2	18,4	70,0	9,8	2,48
	3	20,1	67,4	10,2	2,22
	4	19,0	69,4	10,4	2,36
	5	18,5	71,0	9,4	2,54
	6	18,3	71,2	9,2	2,58
технологія no-till	1	18,9	69,0	11,4	2,27
	2	17,8	71,8	10,0	2,58
	3	20,4	63,2	11,0	2,02
	4	18,6	71,1	9,0	2,57
	5	18,4	71,5	9,5	2,56
	6	18,1	72,0	9,4	2,62
$НІР_{05}$ А		1,02	1,12	$F_ф < F_{05}$	
$НІР_{05}$ В		1,00	1,01	1,13	

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Загортання культур на сидерат на фоні технології no-till і поверхневого обробітку помітно впливає на співвідношення між фракціями ґрунту. Кращі параметри і співвідношення ґрунтових агрегатів формуються із загортанням сидеральної маси глибоким безполицевим обробітком.

Важливим показником якісної оцінки структури ґрунту є стан його водотривкості.

Як вважав О. В. Демиденко [55] вважав, «деградація структурного стану чорнозему типового за тривалого сільськогосподарського використання пов'язана, передусім, із погіршенням фізико-хімічних властивостей через завищені дози мінеральних добрив. Безполицеві обробітки збільшують водотривкість ґрунтових агрегатів у верхній частині кореневмісного шару. Збільшувався вміст водотривких агрегатів у ґрунті за внесення органічних добрив, особливо гною, соломи, сидератів. Найбільшим їхній вміст виявився на варіантах із мінімальним безполицевим обробітком – 18,1–19,6%».

У своїх дослідженнях М. В. Недвига [115] встановив, що «за механічного обробітку в ґрунті відбуваються протилежно спрямовані процеси як утворення, так і руйнування його структури. Який з них переважає, залежить не тільки від вологості, а й від механічного складу, вмісту і складу гумусу». Вміст водотривких агрегатів наведено на рис. 3.5.

Застосування безполицевого глибокого розпушування до 35 см збільшувало кількість водотривких цінних агрегатів на фоні загортання сидеральних культур (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава). Вміст водотривких цінних агрегатів за технології no-till виявився нижчим на 2,4–6,7% порівняно з поверхневим обробітком. Однак поверхневий обробіток ґрунту зменшував на 2,1–3,3% кількість водотривких агрегатів порівняно з безполицевим глибоким розпушуванням.

Найбільша кількість водотривких цінних агрегатів в 0–30 см шарі ґрунту зафіксовано за загортання у ґрунт культур на сидерат (варіанти 5, 6).

Варто відзначити, що кількість цінних водотривких агрегатів зростала за

заробляння культур на сидерат варіанту (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) від 1,9 до 12,9% порівняно з варіантом (кореневих та стерньових решток пшениці озимої) залежно від обробітку ґрунту. Загортання соломи + сидератів сприяло збільшенню вмісту водотривких агрономічно-цінних агрегатів за поверхневого обробітку на 1,3%, глибокого безполицевого – на 3,9 і за технології no-till – на 0,9% порівняно з контролем.

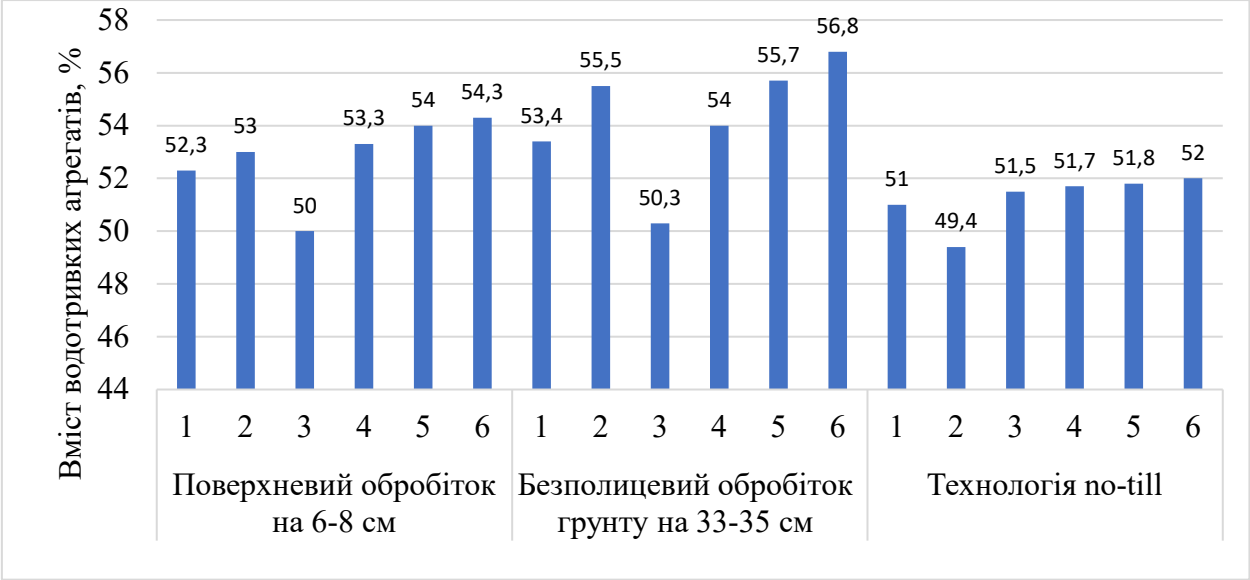

Рис. 3.5. **Вміст водотривких структурних агрегатів в шарі ґрунту 0–30 см за 2023–2024 рр.,** %

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Отже, загортання сидеральних культур і соломи у ґрунт на чорноземах типових сприяє відновленню та збереженню вмісту водотривких агрегатів.

Кореляційно-регресивний аналіз вказує на пряму залежність урожайності кукурудзи на зерно від вмісту водотривких агрегатів з невисоким коефіцієнтом детермінації r^2=0,182. Зміни структурності ґрунту практично не впливають на рівень ефективної родючості. Істотне поліпшення структурності орного шару за безполицевого глибокого обробітку на фоні загортання сидеральних культур (варіант 6) сприятиме збереженню потенційної

родючості з подальшим покращенням водно-фізичних та агрономічних властивостей його.

3.4. Запаси доступної вологи

Одним із вирішальних чинників впливу на умови росту культур і оптимізації фізичних, біологічних та агрохімічних властивостей ґрунту є наявність потрібної кількості вологи. На сьогодні накопичено достатньо матеріалів залежності запасів доступної вологи від обробітку ґрунту. Однак, із цього питання існують чи не найбільші протиріччя з приводу недоліків, переваг тої чи іншої технології.

Існують різні думки щодо ефективності вологонакопичування обробітків ґрунту. Низка вчених вважають, що доцільно проводити безполицеві обробітки для кращого вологозабезпечення культур. Так, за В. П. Кирилюк та ін. [79], «дискування, порівняно зі звичайним полицевим обробітком на чорноземах типових сприяло зростанню запасів доступної вологи на 80–320 м^3 на 1 га ріллі». Пояснюють таку перевагу «меншими втратами вологи за рахунок зменшення пористості ґрунту, збереження стерні на поверхні поля та поліпшення мікрорельєфу» [166].

В окремих господарствах України добре «зарекомендували себе no-till і strip-till технології, однак сприймати їх як єдине правильне рішення або панацею не варто [70].

На думку С. П. Танчика та ін., [113], найкращі умови для збереження і накопичення доступної вологи в чорноземі типовому забезпечує полицево-безполицева система основного обробітку, яка передбачає поєднання оранки один раз на 4–5 років ротаційного періоду під буряки цукрові і плоскорізного та дискового обробітку – під решту культур сівозміни.

У дослідженнях Білоцерківського НАУ встановлено, що за сівби гірчиці білої запаси доступної вологи у верхньому шарі ґрунту не зазнали істотних змін на різних варіантах обробітку чорнозему типового. В орному шарі істотно

нижчі запаси доступної ґрунтової вологи (на 2,4–2,6 мм) зафіксовані за дискового обробітку та неістотно менші – за чизельно-дискового і диференційованого обробітків порівняно з контролем [30].

Одним із вирішальних факторів вирощування високих урожаїв просапних культур, особливо в зоні нестійкого зволоження, є раціональне і ефективне використання вологи ґрунту. Тому нерідко кількість рослинної фітомаси визначається вмістом у ґрунті доступної вологи, а дослідження водного режиму за умов використання різних видів органічних добрив має важливе значення.

Оптимальна вологість ґрунту для вирощування просапних культур знаходиться у межах 70–80% повної вологоємкості і значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов, внесення добрив, способу та особливостей обробітку ґрунту [183].

У наших дослідженнях забезпеченість орного шару ґрунту вологою у варіантах з використанням різних видів сидеральних сумішок була в середньому на 2,2–2,8% вищою, ніж на контролі (рис. 3.6).

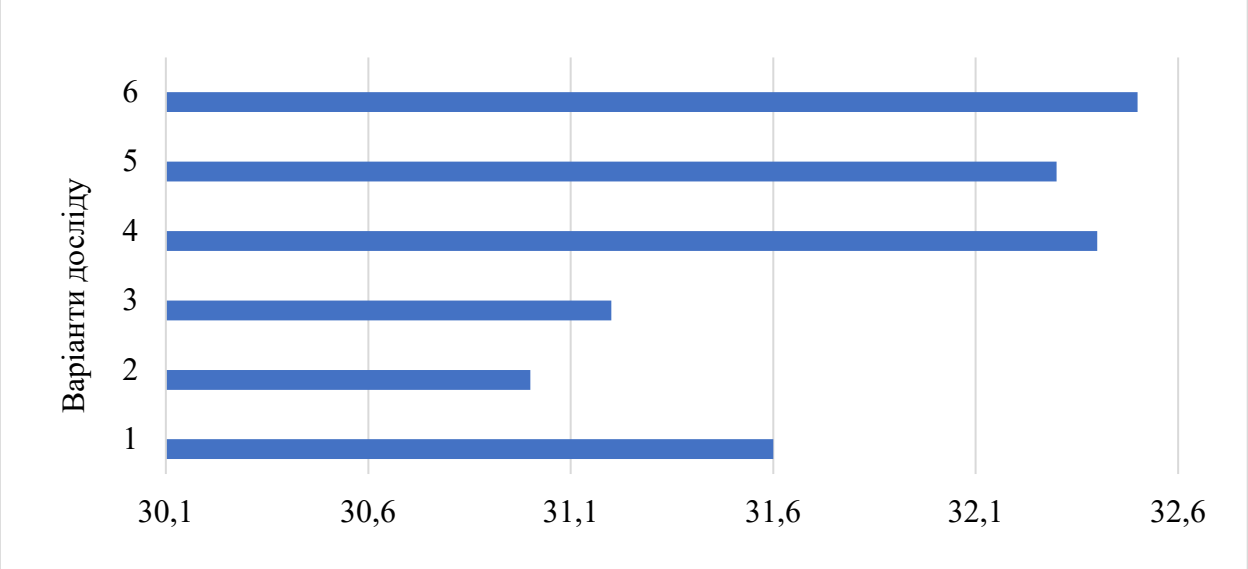

Рис. 3.6. **Запаси доступної вологи в 0–30 см шарі грунту на період зароблення сидератів, мм**

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця + фацелія + вика + льон + суданська трава. $НІР_{05} = F_ф < F_{05}$

Найменша кількість вологи накопичувалася на варіанті застосування соломи + сидерати на 1,8% порівняно з контролем. Незначне зниження запасу доступної вологи спостерігали за сумісного використання соломи + сидертаів + мінеральних добрив порівняно з варіантом з кореневими і стерньовими рештками на 1,2%.

Дослідженнями І. А. Шувар та ін. [142] встановлено, що вплив рослинного покриву на вертикальну міграцію вологи в ґрунті проявлявся в таким чином: в умовах перелогу кількість профільтрованої вологи зменшувалась більш ніж у тричі: за вирощування редьки олійної, гірчиці білої – більш ніж у двічі: картоплі – на 25%. За інтенсивного надходження вологи влітку у вигляді злив, під пшеницею озимою порівняно до чистого пару зменшувалась кількість профільтрованої вологи в 4–5 разів.

Важливе значення в загальних ресурсах вологозабезпечення належить весняним запасам вологи в ґрунті, яка нагромаджується за осінньо-весняний період.

Оптимальні запаси продуктивної вологи для зернових культур становлять 10 мм у шарі 0–10 см упродовж періоду сівба – сходи: 25–30 мм – у шарі 0–20 см у фазах сходи – кущіння: а у метровому шарі (160–180 мм і 120 мм) відповідно до появи сходів та впродовж виходу в трубку до цвітіння [107].

На час сівби кукурудзи в шарі 0–30 см запаси доступної вологи становили 39,2–43,2 мм залежно від варіантів обробітку ґрунту (табл. 3.5).

Застосування безполицевого обробітку ґрунту до 35 см та по технології no-till перевищували запаси доступної вологи порівняно з поверхневим обробітком на 4,7 і 0,9% відповідно.

Найменша кількість вологи накопичувалася на варіанті використання кореневих і стерньових решток пшениці озимої. Перевищення запасу доступної вологи спостерігали за варіанту 6 сівби сидеральних культур (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на фоні безполицевого обробітку до 35 см – на 1,7 мм.

Таблиця 3.5

Запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0–30 см за вирощування кукурудзи на зерно, за 2023–2024 рр., мм

Варіант		Строк спостереження		
Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	на час сівби	6–8 листків	на час збирання
Поверхневий на 6–8 см	1	39,2	30,1	20,6
	2	40,0	31,3	20,8
	3	40,7	31,8	21,2
	4	41,0	32,2	21,9
	5	41,3	31,3	20,6
	6	41,4	30,7	20,5
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	41,5	31,5	21,2
	2	41,8	31,1	20,5
	3	42,4	31,4	20,8
	4	43,1	33,3	21,5
	5	43,0	33,6	22,9
	6	43,2	33,8	22,8
технологія no-till	1	40,4	30,1	20,0
	2	40,6	31,0	20,5
	3	41,7	32,4	21,5
	4	41,0	31,8	21,0
	5	41,5	32,0	21,6
	6	41,3	32,7	21,7
$НІР_{05}$ А		2,2	1,1	0,8
$НІР_{05}$ В		2,5	1,4	0,9

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця + фацелія + вика + льон + суданська трава.

У фазу 6–8 листків кукурудзи тенденція з накопичення і збереження запасу доступної вологи за варіантами досліду аналогічно на період сівби культури.

Перед збиранням урожаю кукурудзи на зерно найвищі запаси доступної вологи в орному шарі відзначено за поверхневого обробітку ґрунту на 6–8 см на 0,4 мм порівняно з технологією no-till, за $НІР_{05}$=0,8 мм.

Істотної різниці на досліджуваних варіантах застосування

солома + сидерати не відзначено. Найбільша кількість вологи на період збирання дрожаю знаходилася на варіантах застосування культур на сидерат (варіанти 5 і 6) в шарі ґрунту 0–30 см знаходилась у межах 20,6–22,9 мм.

На час сходів кукурудзи в шарі (0–100 см) вміст доступної вологи істотно вирізнявся за обробітком ґрунту (табл. 3.6). На початку вегетації кукурудзи варіант безполицевого глибокого розпушення мав істотну перевагу на 2,4% та неістотне зростання за технології no-till порівняно з поверхневим обробітком за $НІР_{05}$=2,3%.

За застосування сидеральних культур на добриво варіанта 6 вміст доступної вологи в метровій товщі ґрунту перевершував контроль на 1,4–2,3%.

На час збирання кукурудзи запаси доступної вологи зменшилися внаслідок використання вологи у процесі вегетації культури і через випаровування її з ґрунту. В кінці вегетації кукурудзи в шарі ґрунту 0–100 см застосування поверхневого обробітку ґрунту призвело до істотного зниження запасів доступної вологи на 2,5 мм за $НІР_{05}$=2,2 мм порівняно з глибоким безполицевим розпушуванням. Найвищі запаси доступної вологи відмічено за застосування варіанта 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на тлі безполицевого глибокого розпушування, що становило 78,5 мм. За застосування варіанта з солома + сидерати запаси доступної вологи у шарі ґрунту 0–100 см виявилися значно меншими на 1,1–2,7 мм порівняно з контролем за $НІР_{05}$=2,6 мм. Варіанти із загортанням культур на сидерат на запаси доступної вологи у метровій товщі ґрунту істотно не впливали.

Значне використання вологи кукурудзою припадає на липень – вересень, що збігається з періодом збирання ранніх зернових культур. У цей період волога, що надходить, повністю використовується рослинами кукурудзи. В агроценозах ранніх зернових культур волога літніх опадів не використовується, а нагромаджується у ґрунті. Встановлено, що розміщення культур післяжнивного вирощування у сівозміні не здійснює негативного

впливу на нагромадження вологи на чорноземах типових упродовж осінньо-зимово-весняного періоду [113].

Таблиця 3.6

Запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0–100 см за вирощування кукурудзи на зерно за 2023–2024 рр., мм

Варіант		Строк спостереження		
Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	на час сівби	6–8 листків	на час збирання
Поверхневий на 6–8 см	1	133,4	73,5	71,5
	2	132,2	71,2	70,4
	3	137,3	76,2	72,5
	4	135,3	74,3	72,6
	5	136,2	75,0	72,1
	6	136,2	75,0	73,0
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	136,0	80,7	74,0
	2	137,2	74,5	72,0
	3	138,9	75,0	74,0
	4	138,8	76,0	74,6
	5	139,0	80,1	74,8
	6	139,2	81,7	78,5
Технологія no-till	1	135,2	74,1	73,0
	2	134,0	73,0	72,0
	3	135,0	75,0	73,1
	4	136,0	79,0	77,3
	5	136,8	79,1	77,0
	6	137,2	80,2	77,2
$НІР_{05}$ А		3,2	2,5	2,2
$НІР_{05}$ В		4,0	2,8	2,6

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця + фацелія + вика + льон + суданська трава.

На думку низки науковців, вирощування сидеральних культур слід розглядати як альтернативний варіант покращення водопоглинаючої та водопропускної здатності ґрунту, оскільки коренева система, проникаючи глибоко в ґрунт, позитивно впливає на структурність, пористість, водотривкість ґрунту і тим самим підвищує його водопроникність [111, 113].

Розрахунки водного балансу чорнозему типового в агроценозі кукурудзи на зерно надають чітку уяву про характер періодично промивного режиму ґрунту дослідної ділянки.

Встановлено, що формування врожайності більшою мірою залежить від кількості опадів упродовж вегетаційного періоду, рівності їх розподілу та запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см (табл. 3.7).

Загальні витрати води надають загальну уяву про використання її з різних статей водного балансу. Коефіцієнт водоспоживання виражається витратами вологи на утворення одиниці сухої речовини. За застосування соломи + сидератів сумісно з мінеральними добривами призводило до зменшення коефіцієнта водоспоживання в агроценозах кукурудзи на 17,7–26,5% порівняно із варіантом побічної продукції пшениці озимої. При використанні культур на сидерат (варіанти 4, 5 і 6) простежується тенденція до зниження коефіцієнта водоспоживання в посівах кукурудзи на 14,1–22,6% за поверхневого обробітку ґрунту, на 26,6 – за безполицевого глибокого розпушування, на 15,7–19,2% – за технології no-till порівняно з контролем.

Найменші витрати вологи на 1 г сухої речовини виявилися за безполицевого обробітку ґрунту – 306 $м^3$/т абсолютно сухої маси.

На отримання більшої на 1 т/га маси основної та побічної продукції кукурудзи з метрової товщі за варіанта солома + сидерати + мінеральні добрива, варіант 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) вологи витрачається менше, ніж за варіанта солома + сидерта і побічної продукції пшениці озимої.

За внесення гною у поєднанні з мінеральними добривами, загортання культур на сидерат, соломою, рослини економніше витрачали вологу – на 28–30% порівняно з варіантом без мінеральних добрив [92].

Дослідження, проведені в Інституті сільського господарства Західного Полісся НААН, відзначили, що запаси доступної вологи під посівами культур сівозміни мають тенденцію до збільшення їх на початку вегетації на фоні

безполицевих систем обробітку ґрунту в шарі ґрунту 0–100 см на 22%, а на прикінці вегетації – на 15% [160].

Таблиця 3.7

Баланс вологи в шарі ґрунту 0–100 см за вирощування кукурудзи перед збиранням врожаю за 2023–2024 рр.

Варіант		Запаси доступної вологи, мм		Випало опадів за період вегетації, мм	Сумарні витрати, мм	Урожайність, т/га	Коефіцієнт водоспоживання, $м^3/т$
Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	початок вегетації	перед збиранням				
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	133,4	71,5	255	317	5,4	587
	2	132,2	70,4	255	317	5,7	556
	3	137,3	72,5	255	320	7,2	444
	4	135,3	72,6	255	318	6,3	504
	5	135,2	72,1	255	319	7,0	455
	6	135,2	73,0	255	318	7,0	454
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	136,0	74,0	255	317	7,6	417
	2	137,2	72,0	255	320	7,8	410
	3	138,9	74,0	255	320	9,0	355
	4	138,8	74,6	255	319	10,4	306
	5	139,0	74,8	255	319	10,4	306
	6	139,2	78,5	255	316	6,9	458
Технологія *no-till*	1	135,2	73,0	255	317	5,2	609
	2	134,0	72,0	255	317	5,7	556
	3	135,0	73,1	255	317	6,2	511
	4	136,0	77,3	255	313	6,1	513
	5	136,8	77,0	255	315	6,3	500
	6	137,0	77,2	255	315	6,4	492

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Отже, використання сумісно солома + сидерати + мінеральні добрива та сидеральних культур (варіант 5 і 6) на фоні безполицевого глибокого розпушування формували найсприятливіші умови для раціонального використання запасів вологи.

3.5. Водопроникність ґрунту

Однією з важливих характеристик ґрунту є його водопроникність, тобто здатність пропускати через себе воду (під впливом сили тяжіння), що надходить з поверхні. Величини цього показника залежать від механічного складу ґрунту, наявності органічної речовини, структури, ущільненості, складу обмінно-увібраних катіонів та вологості.

Як відзначають багато вчених, на родючість ґрунту впливають органічні речовини, підвищення водоутримуючої здатності, покращення аерації. На ділянках і внесенням гною і післяжнивних решток значно зростає швидкість поглинання води.

Серед основних факторів родючості найголовніше місце належить вологозабезпеченості ґрунту. Наші дослідження проходите в зоні нестійкого зволоження, де вологість ґрунту є одним із лімітуючих чинників для рослин. Формуванню високих урожаїв часто перешкоджає нестача вологи.

Найменшу випаровуючу здатність відзначає шар, складений із структурно водотривких агрегатів розміром 0,5–3 мм. Випаровування води із ґрунту такого структурного складу у літній день – становить 11,5 г на 100 см^2 упродовж доби, ґрунт, складений із грудочок розміром 10–50 мм, вологу випаровує за тих самих умов із швидкістю 28,2 г/100 см^2 [18].

Поглинання ріллею вологи та її пересування значно залежить від ущільнення поверхневого шару. Водопропускна здатність орного шару чорноземів за рівноважної щільності близька до критичних значень і не забезпечує всмоктування вологи інтенсивних злив та талих вод [151].

Оброблені чорноземні ґрунти краще вбирають вологу опадів і витрачають її ощадніше. На глибині полицевого обробітку утворюється ущільнений шар (плужна підошва), який перешкоджає проникненню води в глибші горизонти ґрунту. Розпушуванню в шарі ґрунту 30–40 см сприяє коренева система рослин-сидератів, яка поліпшує умови засвоєння ґрунтом

вологи дощів і доступу коріння до вологих горизонтів, що особливо важливо для рослин зони Лісостепу.

Загортання сидеральних культур збільшує в оброблювальному шарі ґрунту вміст водостійких агрегатів, знижує щільність, що сприяє значно кращому водопоглинанню та рівномірнішому розподілу профілям (рис. 3.7).

Використання сумішки сидеральних культур у варіанті 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) сприяло зростанню на 16,3% водопроникності ґрунту впродовж одніє години спостережень порівняно з контролем.

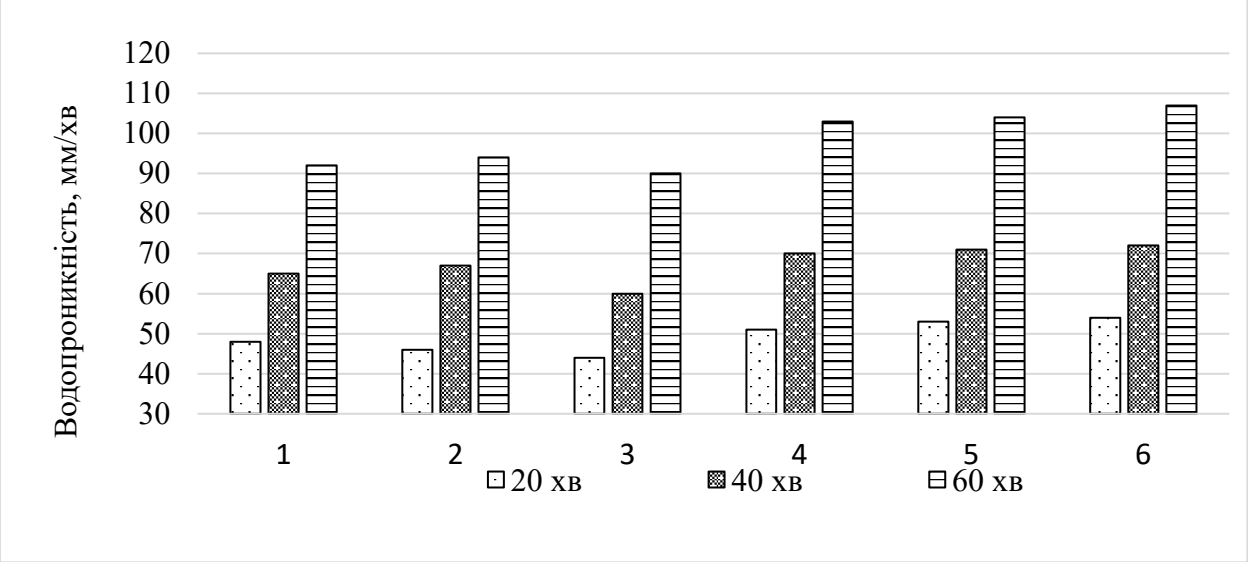

Рис. 3.7. **Водопроникність чорнозему типового під кукурудзою перед проведенням основного обробітку ґрунту за 2023–2024 рр.**

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Водопроникність ґрунту у перші 20 хв спостережень виявилась найвищою за сівби сидеральних культур – 6,2–12,5% та за 40 хв спостережень – на 7,6–10,7% порівняно з ділянкою із кореневими і стерньовими рештками пшениці озимої. Найменша кількість вологи просочилася у ґрунту впродовж 20, 40 і 60 за застосування варіанта з мінеральними добривами.

За літературними даними встановлено, що вирощування сидеральних культур (ґрунт добре був захищений рослинним покривом профільтрованої ґрунтової вологи) її кількість зростала [142].

Отже, наявність рослинного покриву у вигляді сидеральних культур сприяла зростанню вбирання і фільтрації ґрунтової вологи чорноземом типовим.

Як показало дослідження водопроникності ґрунту дослідна ділянка характеризується задовільною, за показниками Н. А. Качинським.

Наземна негуміфікована маса сидеральних культур упродовж усього вегетаційного періоду кукурудзи підтримує кращі ґрунтові умови водно-фізичного стану і живлення рослин, також алелопатичну взаємодію між рослинами у посівах (табл. 3.8).

Під впливом систем основного обробітку ґрунту водопроникність ґрунту змінювалась. Як в перші 20 хв спостережень, так і впродовж 1 год найвищу водопроникність спостерігали у варіанті за поверхневого обробітку на 6–8 см (рис. 3.7). На цьому варіанті у перші 20 хв спостережень було поглинуто 48 мм води, за безполицевого глибокого розпушення – 35 см – удвічі менше.

У наступні часи перевага поверхневого і технології no-till над безполицевим обробітком до 35 см становила 21–23 мм. Згадана залежність зберігалася, а перевага поверхневого обробітку за 40 і 60 хв спостережень досягала відповідно 20 і 32 мм. Водопроникність за поверхневого обробітку на 6–8 см була 1,4–1,9 раза вищою, ніж за безполицевого глибокого розпушування. Варіант технології no-till посів проміжне становище.

Значною мірою на водопроникність впливає обробіток ґрунту, його глибина та інтенсивність. На думку Л. В. Центила [166], ґрунти в природних умовах мають вищі фільтраційні властивості, ніж ті, які тривалий час розорюються. Це зумовлено утворенням плужної підошви, яка не пропускає

воду у глибші горизонти ґрунту, а також втрачена неперервність ґрунтових пор, утворених мезофауною та відмерлим корінням [187].

Таблиця 3.8

Водопроникність чорнозему типового залежно від основного обробітку ґрунту за 2023–2024 рр., мм/хв

Варіант	Час спостережень		
	20	40	60
Поверхневий обробіток на 6–8 см	48	65	87
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	25	45	55
Технологія *no-till*	46	63	80
$НІР_{05}$	4,5	5,2	5,9

Дослідження зв'язку між агрофізичними та водними показниками ґрунту, його ефективної родючості й урожайністю кукурудзи являють певний інтерес для порівнювального оцінювання як індикатора цієї родючості.

Між щільністю ґрунту і запасами доступної вологи кукурудзи на початку вегетації в шарі ґрунту 0–30 см відзначено коефіцієнт кореляції r=–0,66±0,17, рівняння регресії y=2,09–0,023X та в кінці вегетації r=–0,48±0,20, рівняння регресії y=1,647–0,020X, що означає кореляцію обернену із середніми зв'язками.

Отже, поверхневий обробіток на 6–8 см підвищує фільтраційну здатність ґрунту, що є важливим чинником зростання запасів доступної вологи.

У розпушеному ґрунті більша глибина промочування, у щільному – менша і одночас висока ймовірність виникнення поверхневого та горизонтального внутрішньо-ґрунтового стоку. Будь-які перепади щільності у профілі ґрунтів уповільнюють потік вологи. Якщо поверхневий пухкий шар змінюється ущільненим (наприклад, у чорноземі типовому орний шар і плужна підошва), ймовірно, застоювання вологи, тимчасове внутрішньо-

ґрунтове або внутрішньо-агрегатне перезволоження виникає на поверхні ґрунту.

Встановлено неістотний середній зв’язок між загальною пористістю і структурно-агрегатним складом (розмір агрегатів 0,25–10 мм) ґрунту кукурудзи, коефіцієнт кореляції r=0,47±0,20, рівняння регресії y=40,773+0,218x.

Істотний середній зв’язок встановлено між загальною пористістю і запасами доступної вологи на початку вегетації в шарі ґрунту 0–30 см, коефіцієнт кореляції r=0,66±0,17, рівняння регресії y=19,143+0,889x, та неістотний зв’язок в кінці вегетації в шарі ґрунту 0–30 см, коефіцієнт кореляції r=0,48±0,20, рівняння регресії y=36,62+0,763x.

Виявлено неістотний середній зв’язок між урожайністю кукурудзи і запасами доступної вологи на час збирання в шарі ґрунту 0–30 см, коефіцієнт кореляції r=0,41±0,22, рівняння регресії y=–0,743+0,373x, та в шарі ґрунту 0–100 см, коефіцієнт кореляції r=0,38±0,22, рівняння регресії y=–4,058+0,152x.

Між урожайністю кукурудзи і щільністю ґрунту перед збиранням в шарі ґрунту 0–30 см існує неістотний обернений середній зв’язок, коефіцієнт кореляції r=–0,46±0,20, рівняння регресії y=31,50–19,823x.

Встановлено тісний обернений кореляційний зв’язок між щільністю ґрунту і вбиранням вологи за 1 год спостережень. Це означає, що надходження вологи здійснюється тріщинами та великими порами і залежить від щільності r=–0,92±0,17, рівняння регресії y=1,515–0,003x.

Рух води в ґрунті тією чи іншою мірою, опосередковано або прямо зумовлені щільністю ґрунту. Вважається, що розпушений ґрунт швидше звільняється від води, але повніше вбирає її, ніж щільний. Розпушений ґрунт ущільнюється із зростанням надходження вологи, що супроводжується швидким настанням рівноважного стану. Із цим водночас зменшується і надходження вологи у ґрунт. Чим розпушеніший і гірше оструктурений ґрунт, тим значніше згасання вбирання. Якщо пори великі, довше триває

всмоктування, тонкі – менше. Оскільки у ґрунті наявні пори різного розміру, то дрібніші швидше насичуються і заповнюються водою. Значно ущільнений ґрунт і чим менше великих пор він містить, тим швидше завершується фаза вбирання і настає фільтрація.

Висновки до розділу 3

1. На час сівби кукурудзи щільність складення орного шару за технології no-till виявилась вищою від поверхневого обробітку і безполицевого глибокого розпушування. Підвищення щільності з періоду сівби до збирання на всіх варіантах відбулося на 0,03–0,10 г/см^3, з найбільшим значенням на поверхневому обробітку ґрунту. Найвища щільність складення на період збирання кукурудзи (1,21–1,33 г/см^3)виявилась на варіанті із технологією no-till. При застосуванні сумішки сидеральних культур (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) щільність складення ґрунту орного шару 0–30 см виявилася на 0,03 г/см^3 меншою на період загортання сидератів.

2. Встановлено, що період сівби кукурудзи у варіантах обробітку ґрунту та застосування органічних добрив істотної різниці пористості в шарі ґрунту 0–30 см шарі не встановлено. За всіх варіантів досліду у фазу 6–8 листків пористість ґрунту знижувалась на 2,5%, на час збирання врожаю – на 3,1% порівняно з початком вегетації кукурудзи.

3. Варіанти основного обробітку ґрунту виявили значний вплив на процеси оструктурення ґрунту. На варіанті із загортання культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) зростала кількість агрегатів розміром 0,25–10 мм на 6,9% порівняно до контролю. На варіанті технології no-till найбільше міститься агрономічно-цінних часточок, що становить 69,8%. За технології no-till зменшився вміст фракцій розміром менше 0,25 мм на 10,0%. Загортання сидеральних культур і соломи у ґрунт на чорноземах типових сприяє відновленню збереження вмісту водотривких агрегатів.

4. Найсприятливіші умови для накопичення запасів продуктивної вологи в полі кукурудзи відзначено за безполицевого глибокого розпушування та технології no-till. Варіанти безполицевого глибокого розпушування і технології no-till перевищували запаси доступної вологи порівняно з поверхневим обробітком на 4,7 і 0,9% відповідно. Перед збиранням урожаю кукурудзи на зерно найвищі запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0–30 см відзначено за поверхневого обробітку на 0,4 мм порівняно з no-till технологією, за $НІР_{05}$=0,8 мм.

Розділ 4
БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ ПІД ВПЛИВОМ ЙОГО ОБРОБІТКУ ТА СИДЕРАТІВ

4.1. Біологічна активність ґрунту

На сучасному етапі розвитку сільського господарства важливого значення набуває дослідження мікробіологічних процесів у ґрунті, де ґрунтові мікроорганізми відіграють важливу роль у біологічному колообігу речовин. Аналіз біологічної активності ґрунту дає змогу науковцям глибше зрозуміти та виявити закономірності в процесах перетворення органічних речовин, враховуючи антропогенний вплив на ґрунт і його характеристики [143, 185].

Дослідження показали, що на біологічну активність ґрунту впливають не лише його обробіток, а й сівозміни, попередники, добрива та інші фактори. З підвищенням інтенсивності біохімічних процесів зростає продуктивність сільськогосподарських культур, відбувається накопичення органічної речовини в ґрунті, а також поліпшуються його фізико-хімічні властивості та родючість [53, 76].

Відомо, що біологічні характеристики ґрунтів безпосередньо залежать від біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів і функціонування різних еколого-трофічних груп [202, 203]. Біологічна активність ґрунту є важливим показником його родючості, екологічного та фітосанітарного стану. Крім того, мікроорганізми можуть виступати індикаторами екологічного стану ґрунтів, що дає можливість виявити наявність контамінантів, які впливають на певні біологічні процеси, зокрема на інтенсивність виділення вуглекислого газу з ґрунту [76].

Підвищення родючості ґрунтів залежить від наявності органо-мінеральних складових та якості обробітку ґрунту [71].

Визначення біологічної активності ґрунту є важливим показником у процесі моніторингу інтенсивності розкладання органічних речовин, що дає змогу оцінити вплив органічних і мінеральних добрив, а також ефективність

впровадження нових технологічних елементів у вирощуванні сільськогосподарських культур. Крім того, оцінювання біологічної активності ґрунту сприяє оптимізації його поживного режиму та збереженню родючості [53, 149].

Целюлозоруйнівні мікроорганізми здійснюють розклад рослинних решток, складовою яких є целюлоза. Вміст її в рослинах знаходиться в межах 45–80%, а в орному шарі ґрунту її маса становить до 5%, що є суттєвим резервом ґрунтової родючості. Вивільнений вуглець клітковини у вигляді різних сполук бере участь в утворенні органічної речовини ґрунту, а вуглекислий газ, що утворюється, є джерелом колообігу вуглецю у природі та складовою фотосинтезу органічної речовини в живих рослинах [125]. Целюлозоруйнівні мікроорганізми, розкладаючи рослинні рештки, виділяють у середовище окислювальні ферменти, які володіють властивістю синтезувати гумусові речовини із продуктів розкладу цих решток. Такими продуктами є сполуки типу поліфенолів, а також органічні азотисті речовини, амінокислоти [24].

Процес розкладання органічної речовини починається з гідролізу целюлози, яка є складовою оболонок клітин у рослинних рештках. Цукри, які утворюються внаслідок цього, швидко використовуються целюлозними бактеріями з подальшим перетворенням в інші сполуки.

Визначення загальної біологічної активності за ступенем розкладу лляного полотна дає змогу оцінювати інтенсивність та особливості протікання біологічних процесів ґрунту у найбільш загальній інтегрованій формі.

Показники розкладання лляного полотна в ґрунті наведено на рис. 4.1 і 4.2.

Встановлено, що найвищий ступінь розкладу лляної тканини відбувся на варіанті 6 на 48% порівняно з контролем.

Використання соломи сумісно із сидератами (вика + редька олійна) призводило до підвищення розкладу лляної тканини на 10,7% (відносні

значення) порівняно з контрольним варіантом. Застосування солома + сидерати + мінеральних добрив (варіант 3) призводило до підвищення целюлозоактивної діяльності мікроорганізмів на 4,7% порівняно з контрольним варіантом, де використовували кореневі та стерньові рештки пшениці озимої.

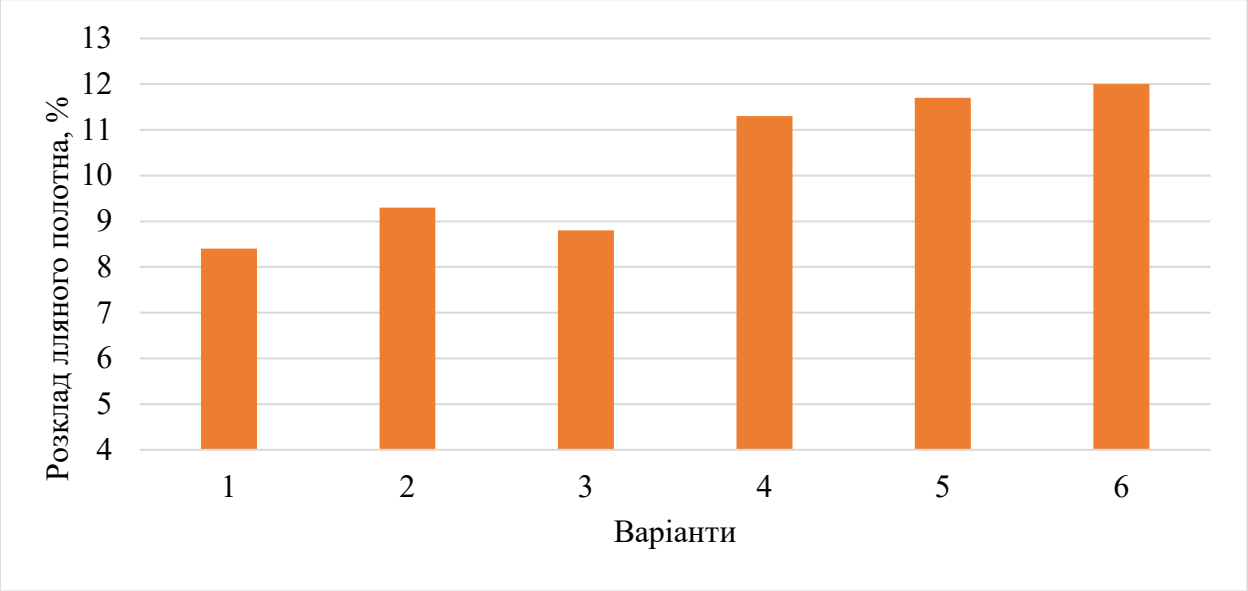

Рис. 4.1. **Розкладання лляного полотна в ґрунті на час загортання сидератів за 2023–2025 рр.,** %

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава $НІР_{05}$=0,4

Застосування культур на сидерат (варіанти 5 і 6) сприяли зростанню розкладу лляної тканини на 34,5 і 39,2% відповідно порівняно з контрольним варіантом.

Основний обробіток ґрунту під кукурудзу на зерно істотно впливав на біологічну активність чорнозему типового (табл. 4.1, дод. В1).

Дослідженнями встановлено, що заходи основного обробітку ґрунту та вирощування культур на сидерати суттєво впливають на активність целюлозоруйнівних бактерій. Найсприятливіші умови складаються для розкладу лляної тканини мікроорганізмами на безполицевому обробітку ґрунту за вирощування культур на сидерат варіант 6. Загортання соломи +

сидерати (вика + редька олійна) в шарі ґрунту 0–10 см сприяло істотному зростанню розкладанню лляної тканини на 8% порівняно з ділянкою, де застосовувалися післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої.

Таблиця 4.1

Інтенсивність розкладання лляної тканини за 45 діб експозиції у ґрунті на період збирання кукурудзи за 2023–2024 рр., %

Варіант		Шар ґрунту, см		
Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	0–10	10–20	20–30
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	22,9	23,8	12,1
	2	25,0	27,2	14,0
	3	25,7	26,0	14,0
	4	26,2	26,7	14,2
	5	26,2	27,0	14,1
	6	26,4	28,9	14,6
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	24,9	25,8	14,3
	2	26,9	30,0	15,5
	3	24,4	26,0	14,2
	4	26,4	29,3	13,3
	5	27,0	30,1	14,5
	6	27,6	30,8	14,7
Технологія *no-till*	1	22,0	24,0	12,8
	2	24,0	26,0	13,7
	3	22,2	25,0	13,0
	4	24,8	26,7	13,0
	5	25,0	27,0	13,4
	6	25,6	27,3	13,8
$НІР_{05}$ А		0,87	1,03	0,86
$НІР_{05}$ В		1,33	1,57	1,32
$НІР_{05}$ АВ		2,30	2,72	2,28

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Застосування технології no-till незалежно від вирощування культур на сидерат у 0–10 см шарі ґрунту призводило до зниження целюлозолітичної активності бактерій.

Процес розкладання органічних речовин починається з гідролізу

целюлози, яка є складовою оболонок клітин у рослинних рештках. Цукри, що утворюються в результаті цього процесу, швидко засвоюються целюлозними бактеріями, які перетворюють їх на інші сполуки. Оцінювання загальної біологічної активності за ступенем розкладання лляного полотна дає змогу визначити інтенсивність та особливості біологічних процесів у ґрунті у найбільш узагальненій формі.

Активність целюлозоруйнівних бактерій у всіх варіантах досліду в шарі ґрунту 10–20 см виявилась більшою порівняно із шаром ґрунту0–10 см. Найнижча біологічна активність відмічена в шарі ґрунту 20–30 см порівняно з 0–10 і 20–20 см.

Застосування поверхневого обробітку забезпечувало меншу активність на 8–15% порівняно з безполицевим розпушуванням до 35 см.

Післядія сидеральних культур проявляється підвищенні біологічної активності ґрунту, сприяючи створенню ідеального середовища для життя корисних мікроорганізмів, які розкладають органічну речовину та забезпечують рослини поживними елементами [42].

Целюлозолітична активність ґрунту характеризується динамічністю впродовж вегетаційного періоду. Вона багато в чому залежить від гідротермічного режиму, регулюється системою обробітку ґрунту й істотно збільшується за внесення органічних і мінеральних добрив [164].

Отже, застосування безполицевого розпушування до 35 см та культур (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на сидерат сприяють підвищенню активності целюлозоруйнівних бактерій чорнозему типового.

Один із ключових показників екологічного стану та життєдіяльності ґрунту – це його біологічна активність. Інтегральним показником цієї активності є обсяг виділеного вуглекислого газу, який свідчить про інтенсивність «дихання» ґрунту та перетворення органічних речовин. Інтенсивність біологічної активності ґрунту, вимірювана за показником

виділення вуглекислого газу, залежить від типу ґрунту, рівня вологості, температури, а також від наявності органічних речовин і співвідношення вуглецю до азоту. Виробництво вуглекислого газу є кількісною характеристикою мінералізації органічних добрив [157].

Результати досліджень (табл. 4.2, дод. В2) свідчать про те, що динаміка інтенсивності дихання ґрунту залежить від гідротермічних умов вегетаційного періоду. Зокрема, найменша кількість виділення CO_2 спостерігається навесні, коли температура ґрунту не перевищує 5–7 ºС, а також в умовах підвищеної вологості, що пригнічує життєдіяльність ґрунтової мікрофлори. З наближенням вегетаційного періоду температура повітря підвищується, ґрунт прогрівається до 10–12 ºС, що активізує біологічні процеси і, відповідно, призводить до збільшення виділення CO_2. Найбільші показники інтенсивності дихання виявлено в літні місяці, коли температура ґрунту досягає +15–20 ºС. У цей період ґрунт затінений рослинами і має достатню кількість продуктивної вологи [113]. Під час збирання кукурудзи на зерно температура повітря знижується, ґрунт охолоджується, а інтенсивність виділення CO_2 поступово зменшується.

Отже, в типових чорноземах процес дихання навесні обмежується температурними умовами, влітку він більше залежить від наявності продуктивної вологи, а восени значно знижується через низькі температури та недостатнє зволоження ґрунту.

Застосування під кукурудзу на зерно безполицевого обробітку ґрунту до 35 см на 5,2–9,4% збільшило виділення CO_2 з поверхні ґрунту порівняно з варіантом поверхневого обробітку ґрунту. Технології *no-till* призводили до істотного зниження інтенсивності дихання у травні на 13,7%, у липні – на 35,0 і у вересні – на 16,6% порівняно з безполицевим обробітком ґрунту. Перевага безполицевого обробітку ґрунту у виділенні CO_2 ґрунтом зумовлена більш швидким його прогріванням ґрунту.

Дослідження засвідчили, що використання культур на сидерат, сумісне

застосування соломи та сидерату впливало на динаміку інтенсивності дихання чорнозему типового.

Таблиця 4.2

Виділення $C–CO_2$ з ґрунту залежно від основного його обробітку та сидератів в полі кукурудзи на зерно, у 2023–2024 рр., мг $CO_2/м^2$

Варіант		Строк спостереження		
Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	травень	липень	вересень
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	230	440	300
	2	222	425	289
	3	226	430	318
	4	224	426	306
	5	230	432	310
	6	233	443	320
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	230	465	340
	2	235	445	333
	3	238	450	335
	4	237	468	330
	5	240	472	338
	6	242	470	340
Технологія no-till	1	205	312	270
	2	207	310	265
	3	208	319	285
	4	204	318	280
	5	208	372	289
	6	210	320	290
$НІР_{05}$ А		22,9	11,7	17,7
$НІР_{05}$ В		$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	13,3

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + вика + овес; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Біологічна активність чорнозему типового в посівах кукурудзи виявилась різною, залежала від внесення соломи та вирощування культур на сидерат. Так, у варіантах, де солому загортали разом із зеленою масою вики та редьки олійної неістотно зменшувалося продукування ґрунтом вуглекислого газу впродовж вегетації культури. Використання (редька олійна + гірчиця біла

+ фацелія + вика + льон + суданська трава) варіанта 6 за безполицевого обробітку ґрунту призводило до зростання виділення ґрунтом CO_2 у травні на 12 мг $CO_2/м^2$, у липні – на 30, у вересні – на 40 мг $CO_2/м^2$ порівняно з поверхневим обробітком ґрунту. За внесення соломи, суміші сидерату (вика + редька олійна) у варіанті 3 за технології *no-till* виділення CO_2 в агроценозі кукурудзи збільшувалося на 3 мг $CO_2/м^2$ у фазі сходів, на 7 – у фазі викидання волоті, на 15 мг $CO_2/м^2$ – у фазі воскової стиглості порівняно до контролю.

У літературних джерелах зустрічаються різні думки щодо впливу глибини оранки на біологічну активність ґрунту. Л. Р. Петренко, В. А. Андрієнко, Н. М. Рідей [128] вважають, що більш сприятливі умови для виділення вуглекислоти складаються у ґрунті, де рослинні рештки та добрива в процесі його обробітку розташовуються ближче до поверхні, що має місце при безполицевому та поверхневому обробітках. Інші автори [20, 109] відмічають позитивний вплив оранки на виділення CO_2 ґрунтом. Вони підкреслюють значне збільшення біогенності нижніх шарів ґрунту на варіантах оранки за рахунок кращої аерації, завдяки тому біологічна активність ґрунту при оранці порівняно з безполицевими обробітками підвищується.

За технології *no-till* та оранки спостерігали активніший розклад лляного полотна. Так, за внесення лише побічної продукції значення досліджуваного показника було 26,3 (*no-till*) та 26,0% (оранка) [125].

Дослідження взаємозв'язку між показниками біологічної активності ґрунту та іншими більш поширеними показниками його ефективної родючості є важливими для порівняльного оцінювання як індикаторів цієї родючості. Проте у ґрунтово-біологічних дослідженнях рідко вдається виявити чітко виражені функціональні залежності, ймовірні зв'язки, зокрема лінійну кореляцію, які є об'єктивною реальністю. Тому їх виявлення та вивчення сприяє підвищенню об'єктивності, повноти та точності висновків.

Наші спостереження виявили несуттєвий середній зв'язок між

виділенням вуглекислого газу у фазі сходів і запасами доступної вологи (r=0,62±0,19), а також на період збирання врожаю (r=0,32±0,24) (табл. 4.3). Встановлено несуттєвий слабкий зв'язок між інтенсивністю виділення CO_2 із ґрунту і запасами доступної вологи у фазі викидання волоті (r=0,13±0,25).

Показник нітрифікаційної здатності суттєво відображає родючість та рівень окультуреності ґрунту. Ефективне протікання нітрифікаційних процесів забезпечує сприятливі умови для існування мікроорганізмів і вищих рослин [113].

Таблиця 4.3

Залежність між показниками біологічної активності ґрунту і запасами доступної вологи

x	y	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії
Запаси доступної вологи у шарі ґрунту в 0–100 см: у фазі сходів	Виділення CO_2	r=0,62±0,19	У=–785,6+8,030x
у фазі викидання волоті	Виділення CO_2 у фазі викидання волоті	r=0,13±0,25	У=351,43+0,686x
на період збирання врожаю	Виділення CO_2 на період збирання врожаю	r=0,32±0,24	У=182,1+1,69x

Вирощування сидератів, окрім збагачення ґрунту органічними речовинами, дає змогу цілеспрямовано впливати на ґрунтово-мікробіологічні процеси та пов'язаний з ними обіг елементів мінерального живлення у складній системі ґрунт – добриво – рослина. Мульча, внесена в пару, створює умови для закріплення азотних сполук мікробним комплексом, який відповідає за розкладання органічних речовин. Вона також уповільнює процеси нітрифікації в першу половину літа та отримує надмірне залучення поживних речовин у колообіг. Це, своєю чергою, зменшує їх втрати не лише через водну та вітрову, а й біологічну ерозію ґрунту [114].

Дослідженнями встановлено, що показник нітрифікаційної здатності в шарі ґрунту 0–20 см змінювався від 17,5 до 23,3 мг/кг (рис. 4.2).

З найвищою нітрифікаційною здатністю виявився варіант 6 з використанням культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава), що становила 23,3 мг/кг ґрунту. Внесення соломи і використання культур на сидерати підвищувало нітрифікаційну здатність на 10,8% порівняно з контрольним варіантом. При поєднанні на варіанті соломи, сидератів і мінеральних добрив нітрифікаційна здатність зростала на 29,7% порівняно з контролем.

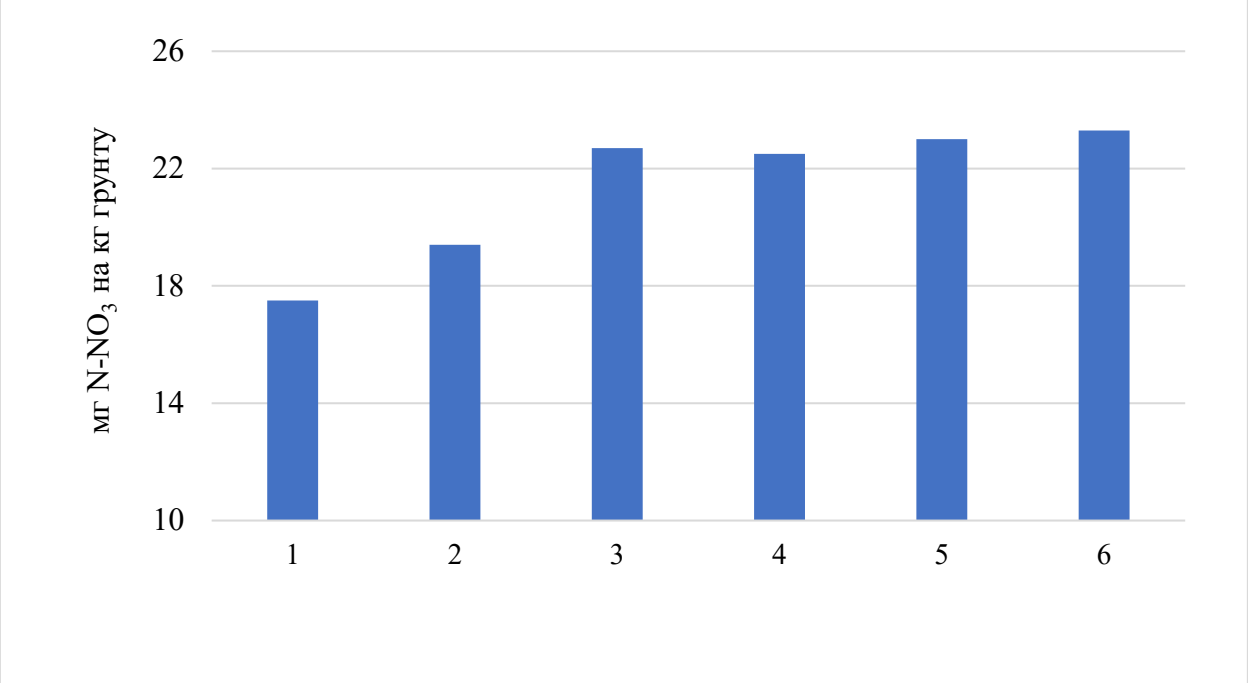

Рис. 4.2. **Нітрифікаційна здатність шару ґрунту 0–20 см залежно від загортання сидератів** за 2023–2024 рр.

Примітка: 1–післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2–солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Отже, застосування різних культур на сидерат, соломи і мінеральних добрив на період загортання їх покращувало нітрифікаційну здатність порівняно з варіантом використання післяжнивних та кореневих решток.

Результати досліджень, наведені на рис. 4.3, свідчать, що технологія *по-*

till порівняно з поверхневим обробітком ґрунту викликала зниження нітрифікаційної здатності в шарі ґрунту0–20 см.

За безполицевого обробітку ґрунту основна маса останніх зосереджена у верхній частині орного шару, при цьому відбулося підвищення нітрифікаційної здатності.

Висока здатність ґрунту до нітрифікації в верхній частині оброблюваного шару призводить до накопичення нітратів, що може сприяти їх переміщенню вниз разом із ґрунтовою вологою.

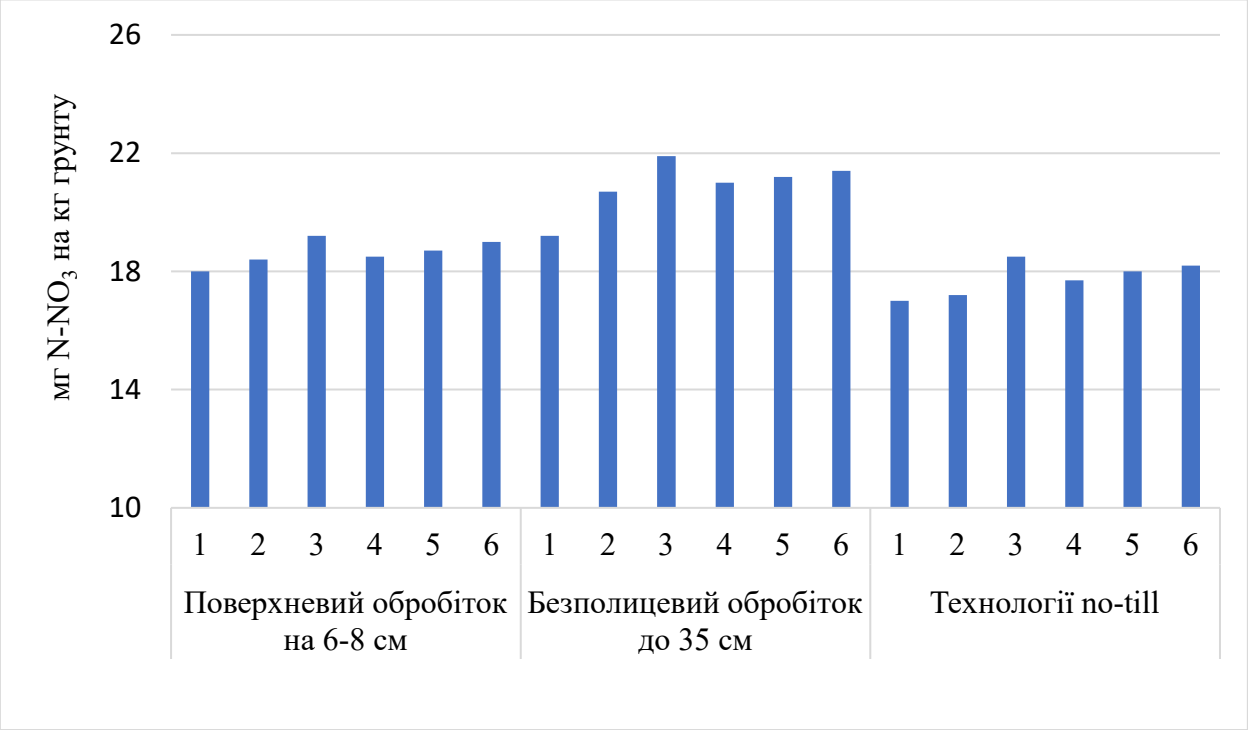

Рис. 4.3. **Нітрифікаційна здатність шару ґрунту 0–20 см залежно від основного обробітку та сидератів за 2023–2024 рр.**

Примітка: 1–післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 –солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Найвищий показник нітрифікаційної здатності спостерігали за безполицевого обробітку ґрунту на фоні загортання соломи, вирощування культур на сидерат і внесення мінеральних добрив, що становило 21,9 мг N–NO_3 кг ґрунту. На цьому варіанті обробітку ґрунту на фоні вирощування культур на сидерат (варіанти 4 і 5) нітрифікаційна здатність зростала на 1,8–

2,0 мг $N–NO_3$ кг ґрунту порівняно з контролем.

Використання технології *no-till* призводило до зниження нітрифікаційної здатності чорнозему типового порівняно з поверхневим обробітком на 4,8% і безполицевим обробітком – на 15,3%.

Таким чином, застосування безполицевого обробітку ґрунту порівняно з варіантом поверхневого обробітку сприяє збільшенню на 12,3 % нітрифікаційної здатності у шарі ґрунту 0–20 см чим знижує вірогідність внутрішньоґрунтової міграції нітратів за межі кореневмісного шару. Високим позитивним ефектом володіють варіанти використання культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) та солома + сидеральні культури + мінеральні добрива. Застосування елементів технології вирощування кукурудзи на зерно дає можливість регулювати процес накопичення нітратного азоту в ґрунті.

4.2. Чисельність мікроорганізмів

Чисельність фізіолого-таксономічних груп мікробіоти є невід’ємною характеристикою за комплексного аналізу мікробного ценозу ґрунту, встановлення принципів формування трофічних зв’язків і спрямованості ґрунтово-мікробних процесів [127].

У чорноземах загальна чисельність і видовий склад мікроорганізмів залежать від погодно-кліматичних умов вирощування культур, рівня застосування мінеральних добрив і засобів захисту рослин, агротехнічних заходів. Зміни ступеня впливу заданих факторів на ґрунт істотно позначається на життєдіяльності мікрофлори і продуктах її метаболізму [159, 197].

Використання безполицевих обробітків, при цьому зберігаючи стерню та рослинні рештки на поверхні ґрунту разом з органічними та мінеральними добривами, стимулює створенню сприятливих умов для мікробіологічних процесів, зокрема для накопичення гумусу. Згідно з даними А. Д. Балаєва та О. Л. Тонхи та ін. [6], за безполицевого обробітку коефіцієнти гуміфікації

рослинних решток підвищуються на 20–30%, а процеси їх мінералізації сповільнюються порівняно з полицевим обробітком.

Як вважає Л. І. Нікіфоренко, О. І. Прядко [117], за чизельного обробітку знижується мікробіологічна активність у ґрунті, змінюється груповий склад мікроорганізмів, зменшується кількість нітрифікаторів і погіршуються умови мінерального живлення рослин.

Сприятливі умови для життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів створюються за спільного виконання безполицевого і полицевого обробітків у сівозміні [175].

Обробіток ґрунту без обертання скиби у північних регіонах України суттєво збільшує чисельність усіх груп мікроорганізмів у верхньому шарі ґрунту (0–20 см), хоча загалом спостерігається зниження їх кількості порівняно з оранкою на глибину 22–27 см, а особливо – на 30–40 см у нижній частині 40-сантиметрового шару ґрунту [39].

Для збереження природного та досягнення розширеного відтворення ґрунтової родючості, що забезпечує стабільне зростання врожайності сільськогосподарських культур, передусім потрібне внесення органічних добрив у тій чи іншій формі. Тільки вони можуть компенсувати втрати органічної речовини, пов’язані з його мінералізацією та відчуженням з основною і побічною продукцією. Збагачення ґрунту органікою супроводжується активізацією діяльності мікроорганізмів різних груп та у ґрунті, що беруть участь у процесах її перетворення і визначають спрямованість процесів формування та підтримки гумусового балансу [216].

Аналіз мікроценозу чорнозему типового під впливом обробітку ґрунту і вирощування культур на сидерат наведено у табл. 4.4.

Упродовж 2023-2024 рр. досліджень було встановлено, що в процесі обробітку ґрунту формується біологічно різноманітний оброблюваний шар, в якому мікроорганізми розподілені нерівномірно в різних його частинах. Спостерігається зменшення чисельності всіх груп мікроорганізмів у міру

заглиблення в профіль ґрунту, що пов'язано зі змінами в повітряному, тепловому та водному режимах, а також зі збільшенням щільності ґрунту на глибині. Поверхневий обробіток порівняно з безполицевим чизельним розпушуванням, сприяв активному розвитку мікроорганізмів в шарі ґрунту 0–10 см.

Таблиця 4.4

Чисельність мікроорганізмів у чорноземі типовому під впливом основного обробітку ґрунту і культур, вирощуваних на сидерат за 2023–2024 рр., шт./г сухого ґрунту

Варіанти сидеральних культур	Шар ґрунту, см	Бактерії МПА	Мікро-організ-ми на КАА	Гриби	Акти-номі-цети	Коеф. мінера-лізації КАА:МПА
Безполицевий обробіток на 33–35 см						
Післяжнивні та кореневі рештки	0–10	$0{,}76\cdot10^{7}$	$1{,}60\cdot10^{7}$	$3{,}0\cdot10^{3}$	$3{,}1\cdot10^{6}$	2,10
	10–20	$2{,}90\cdot10^{6}$	$6{,}0\cdot10^{6}$	$2{,}0\cdot10^{3}$	$2{,}7\cdot10^{3}$	2,06
Солома + сидерати (вика + редька олійна)	0–10	$1{,}10\cdot10^{7}$	$2{,}0\cdot10^{7}$	$3{,}0\cdot10^{3}$	$5{,}2\cdot10^{6}$	1,81
	10–20	$0{,}78\cdot10^{7}$	$1{,}4\cdot10^{7}$	$2{,}9\cdot10^{3}$	$3{,}1\cdot10^{6}$	1,79
Редька олійна + гірчиця біла + фа–целія +вика + льон + суданська трава	0–10	$1{,}24\cdot10^{8}$	$3{,}4\cdot10^{8}$	$5{,}8\cdot10^{3}$	$4{,}0\cdot10^{7}$	2,74
	10–20	$0{,}64\cdot10^{7}$	$1{,}58\cdot10^{7}$	$3{,}0\cdot10^{3}$	$5{,}0\cdot10^{6}$	2,46
Поверхневий обробіток ґрунту на 6–8 см						
Післяжнивні та кореневі рештки	0–10	$1{,}10\cdot10^{7}$	$2{,}1\cdot10^{7}$	$3{,}9\cdot10^{3}$	$9{,}5\cdot10^{6}$	1,90
	10–20	$2{,}90\cdot10^{6}$	$5{,}5\cdot10^{6}$	$2{,}4\cdot10^{3}$	$2{,}8\cdot10^{3}$	1,89
Солома + сидерати (вика + редька олійна)	0–10	$1{,}15\cdot10^{7}$	$2{,}5\cdot10^{7}$	$4{,}5\cdot10^{3}$	$6{,}0\cdot10^{6}$	2,17
	10–20	$0{,}80\cdot10^{7}$	$1{,}5\cdot10^{7}$	$3{,}1\cdot10^{3}$	$4{,}7\cdot10^{6}$	1,87
Редька олійна + гірчиця біла + фа–целія +вика + льон + суданська трава	0–10	$2{,}06\cdot10^{8}$	$5{,}2\cdot10^{8}$	$7{,}5\cdot10^{3}$	$7{,}4\cdot10^{7}$	2,52
	10–20	$0{,}60\cdot10^{7}$	$1{,}3\cdot10^{7}$	$3{,}7\cdot10^{3}$	$5{,}4\cdot10^{6}$	2,16

Завдяки використання цієї технології верхній шар ґрунту протягом усього вегетаційного періоду залишався більш багатим на мікроорганізми. Це пояснюється наявністю значної кількості рослинних решток, а також

сприятливими температурними умовами, вищим рівнем вологості та добрим доступом кисню.

Варто зазначити, що за поверхневого обробітку ґрунту шар ґрунту 10–20 см стає збідненим на мікрофлору. Так, чисельність мікроорганізмів, виявлених на крохмально-аміачному агарі, зменшується на 8,3–17,7%; бактерій – на 6,2; актиноміцетів – на 10% у порівнянні з безполицевим обробітком.

Загортання культур на сидерат впливало на вміст органічних речовин у ґрунті, що, своєю чергою, призводило до змін у структурі комплексу ґрунтових мікроорганізмів. Додавання свіжої органічної речовини до ґрунту збільшувало його біогенність на 12–27%.

Зростання чисельності мікроорганізмів, які асимілюють мінеральні форми азоту (КАА), спостерігалося в ґрунті за варіанта (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава). При заорюванні згаданої сидеральної суміші простежується значне підвищення активності амоніфікуючих мікроорганізмів, актиноміцетів. Зростання чисельності мікроорганізмів цих груп забезпечує більший притік мінерального азоту в ґрунт. Спільне внесення компонентів гірчиці білої і редьки олійної, що повільно розкладаються, з легкогідролізованим бобовим компонентом – викою сприяло більш швидкому засвоєнню цих органічних речовин ґрунтовими мікроорганізмами та підвищувало швидкість їх мінералізації.

Після загортання соломи та сидеральних культур (вика + редька олійна) спостерігалося збільшення чисельності грибів і амоніфікаторів. Однак, через недостатню кількість азоту в хімічному складі сидеральної суміші, розкладання рослинної маси відбувалося повільніше порівняно з контролем. Це є негативним фактором, оскільки мікроорганізми компенсуватимуть нестачу азоту через мінералізацію гумусових сполук. Тому після заорювання зеленої маси, в якій наявна побічна продукція зернових культур, потрібно вносити додаткові азотні добрива.

Збільшення загальної чисельності бактерій і збагачення видового складу

актиноміцетів свідчило про активізацію мінералізаційних процесів та більш інтенсивний характер перетворень.

Автори дослідження [45] загалом дійшли висновку, що вплив біомаси сидеральних культур призвів до збільшення загальної чисельності та видового розмаїття мікроорганізмів, а також до збагачення ґрунту рухомою органічною речовиною. Найбільш сприятливий мікробіологічний режим спостерігався у варіанті з використанням гірчиці білої та озимої вики, де в процесі розкладання рослинної маси трансформація азоту і вуглецю відбувалася більш збалансовано. Активізація життєдіяльності всіх трофічних груп мікроорганізмів після заорювання добрив створювала оптимальні умови для синтезу органічної речовини.

Про підвищення мобілізаційних процесів на сидеральних варіантах можна судити за співвідношенням між мікроорганізмами, зафіксованими на КАА і МПА (коефіцієнт мінералізації). Згідно з отриманими даними на сидеральних варіантах порівняно з варіантом післяжнивних і кореневих решток, цей показник вищий на 14,2–32,6% для поверхневого обробітку і на 19,4–30,4% – для безполицевого. Щодо абсолютних значень коефіцієнтів мінералізації, то їх величина, незалежно від використаних культур на сидерат, на 4–19% менша за поверхневий обробіток. Таким чином, мікробіоценоз, що сформувався в типовому чорноземі за безполицевого розпушування, сприяє підвищенню мінералізації органічної речовини, тоді як поверхневий обробіток гальмує ці процеси.

4.3. Біохімічні процеси у ґрунті

Одним із найважливіших чинників, що сприяють підвищенню врожайності та родючості ґрунту, є розробка і впровадження науковообґрунтованого чергування культур у сівозмінах. Цю проблему слід розвязувати з урахуванням можливостей хімічної взаємодії, оскільки рослини завдяки виділенню продуктів розкладу рослинних решток можуть як

позитивно, так і негативно впливати на наступну культуру. Ґрунт є середовищем, в якому відбувається механізм взаємодії та накопичення фізіологічно активних речовин [217].

У наукових дослідженнях вплив негуміфікованої органічної речовини визначається через виділення рухомих органічних сполук. Ступінь їх виділення оцінюється за оптичною густиною екстрактів, загальним вмістом фенольних сполук, фенолкарбонових кислот та амінокислот.

Дані, отримані під час вегетації кукурудзи за впливу різних видів та застосованого методу основного обробітку ґрунту, свідчать про оптичну густину екстрактів. Найвища оптична густина виділених екстрактів спостерігалася на стадії формування 6–8 листків кукурудзи, після чого відбулося її зниження до періоду достигання зерна.

Окисно-відновні процеси, що відбуваються в ґрунті, є ключовими для визначення вмісту та складу хімічних елементів у ньому. Цей процес залежить від достатності ґрунту, тоді як хімічний склад може як сприяти, так і перешкоджати змінам потенціалу в бік підвищення або зниження.

Внесення у ґрунт різних речовин або накопичення фізіологічно активних сполук можуть стимулювати або пригнічувати розвиток мікрофлори, при цьому не беручи участі в окисно-відновних реакціях, вони здатні підвищувати окисний потенціал ґрунту. З наукових джерел відомо, що як низький потенціал, що виникає внаслідок інтенсивних відновних реакцій, так і високий його рівень призводить до накопичення сполук з елементами вищого ступеня окиснення. Це створює несприятливі умови та знижує продуктивність сільськогосподарських культур [34].

Застосування безполицевого та поверхневого обробітків ґрунту сприяли збільшенню оптичної густини екстрактів порівняно з технологією *no-till* на 8,1% перед сівбою, на 4,6% – у фазі 6–8 листків кукурудзи. Оптична густина екстрактів на варіантах досліду у фазу 6–8 листків кукурудзи і на період сівби за періодами визначення істотно не відрізнялися між собою (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Оптична густина екстрактів залежно від обробітку ґрунту і сидерації за 2023–2024 рр., 465 нм

Варіант		Строк визначення		
Обробіток ґрунту, А	Сидерація, В	перед сівбою	6–8 листків	перед збиранням
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	0,6	0,7	0,9
	2	0,7	0,7	0,6
	3	0,8	0,8	0,7
	4	1,0	0,9	0,9
	5	1,2	1,1	0,9
	6	1,3	1,2	1,0
Безполицевий обробіток на 33–35 см	1	0,6	0,6	0,7
	2	0,7	0,7	0,6
	3	0,8	0,9	0,9
	4	0,9	0,8	0,8
	5	1,2	1,1	0,9
	6	1,4	1,3	1,2
Технологія *no-till*	1	0,5	0,6	0,9
	2	0,6	0,6	0,5
	3	0,9	0,9	0,7
	4	0,9	0,9	0,7
	5	1,1	1,1	0,9
	6	1,2	1,1	0,9
$НІР_{05}$ А		0,04	0,04	0,03
$НІР_{05}$ В		0,06	0,07	0,05

Примітка: 1–післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 –солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Окисно-відновний стан ґрунту впливає на ґрунтоутворення, регулюючи процес деструкції органічних решток, темпи нагромадження і характер гумусових речовин, а також рухомість та біологічну доступність поживних речовин (сполук нітрогену і фосфору, мікроелементів) у системі ґрунт – рослина [40].

Окисно-відновні умови значно впливають на життєдіяльність ґрунтових

мікроорганізмів, зокрема азоттрансформуючих. Наприклад, бульбочкові бактерії припиняють свій ріст за підвищення Eh до 500 мВ. Оптимальні окисно-відновні умови для нітрифікації становлять 350–500 мВ, тоді як для денітрифікації – менше 350 мВ [138].

Такі наукові підходи до окисно-відновних процесів у ґрунті спонукали до дослідження окисно-відновного потенціалу (ОВП) ґрунту під впливом основного обробітку та сидератів (рис. 4.4).

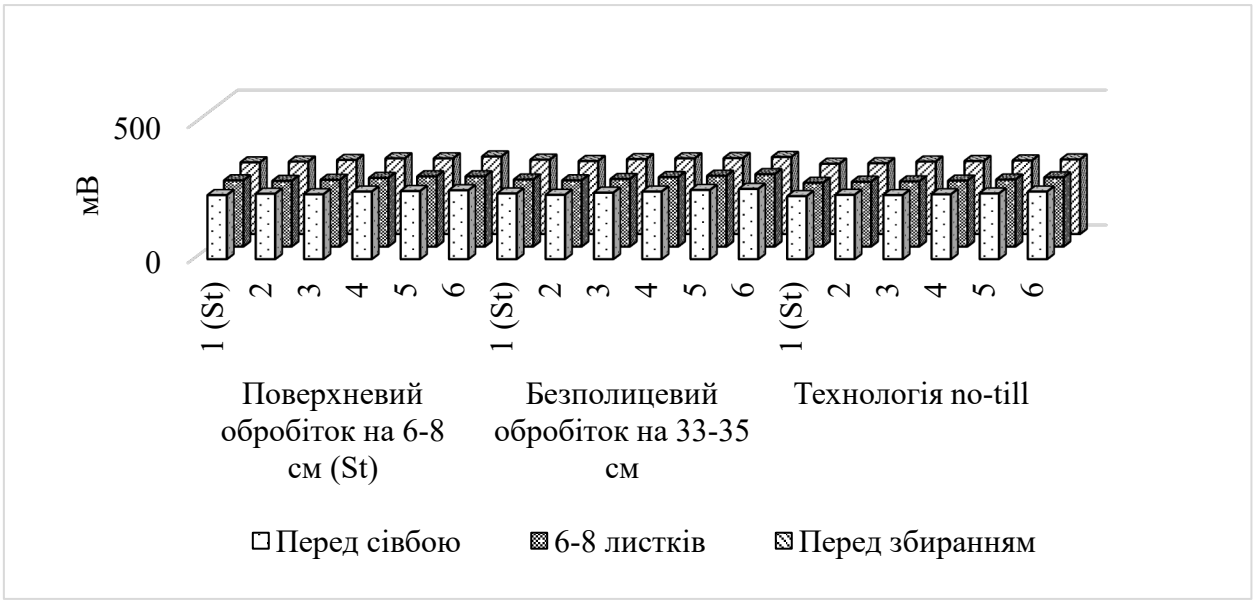

Рис. 4.4. **Окисно-відновний потенціал чорнозему типового залежно від обробітку ґрунту та сидератів, за 2023–2024 рр., мВ**

Примітка: 1–післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Сидеральні культури, і передусім варіант 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава), а також варіант використання побічної продукції сумісно із сидератами і мінеральними добривами, помітно підвищували окисно-відновний потенціал ґрунту, що зумовлювалось інтенсивністю розкладу органічної маси. Так, застосування сидеральних культур (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) сприяло збільшенню окисно-відновних процесів чорнозему типового порівняно з контролем на 7,5–6,9% перед сівбою, на 6,1–8,4 – 6–8 листків та

на 3,6–8,6% – перед збиранням кукурудзи.

Загортання сумісно соломи і сидератів сприяло підвищенню окисно-відновлюваного потенціалу чорнозему типового за поверхневого обробітку на 1,1–2,1%, за технології *no-till* – на 1,6–2,1% порівняно із застосуванням післяжнивних та кореневих решток.

Безполицевий і поверхневий обробіток порівняно з технологією *no-till*, стимулювали окисно-відновний потенціал ґрунту на 2,5–3,3% перед сівбою, на 2,8–4,5 – у фазу 6–8 листків кукурудзи, на 2,6–3,7% – у період збирання врожаю.

Зростання окисної здатності ґрунту на кінець вегетації кукурудзи свідчить про зменшення кількості вільних органічних речовин, тобто розклад рослинної маси досяг максимуму.

Як показали дослідження вчених [138] негуміфіковані органічні речовини, що утворюються за застосування сидератів, активізують окисно-відновні процеси у ґрунті впродовж усього періоду вегетації. Порівняно з контролем, окисно-відновний потенціал ґрунту з приораною біомасою на варіантах 4, 5 і 6 зростав на 7–17 мВ у фазу 6–8 листків, на 12–22 мВ – на період збирання врожаю кукурудзи.

Отже, сприятливі окисно-відновні умови створюються за застосування безполицевого обробітку ґрунту та заробляння культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава). Окисно-відновний потенціал є інтегральним показником оцінювання стабільності окисно-відновних процесів ґрунту, які впливають на його екологічність у системі ґрунт – рослина.

У хімічній взаємодії рослин у агроценозах важливе значення належить фенольним сполукам, що входять до складу органічних речовин у ґрунті.

Застосування методів спиртового та водно-ацетонового екстрагування дало змогу виявити фенольні сполуки в процесі розкладу накопиченої органічної маси (рис. 4.5, дод. В3).

Дослідженнями встановлено, що максимальна кількість фенолу, отриманого при десорбції в Н, утворюється з водним ацетоном за допомогою обмінної смоли КУ/2,8. Ми вважаємо, що цей розчинник сприяє кращому вивільненню гідрофільних і субгідрофільних фенольних сполук із ґрунту, дозволяючи їм негативно дифузувати в ґрунтовий розчин.

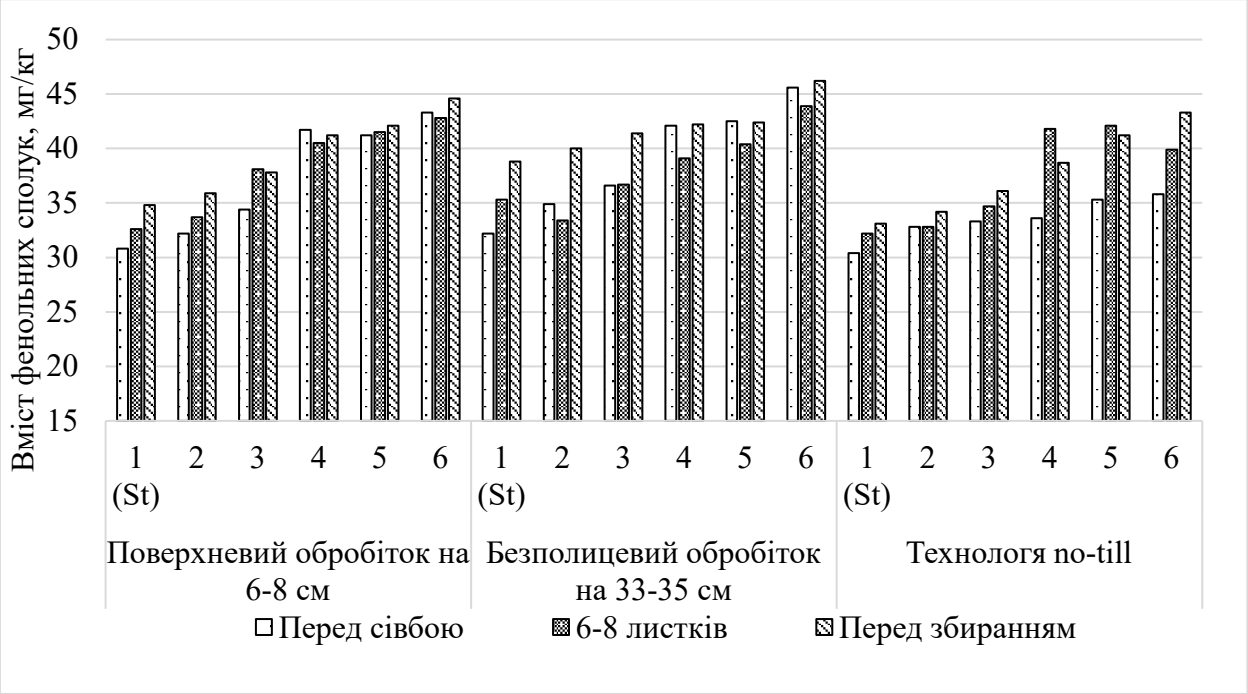

Рис. 4.5. **Вміст фенольних сполук у ґрунті залежно від його обробітку ґрунту та сидератів, (спиртові + водно-ацетонові), за 2023–2024 рр.** мг/кг
Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава

Аналіз результатів досліджень показав, що вміст фенольних сполук у ґрунті залежить від типу органічної речовини та основного обробітку ґрунту.

Найбільший вміст фенольних сполук виявлено за застосування безполицевого обробітку ґрунту. Так, за такого обробітку вміст фенольних сполук перевищував на 4,5% на період сівби кукурудзи, на 0,5 – у фазу 6–8 листків, на 6,0% – на період збирання врожаю порівняно з поверхневим обробітком. Вміст фенольних сполук за технології *no-till* порівняно з контролем знижувався на 9,9 % у період сівби кукурудзи, на 2,6 % – у фазу 6–8 листків і на 4,3% – перед збиранням врожаю.

Загальний вміст фенольних сполук у ґрунті повністю залежить від кількості внесених сидератів та ступеня їх розкладання, причому процес розкладання сидеральних культур найактивніший на другому етапі визначення – у фазу 6–8 листків кукурудзи.

Згідно з думкою деяких дослідників[112], кількість фенольних сполук під пшеницею озимою перевищує їх вміст під житом озимим та кукурудзою.

Згідно з літературними джерелами, використання сидеральних рослин родини *Brassicaeae* і глибокого розпушування сприяють прискоренню процесів деградації та окиснення післяжнивних решток.

Найбільший вміст фенольних сполук у чорноземі типовому спостерігали за варіанта використання культур (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на сидерат.

Із застосуванням культур на сидерат під кукурудзу на зерно простежується накопичення фенольних сполук у ґрунті. Так, за використання культур (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на сидерат вміст фенольних сполук у ґрунті значно збільшився на фоні безполицевого обробітку на 13,4 мг/кг перед сівбою, на 8,6 – у фазу 6–8 листків кукурудзи, і на 7,4 мг/кг – перед збиранням порівняно з варіантом післяжнивних та кореневих решток, що досягало 45,6; 43,9 і 46,2 мг/кг ґрунту відповідно. На варіанті загортання сидерату (редька олійна + вика) + мінеральні добрива за строком визначення на фоні безполицевого обробітку становив відповідно 34,9; 33,4 і 40,0 мг/кг ґрунту, що на 13,6; 3,9 і 6,7% більше, ніж у контрольному
варіанті.

При використанні культур на сидерат (варіанти 4 і 5) вміст фенольних сполук у чорноземі типовому мав тенденцію до зростання в середньому на 5,1–13,2 мг/кг ґрунту порівняно з контролем.

Отже, найвищий вміст фенольних сполук спостерігали за використання культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон +

суданська трава) на фоні безполицевого обробітку ґрунту. На період збирання кукурудзи вміст фенольних сполук у чорноземі типовому значно зріс – на 8,4% порівняно з початковим періодом росту кукурудзи.

Ключовим показником біологічної активності ґрунту є вміст вільних амінокислот. Вони активно залучені до процесів гумусоутворення, виконують роль елемента біологічного колообігу азоту в ґрунті, а також є стимулятором та інгібітором росту рослин.

Багато спостережень та експериментів свідчать про те, що рослини на різних стадіях органогенезу по-різному реагують на вплив чинників навколишнього середовища. Кожна рослина має свій критичний період щодо певного фактора, а своєчасно проведені агрономічні заходи можуть значно зменшити негативні наслідки абіотичних чинників, включаючи стресові ситуації. До таких агрозаходів належать обробіток ґрунту, внесення добрив, використання культур на сидерат, обприскування посівів регуляторами росту та розчинами мікроелементів [1].

Амінокислоти в ґрунті утворюються внаслідок кореневих виділень рослин, розкладу білкових сполук рослинних решток та діяльності мікроорганізмів. Вони слугують джерелом азотного живлення для вищих рослин і мікроорганізмів [220].

Амінокислоти у процесі хімічної взаємодії рослин можуть впливати на формування специфічної мікрофлори. Наявність амінокислот у ґрунті значно залежать від інтенсивності життєдіяльності мікроорганізмів. Активація мікробіологічної діяльності відбувається завдяки внесенню у ґрунт поживних речовин, які сприяють накопиченню вільних амінокислот у ґрунті [42, 208].

Загортання культур на сидерат по-різному впливали на кількість амінокислот у ґрунті впродовж вегетації кукурудзи. За використання чизельного розпушування та закладенні восени органічної маси сидератів, що слугували зеленим добривом, вміст амінокислот у ґрунті виявився найвищим на варіанті 6 на всіх етапах його визначення. Ця закономірність вмісту

амінокислот за різних способах загортання негуміфікованої маси пояснюється більш рівномірним та глибшим їх розміщенням у профілі ґрунту (рис. 4.6).

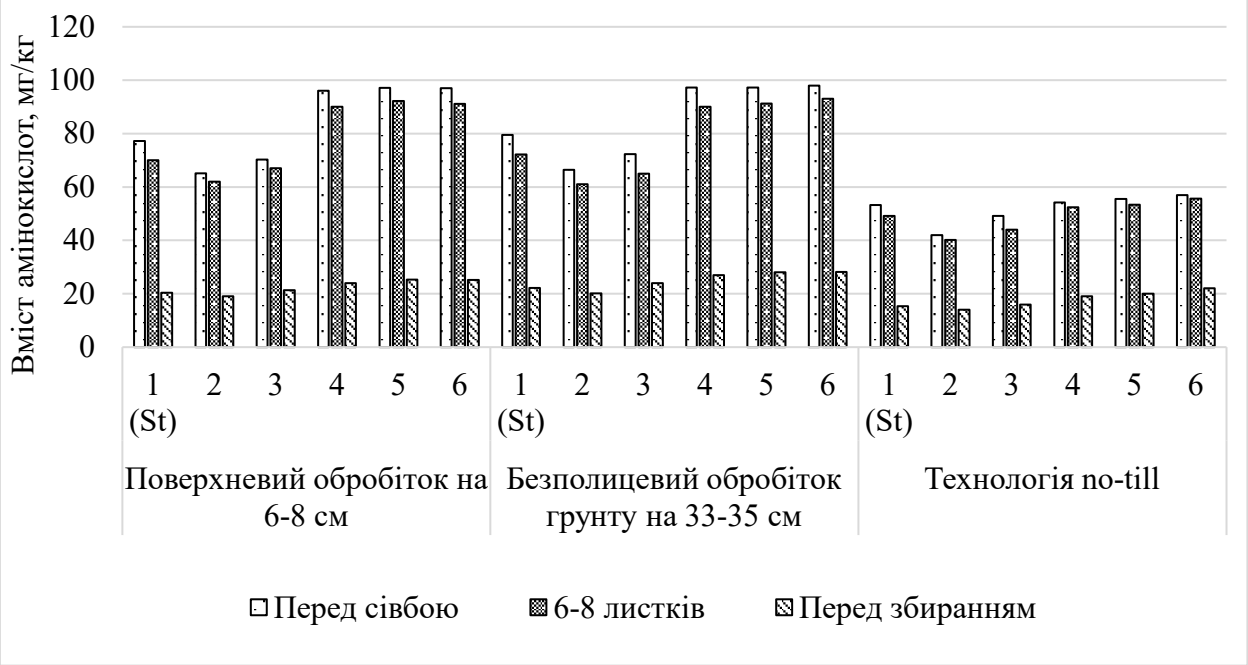

Рис. 4.6 **Вміст амінокислот у ґрунті залежно від основного його обробітку та сидератів, за 2023–2024 рр.**

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

За використання культур на сидерат (варіанти 5 і 6) спостерігається зростання вмісту амінокислот у ґрунті: на безполицевому обробітку – на 0,8% перед сівбою, на 0,3 – у фазу 6–8 листків кукурудзи, на 11,6% – у період збирання культури порівняно з поверхневим обробітком. Застосування останнього обробітку на фоні загортання всіх варіантів сидератів призводили до тенденційного зниження вмісту амінокислот чорнозему типового порівняно з безполицевим обробітком. Технології *no-till* призводили до істотного зниження вмісту амінокислот у ґрунті на 38,1% на період сівби кукурудзи, на 37,6 – у фазу 6–8 листків, на 24,0% – на період збирання порівняно з контролем.

У наукових дослідженнях зазначається, що амінокислоти впливають на

різноманітні фізіолого-біохімічні процеси у рослинах. Деякі з них, такі як аланін і гліцин, стимулюють ці процеси, тоді як інші, наприклад, аспарагінова та глютамінова кислоти, сприяють розвитку кореневої системи [22].

Збільшення кількості амінокислот у ґрунті підвищує його біологічну активність, що, своєю чергою, позитивно впливає на ріст рослин кукурудзи та формування врожаю зерна.

Отже, використання культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на фоні безполицевого обробітку ґрунту сприяє підвищенню кількості амінокислот чорнозему типового.

Рослинні фенольні сполуки є основним джерелом алелохімічних речовин в екосистемах. Вони впливають на проростання насіння, розвиток проростків, вміст хлорофілу, а також на дихальну і ферментативну активність та поділ клітин. Фенольні сполуки виконують роль антимутатгентів, антиоксидантів та агентів, що регулюють переміщення фізіологічно активних компонентів, захищаючи організм, який їх виробляє, від окислювального впливу мікроорганізмів, які розкладаються в процесі окиснення та деградації стресу, викликаного метаболізмом і навколишнім середовищем [40]. Наразі існує нагальна проблема взаємовідносин між інвазійною та аборигенною флорою, оскільки поширення екзотичних видів рослин призводить до суттєвих змін в екосистемі.

Фенолкарбонові кислоти входять до складу розчинного гумусу і є попередникам процесів гумусоутворення. Їх фізіологічно-біохімічний вплив на рослини є різноманітним і залежить від концентрації в ґрунті. У багатьох випадках ґрунтовтому пов’язують із накопиченням рухомих фенольних кислот [210, 211].

Встановлено, що феноли відіграють важливу роль у формуванні толерантності до патогенів, активуючи фізичні та хімічні бар’єри, а також локальне і системне сигналізування для активації захисних генів [201]. Основним компонентом, який забезпечує здатність фенольних антиоксидантів

уповільнювати вільнорадикальні процеси окиснення, є гідроксильна група, приєднана до ароматичного ядра і містить рухливий атом водню. Фенольні сполуки сприяють стійкості рослин до негативних впливів навколишнього середовища та виконують роль ендогенних регуляторів фізіологічних процесів під впливом іонів важких металів. Зокрема, їх накопичення було зафіксовано при дії іонів кадмію [81].

Джерелом надходження фенольних сполук у ґрунт є дубильні речовини та лігнін, які утворюються в рослинах у значних кількостях. Лігнін під його структурних одиниць. У результаті цього утворюються фенолкарбонові кислоти. Кожна з цих кислот наявна у ґрунті в різних концентраціях і має специфічний вплив на фізіолого-біохімічні процеси в рослинному організмі. Як показали дослідження на кількісний склад фенолкарбонових кислот впливають сидеральні культури, обробіток ґрунту, фази розвитку кукурудзи (рис. 4.7).

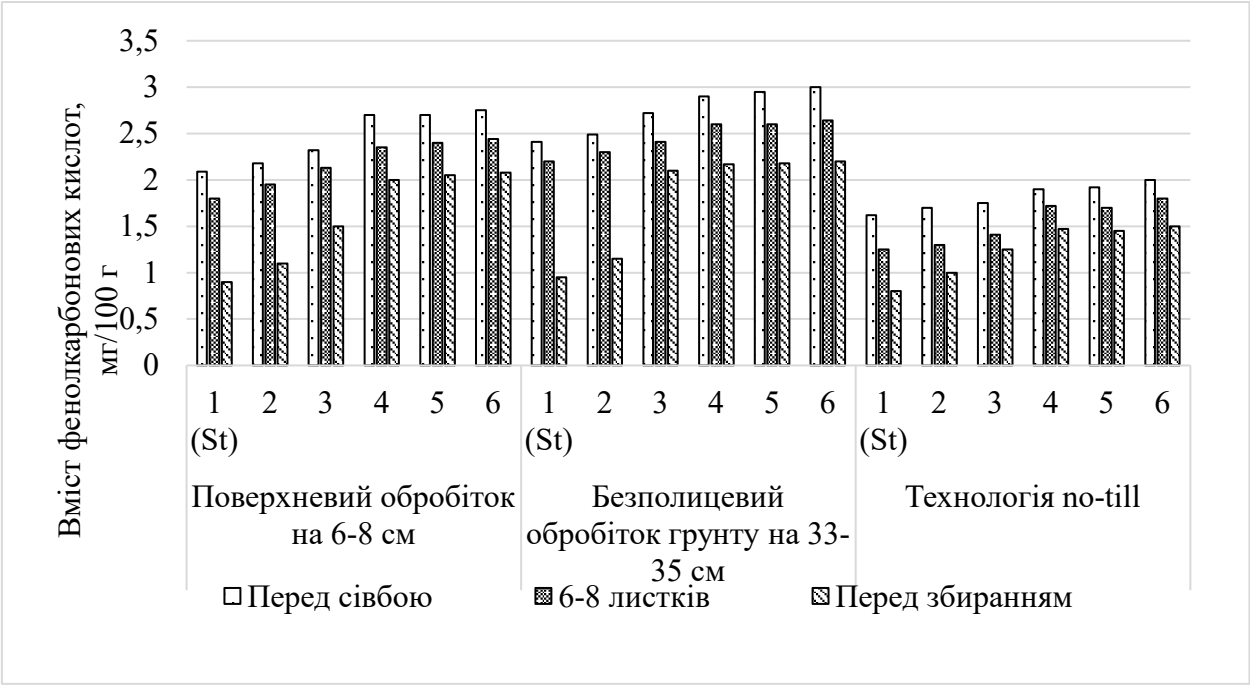

Рис. 4.7. **Вміст фенолкарбонових кислот у чорноземі типовому залежно від основного обробітку та сидератів** за 2023–2024 рр.

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Застосування безполицевого розпушування сприяє підвищенню вмісту фенолкарбонових кислот на 11,8% у період сівби, на 13,3 – у фазу 6–8 листків, на 11,9% – у період збирання врожаю порівняно з поверхневим обробітком ґрунту. Технології *no-till* призводили до істотного зниження вмісту фенолкарбонових кислот у чорноземі типовому на 26,1% перед сівбою, на 29,4 – у фазу 6–8 листків, на 22,5% – у період збирання врожаю порівняно з контролем. Вміст фенолкарбонових кислот у ґрунті збільшився за використання сидеральної суміші варіанта 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) у середньому на 23,0–31,0% на період сівби, на 20,0–44,0 – у фазу 6–8 листків, на 87,5–130,0% – перед збиранням врожаю порівняно з варіантом післяжнивних та кореневих решток пшениці озимої.

Як відомо з літературних джерел бактеріальна частина мікробіологічної спільноти в ґрунті є менш чутливою до фенолів, ніж грибна. Саме тому накопичення фенолів призводить до домінування грибів і зменшення амплітуди біохімічних перетворень. Загалом гриби виробляють більш активні сполуки, ніж бактерії, тому первинне «отруєння» ґрунту може викликати появу специфічних грибних фітотоксинів, які ще більше пригнічують бактерії [49].

Отже, застосування культур на сидерат на фоні глибокого чизельного розпушування сприяло підвищенню вмісту фенолкарбонових кислот у чорноземі типовому.

Основними показниками якості ґрунту є біомаса мікроорганізмів, таксономічний склад мікрофлори та її функціональне різноманіття. Ці показники підпорядковуються тим самим закономірностям, що й спостереження за ґрунтом, і залежать від екологічних чинників. Таксономічне та функціональне різноманіття мікробних угруповань зменшується [54].

Між чисельністю основних таксономічних груп мікроорганізмів та рівнем зволоженості у типових чорноземах виявлено прямий кореляційний

зв’язок (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Залежність основних таксономічних груп мікроорганізмів (х)

від запасу доступної вологи в ґрунті (у)

Мікроорганізми	Рівняння регресії	Коефіцієнти	
		кореляції, r	детермінації, R^2
Запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0–30 см, мм			
Бактерії МПА	У=30,64+0,25х	r=0,90±0,21	0,81
Мікроорганізми на КАА	У=30,72+0,06х	r=0,71±0,35	0,49
Гриби	У=30,70+0,052х	r=0,91±0,21	0,82
Актиноміцети	У=282,5+9,37х	r=0,85±0,26	0,72

Показники загальної біологічної активності, що мають істотну кореляцію між собою, наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7

Сила зв’язку між показниками біологічної активності ґрунту

х	у	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії
Інтенсивність дихання	Чисельність бактерій на МПА	r=0,24±0,48	У=445,3+0,046х
Інтенсивність дихання	Гриби	r=0,62±0,39	У=441+0,048х
Інтенсивність дихання	Актиноміцети	r=0,57±0,41	У=439,8+0,685х
Інтенсивність дихання	Чисельність мікроорганізмів на КАА	r=0,51±0,43	У=441,4+0,62х
Інтенсивність дихання	Нітрифікаційна здатність	r=0,79±0,30	У=–26,45+0,101х

Кореляційна залежність між фізіологічними групами ґрунтових мікроорганізмів і запасами доступної вологи в шарі грунту 0–30 см демонструє прямий кореляційний зв’язок, що характеризується сильною кореляцією (r=0,9–0,71; R^2=0,49–0,82). Чисельність мікроорганізмів у ґрунті залежить від

рівня зволоженості чорнозему типового в цьому шарі. Кореляційний коефіцієнт між зволоженістю ґрунту та бактеріями, які використовують азот з мінеральних сполук, становить r=0,90±0,21. Зі збільшенням чисельності грибів і актиноміцетів мікроорганізмів у ґрунті їхній зв'язок із рівнем зволоженості також демонструє сильну пряму кореляцію.

Інтенсивність дихання ґрунту перебуває у слабкій лінійній залежності від чисельності бактерій, що засвоюють органічні форми азоту (r=0,24±0,48), середній зв'язок чисельності мікроорганізмів, що живляться мінеральними формами азоту (r=0,51±0,43), актиноміцети (r=0,57±0,41), гриби (r=0,62±0,39). Між нітрифікаційною здатністю і диханням ґрунту існує сильний кореляційний зв'язок (r=0,79±0,30).

Висновки до розділу 4

1. Із застосуванням безполицевого обробітку зросли показники розкладу лляної тканини, тоді як за технології *no-till* простежувалася тенденція до зниження целюлозолітичної активності ґрунту. Застосування культур на сидерату варіанті 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) і варіант 5 (гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава) сприяли зростанню розкладу лляної тканини на 39,2 і 34,5% відповідно порівняно з післяжнивними та кореневими рештками
пшениці озимої.
2. Застосування під кукурудзу на зерно чизельного розпушування на 5,2–9,4% збільшило виділення CO_2 з поверхні ґрунту порівняно з поверхневим обробітком. Технології *no-till* призводили до істотного зниження інтенсивності дихання порівняно з безполицевим обробітком. Інтенсивність дихання зростає на варіантах використання культур на сидерат. Загортання культур у варіанті 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) за безполицевого обробітку призводило до зростання виділення ґрунтом CO_2 від 12 до 40 мг $CO_2/м^2$ порівняно з поверхневим

обробітком.

3. За поверхневого обробітку в шарі ґрунту 10–20 см чисельність мікроорганізмів, виявлених на крохмально-аміачному агарі, зменшується на 8,3–17,7%, бактерій – на 6,2, актиноміцетів – на 10% порівняно з безполицевим обробітком.

4. За використання культур (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на сидерат вміст фенольних сполук у ґрунті значно збільшився на фоні безполицевого обробітку на 13,4 мг/кг перед сівбою, на 8,6 – у фазу 6–8 листків кукурудзи і на 7,4 мг/кг – перед збиранням порівняно з варіантом післяжнивних та кореневих решток

5. За використання безполицевого обробітку ґрунту та загортання восени органічної маси сидератів, вміст амінокислот у чорноземі типовому виявився найвищим на варіанті 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) у всіх фазах визначення.

Розділ 5
ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ АГРОЦЕНОЗІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА СИДЕРАЦІЇ

5.1. Актуальна забур'яненість посівів кукурудзи

Важливим обмежувальним фактором у технології вирощування кукурудзи є забур'яненість посівів. Це суттєво знижує ефективність заходів, спрямованих на підвищення її врожайності. Навіть з широким впровадженням сучасних високоефективних гербіцидів, бур'яни залишаються серйозною проблемою, здатною зменшити врожайність кукурудзи більш ніж на третину [167, 170].

Низка науковців [47, 120] підтвердили, що післязбиральне лущення стерні, за яким слідує полицевий обробіток, є найефективнішим заходом захисту агроценозів від бур'янів. Це досягається через заорювання насіння у нижні шари ґрунту, що перешкоджає його проростанню. Згідно з дослідженнями О. М. Шевченко та ін. [184], поглиблення оранки від 20 до 30 см сприяє зменшенню забур'яненості посівів кукурудзи вдвічі. Проте М. К. Шикула та ін. [188] не погоджується з цим і вважає, що насіння бур'янів, яке було заоране на певну глибину або рівномірно розміщене в ґрунтовому профілі, під час наступного обробітку плугом знову може вийти на поверхню, потрапляючи в зону можливого проростання. Подібну точку зору висловлюють й інші вчені [91], які стверджують, що безполицевий обробіток ґрунту за умови щорічного внесення гербіцидів не призводить до збільшення забур'яненості посівів порівняно з полицевим обробітком.

З наведеного матеріалу видно, що серед науковців немає єдиної думки щодо впливу системи обробітку ґрунту на забур'яненість посівів. Подальше дослідження цього питання залишатиметься актуальним, оскільки останнім часом спостерігається тенденція до мінімізації обробітку ґрунту та зростання використання високоефективних гербіцидів, які частково зменшують вплив

фактора «обробіток ґрунту» на забур’яненість посівів польових культур.

За останній час в технології вирощування кукурудзи зросла популярність мілкого обробітку ґрунту, який включає перевертання орного шару [168, 169].

Пожнивні сидерати у разі посилення конкурентних взаємин культурних рослин і шкідливих організмів знижували забур’яненість основних культур сівозміни на 30–61%, ураженість зернових кореневими гнилями і гельмінтоспоріозом – на 25–30%. Водна витяжка із зеленої маси гірчиці білої, яка застосовується як пожнивний сидерат, здійснює інгібуючий вплив на проростки насіння найбільш поширених бур’янів [21].

Рослини алелопатично активних видів завдяки кореневим виділенням пригнічують ріст і розвиток супутніх компонентів фітоценозів. За постійного вирощування алелопатично активних культур, таких як пшениця, жито, льон та інші, спостерігається зміна видового складу бур’янів: деякі види зникають, а на їх місці з’являються нові [46].

Збагачення ґрунту повноцінною швидкогідролізуючою речовиною нормалізує ґрунтово-мікробіологічні процеси та знижує ґрунтовтому в сівозмінах упродовж періоду вегетації [35].

Розроблення ефективних систем захисту посівів від бур’янів значною мірою залежить від всебічного вивчення забур’яненості. Це включає виявлення складу бур’янів у різних культурах та аналіз угрупувань, які вони формують, а також правильне узагальнення отриманих даних.

Оцінювання ефективності досліджуваних заходів основного обробітку та сидерації для контролю рівня забур’яненості агроценозів кукурудзи проводилося на основі обліку рясності бур’янів на початку вегетаційного періоду та перед збиранням урожаю. Також здійснювався облік їх надземної маси за природної вологості під час збирання. Під час другого обліку рясності бур’янів, окрім загальної чисельності, визначали кількість сегетальних видів, які на той момент перебували у репродуктивному стані.

Забур’яненість дослідного поля належить до малорічного типу і представлена переважно 25 видами, які входять до 13 родин. Найбільшу кількість видів (шість) має родина капустяних: три види належать до айстрових, також два види характеризують родини тонконогові та одна гречкові. Інші родини представлені лише одним видом. У загальному домінують 11–13 видів бур’янів, які становлять близько 80% їхній загальної кількості (табл. 5.1, дод. Д1).

Таблиця 5.1

Кількість бур’янів на період сходів в агроценозі кукурудзи на зерно залежно від основного обробітку ґрунту та сидератів, за 2023–2025 рр.,

шт./м^2

Варіант		Усього, шт./м^2	Бур’яни	
Основний обробіток ґрунту, А	Сидерати, В		однодольні	дводольні
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	213	162	51
	2	268	206	62
	3	231	182	49
	4	182	134	48
	5	175	136	39
	6	178	132	46
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	195	154	41
	2	227	172	55
	3	231	173	58
	4	168	128	40
	5	175	123	52
	6	170	129	41
Технологія *no-till*	1	240	187	53
	2	270	205	65
	3	250	197	53
	4	210	153	57
	5	205	153	43
	6	200	160	40
$НіР_{05}$ А		4,2	4,9	1,2
$НіР_{05}$ В		11,8	10,0	5,4

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 –солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Варто зазначити, що впродовж останніх 30 років ботанічний склад

забур'яненості посівів дослідної станції значно розширився. З'явилися та активно розвиваються такі озимі та зимуючі бур'яни, як підмаренник чіпкий, метлюг звичайний, а також пізній ярий бур'ян – галінсога дрібноквіткова.

Деякі бур'яни майже зникли з агроценозів сільськогосподарських культур, зокрема гірчиця польова. Водночас спостерігається стабільне зростання кількості багаторічних бур'янів, зокрема осотів та пирію повзучого.

На початку вегетації кукурудзи спостерігалося чітке істотне зростання забур'яненості дослідних ділянок за технології *no-till* – 229 шт./м^2, а найменшу – за безполицевого обробітку ґрунту – 194 шт./м^2. Найнижча кількість бур'янів виявлено за загортання культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на фоні безполицевого обробітку – 170 шт./м^2, що на 12,8% менше порівняно з варіантом післяжнивних та кореневих решток.

Загортання соломи + сидератів + мінеральні добрива зумовлювало підвищення кількості бур'янів на фоні поверхневого обробітку на 8,4 %, за безполицевого – на 18,4, за технології *no-till* – на 4,1% порівняно з контролем.

Аналіз інформації, отриманої під час першого обліку бур'янів, свідчить про зміни в ботанічній структурі бур'янової синузії в агроценозі кукурудзи. Спостерігається збільшення частки малорічних дводольних та багаторічних видів, особливо під впливом варіантів обробітку з використанням соломи і сидератів, а також комбінації соломи, сидератів та мінеральних добрив. Вплив різних заходів обробітку ґрунту вказує на тенденцію до зростання частки мало- і багаторічних односім'ядольних видів порівняно з безполицевим обробітком під впливом поверхневого обробітку. Застосування поверхневого обробітку ґрунту в посівах сільськогосподарських культур призводить до збільшення забур'яненості [27, 28, 78].

Наші дослідження, присвячені вивченню заходів основного обробітку ґрунту за внесення негуміфікованої органічної речовини, виявили пряму залежність рівня забур'яненості від типу обробітку ґрунту.

Однак немає єдиної думки щодо оцінювання та доцільності різних систем основного обробітку в сівозмінах, особливо коли йдеться про їх ефективність за обробітку полів, де вирощуються сидерати.

За загортання культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на фоні безполицевого обробітку ґрунту на початку вегетації кукурудзи чисельність дводольних бур'янів становила 41 шт./м^2, однодольних – 129 шт./м^2. На фоні безполицевого обробітку ґрунту на варіанті 2 сидерати (бобові + редька олійна) + солома і варіанта 3 солома + сидерати (бобові + редька олійна) + мінеральні добрива зросла чисельність порівняно з контролем дводольних бур'янів на 34,1 і 41,4% та однодольних – на 11,6 і 12,3% відповідно.

За поверхневого обробітку ґрунту на фоні загортання культур на сидерат (гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава) чисельність бур'янів досягала 175 шт./м^2, 39 – дводольні й 136 шт./м^2 – однодольні. На цьому обробітку ґрунту найбільшу чисельність бур'янів виявлено на варіанті 2 – солома + сидерати (бобові + редька олійна), що становило всього 268 шт./м^2, дводольних – 62 шт./м^2 і однодольних – 206 шт./м^2. Застосування технології *no-till* призводило до істотного зростання чисельності бур'янів порівняно з контрольним поверхневим обробітком ґрунту.

Збільшення дводольних бур'янів є особливо небезпечним, вони вирізняються біохімічною та морфологічною особливістю, а також строками проростання насіння. Застосування гербіцидів не забезпечує чистоту агроценозів, якщо не використовувати інші агротехнічні та фітоценотичні методи контролю забур'яненості [87].

За технології *no-till* спостерігалось зростання рясності бур'янів на 18% порівняно з безполицевим обробітком ґрунту і на 10,6% – за поверхневим обробітком ґрунту.

Вожегова Р. В. та ін. [75] зазначають, що використання дискового обробітку на 12–14 см у системі диференційованого обробітку ґрунту мілкого

одноглибинного розпушування призвело до збільшення чисельності бур'янів у 2,9 раза.

Численні дослідники та прихильники безполицевого обробітку стверджують, що під час обробки ґрунту з обертанням скиби частина життєздатного насіння бур'янів «консервується» в нижній частині орного шару. Вони вважають, що наступна оранка на ту ж глибину знову вивертає значну кількість насіння на поверхню, що призводить до нового забур'янення агроценозів сільськогосподарських культур. У випадку безполицевого обробітку, дружнє та інтенсивне проростання насіння за сприятливих умов дає змогу ефективно очистити поле [37, 147].

Низка дослідників в Україні вважають[163, 222], що застосування полицевого обробітку зумовлює зменшення забур'яненості полів.

Результати досліджень Р. А. Вожегова та ін. [27] свідчать про те, що дисковий обробіток на 12–14 см у системі диференційованого обробітку ґрунту в системі мілкого одноглибинного розпушування призвів до збільшення чисельності бур'янів у 2,9 раза. Чизельне розпушування на глибину 23–25 см у системі різноглибинного розпушування призвело до збільшення чисельності у 2,1 раза, проте зменшило вегетативну масу в 4,2 раза порівняно з контролем.

Отже, вивчення впливу факторів на забур'яненість посівів кукурудзи на початку сходів показало, що вона залежить від сидератів на 21%, способів обробітку ґрунту – на 45%.

Аналіз обліку забур'яненості на початкових етапах появи бур'янів та перед збиранням урожаю культури упродовж періоду досліджень у посівах кукурудзи дає змогу більш детально представити матеріали, що сприятимуть розробці ефективних заходів контролю за ними.

Результати наших досліджень, представлені на рис. 5.1, дод. Д2, свідчать про те, що кількість бур'янів під час збору врожаю була значно меншою, ніж на початку сходів, у всіх варіантах експерименту.

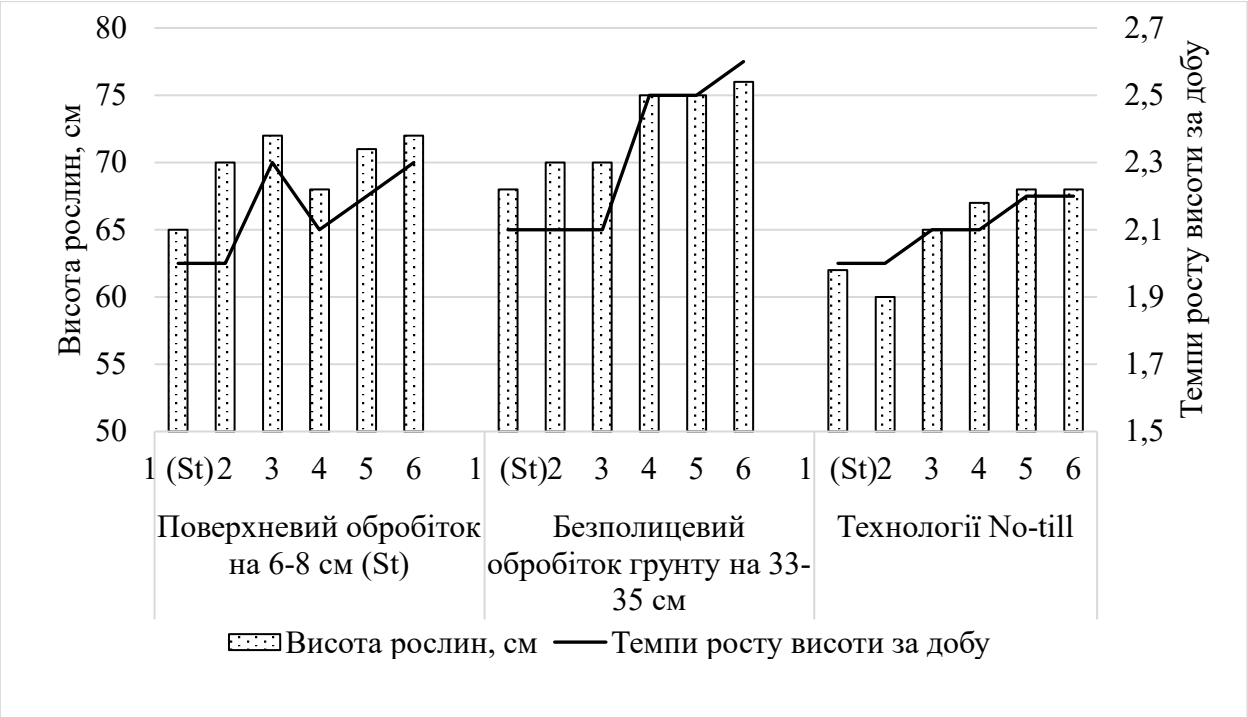

Рис. 5.1. **Кількість та маса бур'янів в агроценозі перед збиранням кукурудзи залежно від основного обробітку ґрунту та сидератів** за 2023–2025 рр.

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Шкода, яку завдають бур'яни, не завжди може бути пояснена лише конкуренцією за життєві ресурси, хоча цей фактор має велике значення. У продовж усього свого розвитку від насіння до природного відмирання, рослини безперервно виділяють у навколишнє середовище різноманітні водорозчинні та летючі органічні сполуки. За словами вчених, загальна кількість цих виділень приблизно дорівнює обсягу врожаю рослин.

Зазвичай інтенсивність виділення речовин збільшується під впливом несприятливих умов, а особливо помітно це проявляється під час відмирання рослин.

Серед досліджених варіантів обробітку ґрунту перед збиранням урожаю кукурудзи кращим за чистотою поля від бур'янів виявилася технологія *no-till*. На цьому варіанті рясність всіх бур'янів була на 18% менше від контролю.

Безполицевий обробіток призводив до зменшення на 9% чисельності бур’янів в агроценозі кукурудзи порівняно з поверхневим обробітком ґрунту.

При підрахунку кількості бур’янів на період збирання кукурудзи встановлено, що на варіантах 5 і 6 чисельність їх виявлено менше за контроль.

Найкращий показник зменшення забур’яненості (26%) спостерігався на варіанті загортання культур на сидерат сумішки гірчиця біла + редька олійна + фацелія + вика + льон + суданська трава на фоні безполицевого обробітку ґрунту порівняно з поверхневим обробітком.

Фізіологічна реакція найпоширеніших видів бур’янів у ценозі на сидерацію ґрунту виявилася різною. Стимулюючий вплив органічних речовин, що виникає внаслідок гуміфікації соломи та культур на сидерат, спостерігався у тих бур’янів, кількість яких під впливом сидерації не зменшувалася, зокрема у щириці звичайної та пирію повзучому. Токсичні речовини для вищих рослин широко представлені в рослинному світі. Тому алелопатія є невипадковим, а закономірним і поширеним явищем, яке відіграє важливу роль у житті рослин та екосистем.

Розуміння закономірностей хімічних взаємодій у рослинництві може суттєво допомогти в боротьбі з бур’янами та іншими шкідливими організмами. Хоча синтетичні хімічні препарати для цих цілей стають все більш популярними, їх використання обмежене економічними факторами, а також тим, що ці речовини часто виявляються небезпечними для людей і теплокровних тварин. Крім того, їх накопичення в ґрунті та продуктах може призвести до небажаних наслідків.

Заходи, що грунтуються на використанні фізіологічно-активних рослинних виділень, позбавлені зазначених недоліків і можуть бути застосовані в комплексі з пестицидами. Серед них варто виділити «алелопатичне прополювання», яке передбачає використання алелопатичних антагоністів проти певних бур’янів. Наприклад, давно відомий пригнічувальний вплив жита озимого на низку бур’янів. Зокрема, воно здатне

зменшити забур’яненість полів вівсюгом звичайним та пирієм повзучим.

Повільний ріст рослин на початку вегетації та широкорядний спосіб сівби створюють сприятливі умови для проростання насіння бур’янів. У зв’язку з цим бур’яни в агроценозах кукурудзи на зерно здатні формувати велику вегетативну масу, яка стримує, а часом і зовсім пригнічує ріст і розвиток рослин.

Одержані дані за масою (див. рис. 5.1) свідчать про тенденцію її збільшення на варіанті поверхневого обробітку та істотне збільшення маси з технологією *no-till* порівняно з безполицевим обробітком ґрунту.

Застосування безполицевого обробітку ґрунту сприяло зменшенню надземної маси бур’янів порівняно з поверхневим обробітком і технологією *no-till* на 10,9 та 40% відповідно. Найбільше значення маси бур’янів було виявлено на варіантах 3 і 4 за технології *no-till*, що можна пояснити вищим ступенем забур’яненості на цих ділянках.

Маса бур’янів залежно від загортання сидеральних культур на варіантах 5 і 6 набувала істотно менших величин за безполицевого обробітку ґрунту на 23,6 і 25,4% порівняно з контрольним варіантом.

На темно-каштанових ґрунтах степової зони оптимальні умови для росту, розвитку і формування врожаю сільськогосподарських культур забезпечує система різноглибинного обробітку ґрунту з обертанням скиби. Заміна оранки глибоким або мілким безполицевим розпушуванням призводить до підвищення забур’яненості посівів, зниження врожайності культур [96].

Окрім активних прижиттєвих виділень та природно відмираючих частин рослин, що збагачують довкілля ценозу органічною речовиною, в культурних ценозах важливим джерелом колінів є заорювання в ґрунт післяжнивних решток, бур’янів, органічних добрив та сидератів.

За зростання інтенсивності використання ґрунтів все більше визначилась потреба додаткового внесення органічних речовин у ґрунт.

Можна з упевненістю стверджувати, що для оптимального розвитку рослин потрібен певний вміст рухомих органічних речовин у ґрунті. При цьому важлива і якість цих речовин, зокрема з алелопатичної точки зору.

Як показали дослідження показали на полях залишається до 50% вирощеного врожаю у вигляді кореневих решток, бадилля, стерні, соломи та полови. У випадку культур, які використовуються для зеленого добрива, ми заорюємо 100% їх маси у ґрунт. Це викликає питання чи можуть ці органічні матеріали містити шкідливі речовини, які затримують ріст рослин і, як наслідок, знижують урожай або погіршують якість продукції наступної культури.

Літературні джерела [48] підтверджують про наявність і можливість такої дії заорюваної органічної маси різних рослин. Низка авторів повідомляють про негативний вплив післяжнивних решток. У більшості випадків, коли післяжнивні рештки культурних рослин або надземна частина бур'янів залишаються на полі і заорюється у ґрунт, слід враховувати наявність у них гальмуючих рослин.

Рештки зернових та зернобобових культур, зібраних у повну стиглість, вирізняється відносно низькою активністю. Це стосується стерні та соломи пшениці, жита, вівса, бобів, ячменю, гречки та проса.

Дослідження показали, що свіже зелене листя містить значну кількість колінів. Під час жовтіння та старіння їхня кількість, що вимивається водою, зростає, а після відмирання – зменшується. Стебла, як правило, містять менше гальмуючих речовин, ніж листя. При розкладанні післяжнивних решток або соломи спочатку спостерігається збільшення кількості водорозчинних колінів, а згодом – їхнє помітне зменшення. Корені рослин містять найменшу кількість колінів [43].

На нашу думку, ці наукові передумови дають можливість пояснити значний вплив вивчених сидератів на забур'яненість посівів кукурудзи, особливо на ранніх етапах її росту (див. табл. 5.1). Оцінюючи використані

види сидератів, які були закладені під час основного обробітку в осінній період, ми виявили взаємозв'язок між кількістю та масою бур'янів у агроценозах кукурудзи на початковому етапі, а також у період, коли нарощування маси рослин відбувається повільніше.

Отримані наукові дані свідчать про те, що використання післяжнивних сидератів не лише покращує агрохімічні та агрофізичні показники ґрунту, а й підвищує рівень родючості. Крім того, це сприяє зменшенню забур'яненості посівів кукурудзи. На нашу думку, це пов'язано зі стримуючим ефектом, який виникає внаслідок гуміфікації маси сидератів.

Раціональний механічний обробіток ґрунту є важливим заходом контролю за бур'янами. Багато вчених, зокрема А. І. Кривенко [88], вважає, що ефективність контролю з одно- та дводольними бур'янами залежить від характеру проростання їх насіння у ґрунт в основні періоди технологічного процесу вирощування кукурудзи. У річному циклі розвитку таких бур'янів насіння проростає найактивніше в період від початку сівби кукурудзи до формування 6–8 листків. Тому заходи, які допомагають підтримувати посіви в чистому стані, сприяють максимальному формуванню продуктивності кукурудзи.

Трирічні дані, отримані під час дослідження ефективності системи основного обробітку ґрунту за умов сидерації, переконливо підтверджують доцільність використання безполицевого обробітку для закладення зеленої маси сидератів. Цей захід основного обробітку ґрунту продемонстрував свою ефективність, зменшуючи чисельність бур'янів на 12,8% на початковому етапі росту кукурудзи та на 26,0% – до часу збирання врожаю завдяки збагаченню ґрунту зеленою масою редьки олійної + гірчиці білої + фацелії + вики + льону + суданської трави порівняно із загортанням післяжнивних і кореневих решток пшениці озимої. Однак, при аналогічному обробітку та закладенні в ґрунт органічної маси та соломи, забур'яненість під час вегетації кукурудзи не зменшувалася, а, навпаки, мала тенденцію до незначного зростання.

Аналізуючи ефективність систем основного обробітку ґрунту при заорюванні маси різних сидератів з метою захисту посівів кукурудзи від бур'янів, можна з упевненістю стверджувати, що безполицевий обробіток на глибині 25–27 см має переваги на чорноземах типових Правобережного Лісостепу.

Варто зауважити, що максимальний ефект від застосування всіх видів сидератів відмічено для біологічних груп зимуючих, пізніх ярих бур'янів. Видова специфіка дії сидератів зумовлена циклом розвитку власне певних біологічних груп бур'янів та аспектами їх рясності за культивування сидератів у літньо-осінній період вегетації. Слід також використати і дію сидератів не лише на кількість бур'янів, й на їх масу. Зокрема, у варіанті більшої кількості бур'янів їх маса нижче аналогічної кількості в інших варіантах. Зокрема, такий диспаритет зменшення маси бур'янів за збереження їх кількості спостерігали у варіанті застосування гірчиці білої та редьки олійної, що є свідченням загально суперсуючого впливу вказаних видів сидератів не лише на стадії проростання бур'яну, а й, що важливо, на стадії його активного росту [94].

Знову ж таки є, пояснення таким особливостям впливу різних сидератів на рівень забур'яненості – для всіх варіантів сидерації протибур'янова ефективність залежала від темпів наростання надземної вегетативної маси, інтенсивності змикання загального покриття поля асиміляційною поверхнею рослин-сидератів. Своєю чергою, темпи наростання вегетативної сидеральної надзеленої маси залежали передусім від умов зволоження, які складаються у перші два –три тижні після сівби сидерату [94].

Аналіз причинних зв'язків між урожайністю кукурудзи і забур'яненістю її виявили неістотну обернену кореляційну залежність (табл. 5.2).

Викладений матеріал свідчить, що основними аргументами варіювання врожайності кукурудзи є маса бур'янів на час збирання культури, коефіцієнт кореляції r=–0,64, кількість бур'янів на початку вегетації, коефіцієнт кореляції r=–0,51. Встановлено слабкий неістотний зв'язок урожайності кукурудзи від

кількості бур’янів на час збирання.

Таблиця 5.2

Кореляційна залежність від умов забур’яненості (х) та урожайністю кукурудзи (у)

х	у	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії
Кількість бур’янів на початку вегетації	Урожайність кукурудзи	r = –0,51±0,21	У=15,457–0,033х
Кількість бур’янів на час збирання	Урожайність кукурудзи	r = –0,29±0,25	У=8,878–0,017х
Маса бур’янів	Урожайність кукурудзи	r = –0,64±0,19	У=14,386–0,048х

Отже, виявлено суттєве збільшення кількості та маси бур’янів на фоні технології *no-till* і поверхневого обробітку 10–12 см. Кращий ефект щодо контролювання кількості бур’янів має безполицевий обробіток ґрунту на фоні загортання редьки олійної + гірчиці білої + фацелії + вики + льону + суданської трави культур на сидерат.

Висновки до розділу 5

1. Безполицевий обробіток ґрунту зменшував чисельність бур’янів на період сходів на 6,2 % за поверхневий обробіток і на 15,2% технології *no-till*. Загортання культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат на фоні безполицевого обробітку ґрунту на початок вегетації кукурудзи зменшувало чисельність однодольних бур’янів на 16,2% порівняно з варіантом післяжнивними та кореневими рештками пшениці озимої.

2. Технологія *no-till* сприяла зменшенню чисельності бур’янів на період збирання кукурудзи на 18%, безполицевий обробіток ґрунту – на 9% порівняно з контролем. Використання сумішки культур гірчиця біла + редька олійна +

фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат на фоні безполицевого обробітку ґрунту сприяло зменшенню на 26% чисельності бур’янів перед збиранням кукурудзи порівняно з контролем.

3. Застосування безполицевого обробітку ґрунту сприяло зменшенню надземної маси бур’янів порівняно з поверхневим обробітком і технологією *no-till* на 10,9 та 40% відповідно. Маса бур’янів варіантів 5 і 6 виявлена найменшою за безполицевого обробітку ґрунту на 23,6 і 25,4% порівняно з післяжнивними та кореневими рештками пшениці озимої.

Розділ 6
УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА СИДЕРАЦІЇ

6.1. Урожайність зерна кукурудзи

Урожай кукурудзи має широке застосування у кормовій, харчовій та технічній сферах. Зростання попиту на кукурудзяне зерно як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках потребує підвищення врожайності цієї універсальної культури.

Ключовим критерієм для оцінювання агротехнічної та економічної доцільності використання різних систем основного обробітку ґрунту є рівень урожайності сільськогосподарських культур. Вплив цих систем на врожайність польових культур є багатогранним і складним. Це зумовлено біологічними, агротехнічними та агрофізичними умовами ґрунту, а також біологічними особливостями вирощуваних культур.

Кукурудза має значний потенціал для отримання високих урожаїв зерна. Це можливо за умови поєднання сприятливих ґрунтово-кліматичних умов та безумовного дотримання технології вирощування, яка максимально відповідає біологічним вимогам цієї культури. Розуміючи ці вимоги, можна зменшити або повністю уникнути негативного впливу різних чинників.

Одним із ключових ресурсів для підвищення врожайності кукурудзи та покращення родючості ґрунтів є органічні добрива, які традиційно забезпечували від 30 до 50% потреб рослин у живленні. Проте за останні 20–25 років через катастрофічне зменшення поголів’я тварин в Україні обсяги внесення органічних добрив знизилися від 9,6 т/га у 1990 р. до лише 0,6 т у 2021 р. Це підвищує значення використання інших джерел органічних речовин, таких як солома, післяжнивні рештки та сидерати [5, 25].

І. А. Шувар вважає, що з економічної точки зору використання соломи зернових культур у поєднанні із сидератами є досить вигідним заходом. Це

пояснюється тим, що в такому випадку надходження лігніну (субстрату для утворення гумусу) втричі перевищує його кількість, що отримується з рослинних решток багаторічних трав, а також спостерігається найвища продуктивність культури [72, 140, 190].

Отже, для досягнення високих і стабільних урожаїв кукурудзи важливо забезпечити рослину всіма необхідними умовами в оптимальних пропорціях. Крім того, слід усунути негативні антропогенні та природні чинники, які можуть заважати високій продуктивності кукурудзи.

Результати впродовж 2023–2025 рр. досліджень свідчать про те, що показник урожайності зерна кукурудзи залежить як від гідротехнічних умов року, так і від факторів, що вивчалися.

Найвищий рівень урожайності було зафіксовано у 2024 р. коли середнє значення незалежно від варіантів досліду становило 10,8 т/га (табл. 6.1). Дещо нижчим цей показник відмічено у 2025 р. – 10,6 т/га.

Таблиця 6.1

Урожайність зерна кукурудзи залежно від обробітку ґрунту і сидератів,

т/га

Варіант		Роки			Середнє	Середнє для фактору	
Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	2023	2024	2025		А	В
1	2	3	4	5	6	7	8
Поверхневий обробіток на 6–8 см	Післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (St)	6,2	6,3	7,0	6,5	7,35	7,06
	Солома + сидерати (вика + редька олійна)	7,2	6,7	7,1	7,0		7,53
	Солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива	7,8	7,5	7,6	7,6		7,96
	Редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава	7,0	7,4	7,6	7,3		7,76
	Гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава	8,0	8,0	7,2	7,7		8,16

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	Редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава				7,9		
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	Післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (St)	7,3	7,8	8,7	7,9	9,01	
	Солома + сидерати (вика + редька олійна)	7,4	8,1	9,0	8,2		
	Солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива	8,6	8,5	9,6	8,9		
	Редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава	9,0	9,3	9,2	9,2		
	Гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава	9,0	9,6	10,6	9,7		
	Редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава	10,6	10,8	9,2	10,2		
Технологія *no-till*	Післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (St)	6,4	6,0	6,0	6,1	6,96	
	Солома + сидерати (вика + редька олійна)	7,3	6,6	6,4	6,8		
	Солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива	7,8	7,4	7,1	7,4		
	Редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава	6,7	7,1	6,6	6,8		
	Гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава	7,0	7,3	6,9	7,1		
	Редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава	7,8	7,4	7,5	7,6		
$НІР_{05}$ А		0,27	0,30	0,42	0,34		
$НІР_{05}$ В		0,54	0,60	0,46	0,54		

Найнижчу врожайність, що дорівнювала 6,2 т/га, отримано у 2023 р. на дослідних ділянках. Подібні коливання врожайності кукурудзи зумовлені впливом погодних умов у період вегетації рослин. Головними факторами були скорочення запасів вологи в ґрунті, відсутність достатньої кількості опадів у критичні фази розвитку, а також високі температури під час цвітіння, викидання волотей.

Рослини кукурудзи, висіяні за поверхневого обробітку ґрунту, сформували середню врожайність за всіма варіантами на рівні 7,35 т/га. Найсприятливіші умови для формування насіння, його наливання та достигання впродовж трьох років відзначалися на посівах застосування безполицевого обробітку ґрунту, де врожайність досягала 9,01 т/га.

За технології *no-till* урожайність зерна кукурудзи істотно знижувалась на 0,39 т/га ($НІР_{05}$=0,32 т/га) порівняно з поверхневим обробітком ґрунту.

Урожайність культур залежить від поєднання багатьох факторів, таких як погода, умови живлення рослин, біологічні особливості культури, удобрення [100, 226].

Використання негуміфікованої органічної маси сидератів післяжнивного вирощування відчутно вплинуло на оптимізацію ґрунтового середовища за вирощування кукурудзи на зерно. Проте цей вплив був неоднаковий і помітно залежав від виду сидерата.

Застосування культур на сидерат у варіанті 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава), заорювання їх у ґрунт як сидерального добрива суттєво вплинула на покращення усіх фізичних, біологічних та біохімічних показників, які досліджували. Цей захід наблизив їх до оптимальних величин, за яких процеси росту і розвитку рослин кукурудзи були наближені до середньозначимих біологічних особливостей та вимог до умов вирощування.

При використанні на дослідних ділянках соломи і загортання сидеральних культур (вика + редька олійна) урожайність зерна кукурудзи зросла на 6,6% порівняно з контролем. Варіант 3 (солома + мінеральні добрива + сидерати) сприяв збільшенню врожайності кукурудзи на 12,7% у порівняно з ділянками післяжнивними та кореневими рештками пшениці озимої.

Найбільшу врожайність кукурудзи на зерно одержали за варіанта 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) – 8,6 т/га, що на 1,54 більше, ніж у варіанті післяжнивних та кореневих решток

пшениці озимої.

Дисперсійна обробка результатів урожайності дала змогу визначити частку впливу досліджуваних факторів на формування цього показника для досліджуваної культури (рис. 6.1).

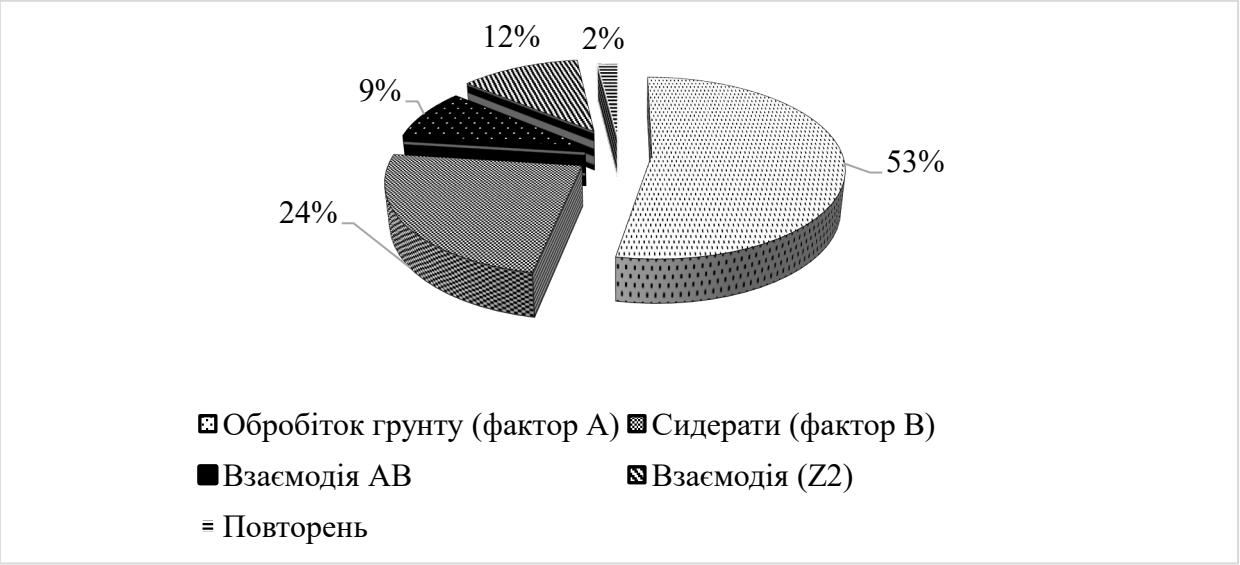

Рис. 6.1. **Частка впливу факторів досліду на формування врожайності зерна кукурудзи за** 2023–2025 рр., **%**

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що фактор А (обробіток ґрунту) максимально вплинув на формування зернової продуктивності культури, частка його впливу становила 53%. Дія фактора В була значно меншою і становило 24%. Взаємодія факторів виявилась слабшою АВ – 9%, Z2 – 12%, а вплив інших чинників на формування врожайності склав 2%. Отже, найбільш істотно на отримання високої врожайності зерна кукурудзи впливав обробіток ґрунту.

Визначено, що поверхневий обробіток ґрунту слабко впливає на величину потенційної продуктивності, проте за безполицевого обробітку ґрунту до 35 см урожайність підвищилась.

Варто відзначити, що редька олійна виділяє вільні органічні речовини, які створюють позитивний алелопатичний потенціал прикореневого середовища, (варіанти 5 і 6), у яких присутня вона, що стимулює ріст та розвиток рослин кукурудзи.

Збагачення ґрунту сидеральними добривами, зокрема варіанта 4, 5 і 6, в обсязі 20–25 т/га, залежно від року досліджень, створило оптимальні умови для формування зерна кукурудзи на рівні 7,7–8,6 т/га, що перевищує урожайність контрольного варіанта на 0,7–1,5 т/га.

Отримані показники насіннєвої продукції кукурудзи при сидерації мали істотні відмінності залежно від обробітку ґрунту.

Варіант 2 – солома + сидерати (вика + редька олійна) незначно вплинули на умови формування врожаю зерна кукурудзи, різниця в урожайності цього варіанта залишалася в межах похибки досліду. Використання на цьому варіанті соломи пшениці озимої в кількості 3,5 т/га не покращило умови ґрунтового середовища.

Між урожайністю сидератів та приростом урожайності зерна кукурудзи встановлений сильний позитивний кореляційний зв'язок r=0,993. Діаграма кореляційно-регресійної залежності між досліджуваними чинниками показана на рис. 6.2.

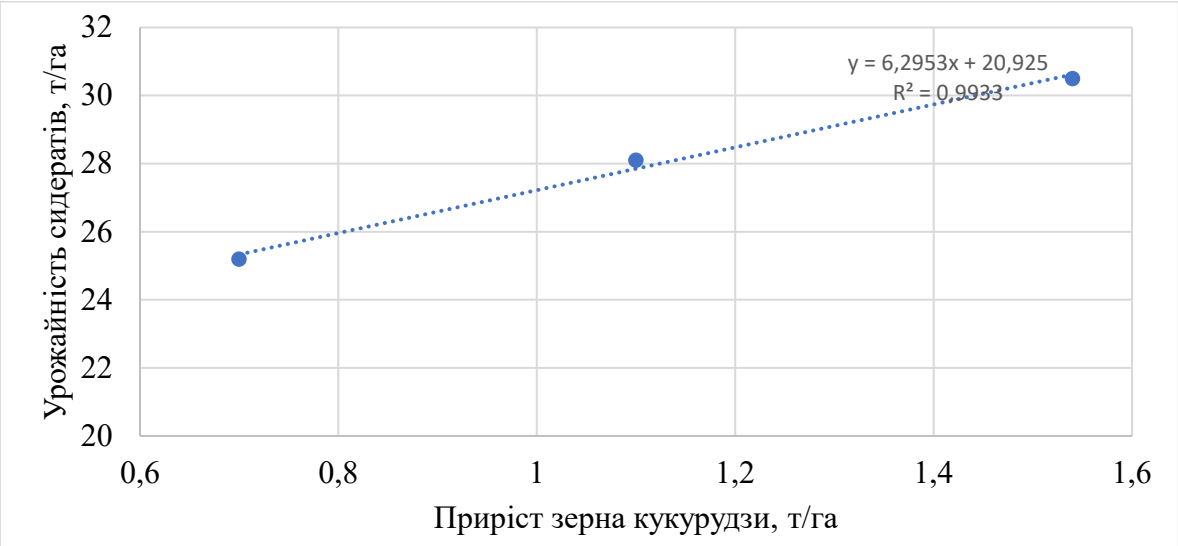

Рис. 6.2 **Кореляційно-регресійна залежність між урожайністю вегетативної маси сидератів (у) та приростом урожайності зерна кукурудзи (х)**

Коефіцієнт детермінації R^2=0,993 показує, що приріст урожайності зерна кукурудзи на 99% залежить від величини біологічної маси сидератів.

Отримані дані про врожайність зерна кукурудзи у наведених дослідженнях надають обґрунтовану наукову основу для ствердження, що в умовах гострого дефіциту органічних добрив альтернативою їх використанню є вирощування сидератів у післяжнивних посівах зерно-просапних сівозмін Лісостепу.

Заорювання в ґрунт зеленої негуміфікованої маси (варіанти 4, 5 і 6) зокрема (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) та інших видів сумішок сидеральних культур, суттєво поліпшуються умови ґрунтового середовища, наближаючи їх до оптимальних для вирощування кукурудзи на зерно.

6.2. Структурні елементи формування продуктивності кукурудзи

Кукурудза має обмежені можливості для підвищення врожайності, оскільки кількість рядів зерен у качані та їхня кількість у кожному ряду визначаються генетичними факторами. Ці показники мають чіткі кількісні межі, навіть якщо всі квітки в качані повністю запилені і досягнуто максимальних значень для конкретного гібриду.

Результати структурних показників качана кукурудзи наведено у табл. 6.2.

Залежно від досліджуваних варіантів довжина качана змінювалася. Так, найбільше значення цього показника спостерігали за варіанта загортання культур на сидерат редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава, що становило 17,7–20,5 см на тлі різних обробітків ґрунту.

Із застосуванням соломи + сидератів + мінеральних добрив за безполицевого обробітку ґрунту до 35 см довжина качана перевищила на 5% порівняно з післяжнивними та кореневими рештками пшениці озимої.

Використання культур на сидерат (варіанти 4 і 5) призводило до зростання довжини качана на 1,1–1,6% за поверхневого обробітку ґрунту, на 1,5–2,5% – за безполицевого обробітку і на 0,5% – за технології *no-till*

порівняно з контролем.

Таблиця 6.2

Структурні показники качана кукурудзи залежно від обробітку ґрунту та сидератів

№ п/п	Сидерати	Довжина качана, см			Кількість рядів у качані, шт.			Кількість зерен у качані, шт.		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Післяжнивні та кореневі рештки пшениці озима (St)	17,8	19,8	17,4	16,8	17,7	16,0	580	587	560
2	Солома + сидерати (вика+редька)	18,0	20,0	17,7	17,1	18,1	16,1	584	595	569
3	Солома + сидерати + мінеральні добрива	18,5	20,8	17,8	17,5	18,6	16,6	588	596	572
4	Редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава	18,0	20,1	17,2	17,1	18,2	16,0	585	591	566
5	Гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава	18,1	20,3	17,5	17,3	18,5	16,2	586	593	568
6	Редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава	18,7	20,9	18,0	17,8	18,8	16,9	590	598	575
$НІР_{05}$ обробіток ґрунту		1,11			2,82			2,22		
$НІР_{05}$ сидерати		$F_ф<F_{05}$			$F_ф<F_{05}$			$F_ф<F_{05}$		

Примітка: I – поверхневий обробіток ґрунту на 6–8 см; II – безполицевий обробіток до 35 см; III – технології *no-till*.

Загортання соломи і сидератів (варіант 2) сприяло зменшенню довжини качана на 1,6–4,5% у середньому на фоні обробітків ґрунту порівняно з варіантом 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава).

Найбільша кількість рядів у качані – 18,8 шт. спостерігали за

безполицевого обробітку ґрунту на варіанті 6, що перевищує на 5,5% контрольний варіант. Значно нижчі значення цього показника виявлено за використання соломи і сидеральних культур (вика + редька олійна), в середньому залежно від обробітку ґрунту – 16,1–18,1 шт.

Найменшу кількість рядів у качана спостерігали за технології *no-till* незалежно від застосування культур на сидерат, що становило 16,0–16,9 шт.

За використання культур на сидерати варіанті 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) виявлено найбільшу кількість зерен в качані, що на 1,70–2,60% перевищує контроль.

Заробка культур на сидерат варіант 4 і 5 призводили до неістотного зниження кількості зерен в качані порівняно з варіантом 6.

Технології *no-till* і поверхневий обробіток ґрунту також спричиняли зменшення кількості зерен у качані в середньому за всіма варіантами сидератів на 4,2 і 2,9% відповідно порівняно з безполицевим обробітком ґрунту.

Отже, при застосуванні безполицевого обробітку ґрунту найвищі структурні показники спостерігалися на фоні загортання культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава).

З метою визначення впливу обробітку ґрунту і сидератів на продуктивність рослин кукурудзи на зерно проводили кореляційно-регресійний аналіз та будували математичну модель (рис. 6.3 – 6.5).

Кількісну оцінку сумарного впливу пропонованих досліджуваних факторів на результативний показник (довжина качана) можна описати рівнянням лінійної регресії У=0,8082х–7,3358, R^2=0,8275.

Як показав проведений регресійний аналіз існує пряма лінійна залежність між кількістю рядів у качані та врожайністю зерна кукурудзи. Отримана залежність між досліджуваними показниками описується рівнянням регресії У=1,1014х–11,27, R^2=0,8273.

Встановлена чітка лінійна залежність між досліджуваними факторами та результативною ознакою (кількість зерен у качані), У=0,0781х–37,680,

R^2=0,6493. Це означає, що у випадку застосування пропонованих агрозаходів із високою ймовірністю 64,9%, буде відбуватися зростання показника кількості зерен у качані.

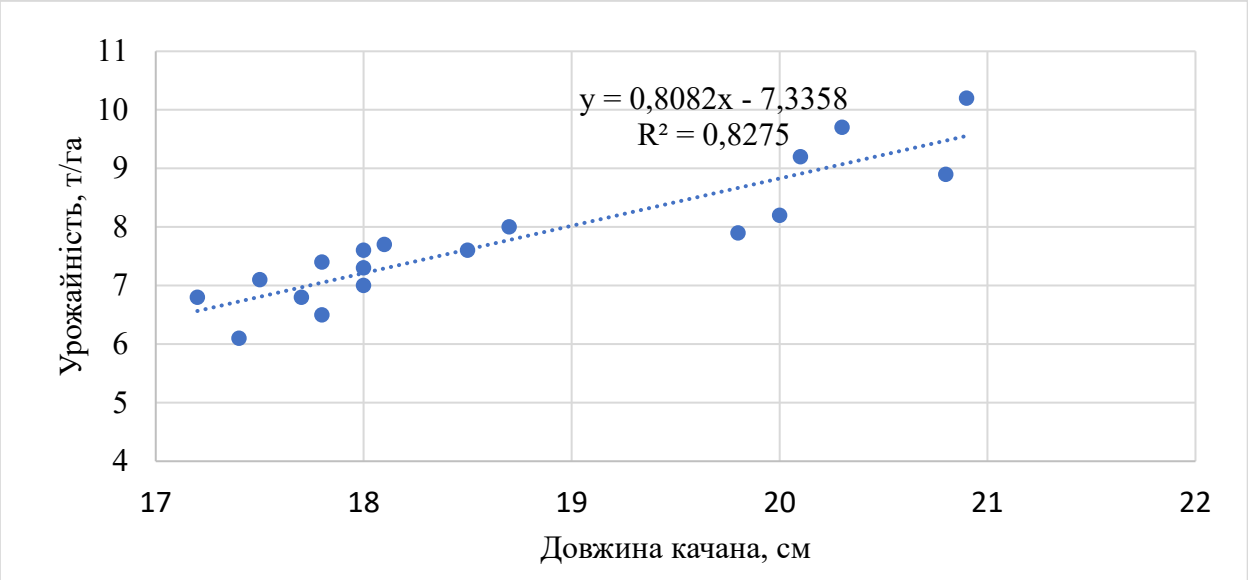

Рис. 6.3. **Лінійна статистична залежність між довжиною качана (x) та урожайністю зерна кукурудзи (y) за 2023–2025 рр.**

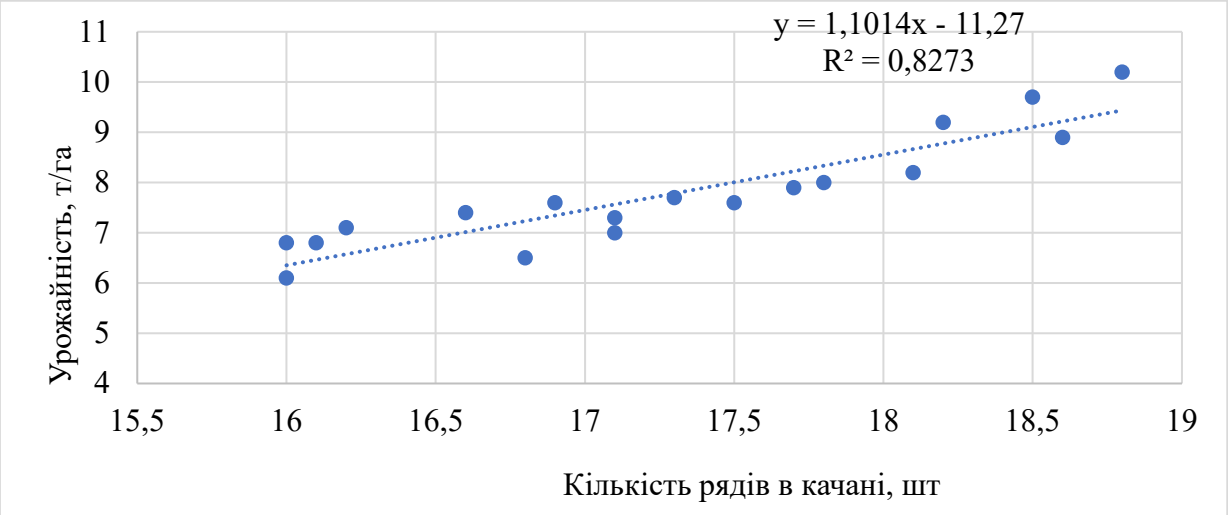

Рис. 6.4. **Лінійна статистична залежність між кількістю рядів в качані (x) та урожайністю зерна кукурудзи (y) за 2023–2025 рр.**

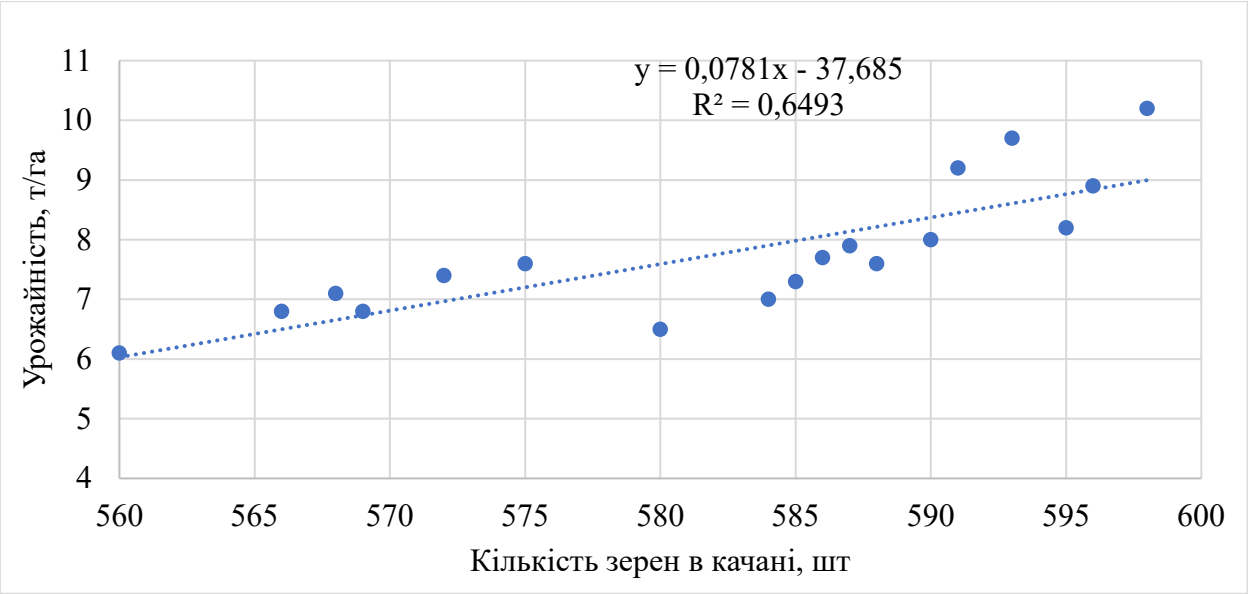

Рис. 6.5. **Лінійна статистична залежність між кількістю зерен у качані (х) та урожайністю зерна кукурудзи (у) за 2023–2025 рр.**

Отже, між факторами довжина качана, кількість рядів у качані, кількість зерен у качані та врожайність зерна кукурудзи в умовах проведених досліджень існує висока щільність зв'язку.

6.3. Якісні показники зерна кукурудзи

Якість кукурудзяного зерна визначається генетичною спадковістю, екологічними умовами та технологічними заходами, що застосовуються під час вирощування. Це підтверджують численні дослідження, проведені як в нашій країні, так і в багатьох інших країнах світу. Серед різних аспектів технології вирощування кукурудзи особливу увагу слід приділити системі обробітку ґрунту та рівню забезпечення рослин поживними елементами впродовж усього вегетаційного періоду.

Критерії оцінювання якості зерна залежать від його призначення, що є важливим аспектом його поживної цінності. Це дає змогу визначати потреби людей і тварин у різних елементах живлення. У харчовій промисловості особливу увагу звертають на вміст білка, оскільки він впливає на ціну продукції та рентабельність виробництва підприємства [121, 122].

Згідно з дослідженнями низки наукових установ України та інших

країн спільне використання соломи та сидератів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур не лише підвищує врожайність, а й покращує якість продукції. У буряків цукрових спостерігалося збільшення цукристості, у насіння соняшнику – підвищення вмісту олії, а в пшениці озимій– зростання вмісту білка. Також покращилися якісні показники зерна кукурудзи [148].

Основна роль у покращенні якості кукурудзяного зерна належить селекції, яка націлена на створення форм з високим вмістом білка (16–20%). Використання мутантних генів 02 і f/2 у селекційних програмах призводить до пригнічення синтезу зеїну, водночас збільшуючи кількість глютемінів та інших білкових фракцій, багатих на лізин. Завдяки методу беккросу вдалося створити високолізинові лінії з генами 02 і f/2, що дало змогу отримати гібриди з умістом білка на 14–16% та рівнем лізину в білку 4,5–5,0% порівняно з 2,0–2,5% у звичайній кукурудзі [4].

Інтерес до вмісту протеїну в зерні кукурудзи є досить низьким, і ця проблема не є пріоритетною в інформаційному полі, особливо порівняно з показниками потенціалу врожайності зерна та його вологості під час збирання. Проте вміст сирого протеїну в зерні має значний вплив на якість кормів для тваринництва та водночас їхню поживну цінність. Під час дослідження вмісту протеїну в зерні кукурудзи залежно від обробітку ґрунту і загортання культур на сидерат, виявили, що на контрольній ділянці цей показник становив 10,15–11,20% (рис. 6.6).

Застосування безполицевого обробітку ґрунту сприяло збільшенню цього показника за поверхневого обробітку ґрунту на 4,3%, за технології *no-till* – на 8,1% ($НІР_{05}$=0,37%).

Загортання культур на сидерат у варіанті 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) сприяло зростанню вмісту протеїну у зерні кукурудзи на 2,7% за поверхневого обробітку ґрунту, на 1,7 – за безполицевого обробітку, на 2,0% – за технології *no-till* порівняно з післяжнивними та кореневими рештками пшениці озимої.

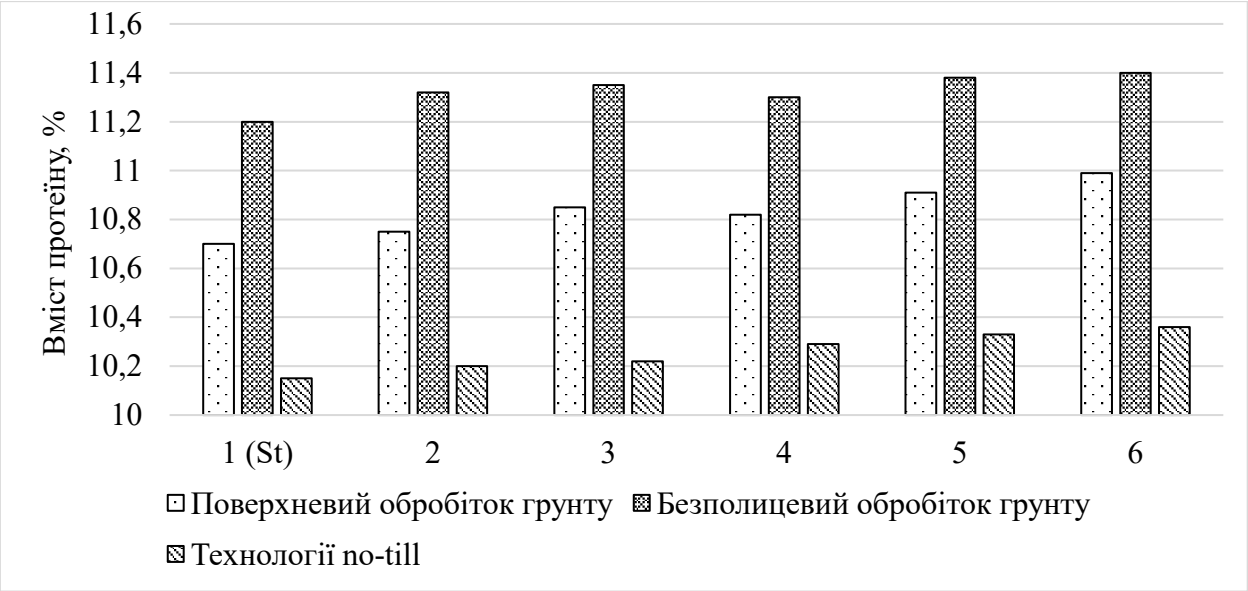

Рис. 6.6. **Вміст протеїну в зерні кукурудзи у фазу повної стиглості залежно від обробітку ґрунту і сидератів,** за 2023–2025 рр.

Примітка: 1–Післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 –Солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – Солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – Редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – Гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – Редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Внесення мінеральних добрив сумісно із соломою та сидератами призводило до зростання вмісту протеїну на 1,4% за поверхневого обробітку ґрунту, на 1,3 – за безполицевого обробітку, на 0,6% – за технології *no-till* порівняно з контролем.

Цінні рослинні жири, такі як оливкова, кукурудзяна та соняшникова олія, є надзвичайно цінними для харчування людини. Ці олії складаються з тригліцеридів жирних кислот, а також супутніх речовин, таких як вільні жирні кислоти, віск, стерол та фосфоліпіди. Варто зазначити, що кукурудза є культурою з низьким вмістом жиру. На вміст жиру в зерні кукурудзи позитивно впливають органічні добрива як у вигляді сидератів, побічної продукції.

За результатами визначення вмісту жиру в зерні кукурудзи, що вирощувалася на варіанті післяжнивних та кореневих решткiв пшениці озимої показники коливалися від 4,35 до 4,42%, солома + сидерати (вика + редька олійна) – від 4,30 до 4,42% (рис. 6.7).

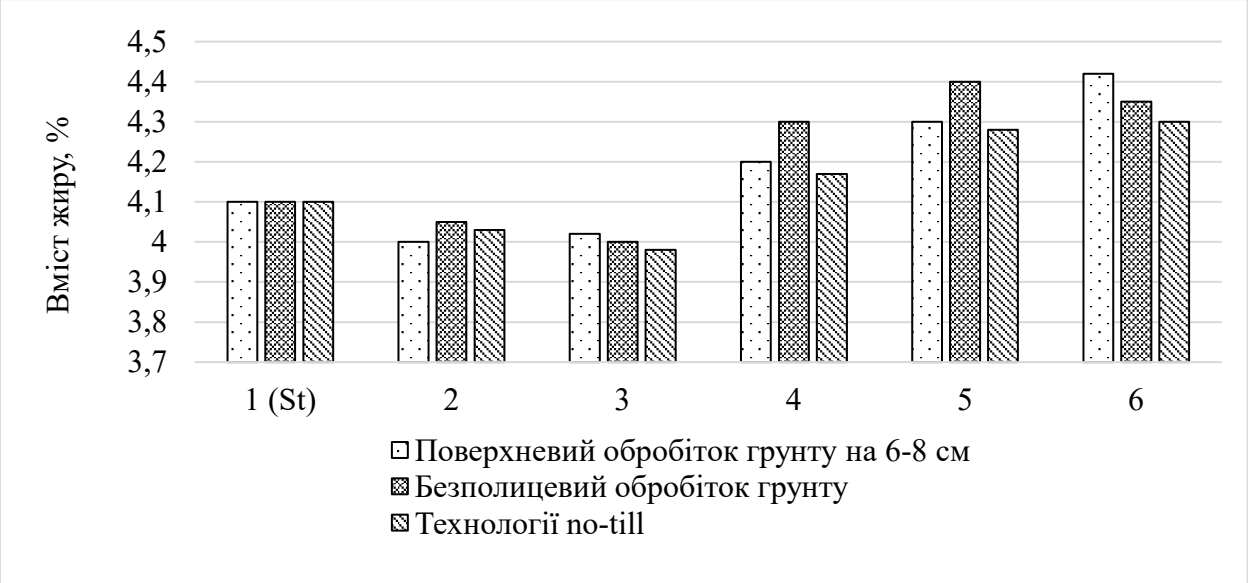

Рис. 6.7. **Вміст жиру в зерні кукурудзи у фазу повної стиглості залежно від обробітку ґрунту та сидератів, за 2023–2025 рр.**

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 –солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

Порівняно з контролем, середній показник вмісту жиру на варіанті солома + сидерати + мінеральні добрива виявився нижчим на 1,9–2,9 % у середньому на фоні обробітку ґрунту.

Застосування на ділянці солома + сидерати призводило до істотного зниження вмісту жиру в зерні кукурудзи – на 2,4% за поверхневого обробітку ґрунту, на 1,2 – за безполицевого обробітку, на 1,7% – за технології *no-till* порівняно з післяжнивними та кореневими рештками пшениці озимої.

Найвищий вміст жиру у зерні кукурудзи спостерігали за застосування культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на 4,8–7,8% у середньому на фоні обробітку ґрунту порівняно з контролем.

Клітковина – це целюлоза, найпоширеніший полісахарид у природі, який є основною складовою оболонок рослинних клітин. Під час перетравлення їжі сира клітковина сприяє розпушенню корму, що робить його більш доступним для травних соків.

Вміст клітковини у зерні кукурудзи залежно від обробітку ґрунту і сидератів не показав істотних відмінностей, оскільки НІР=0,06–0,10% (рис. 6.8).

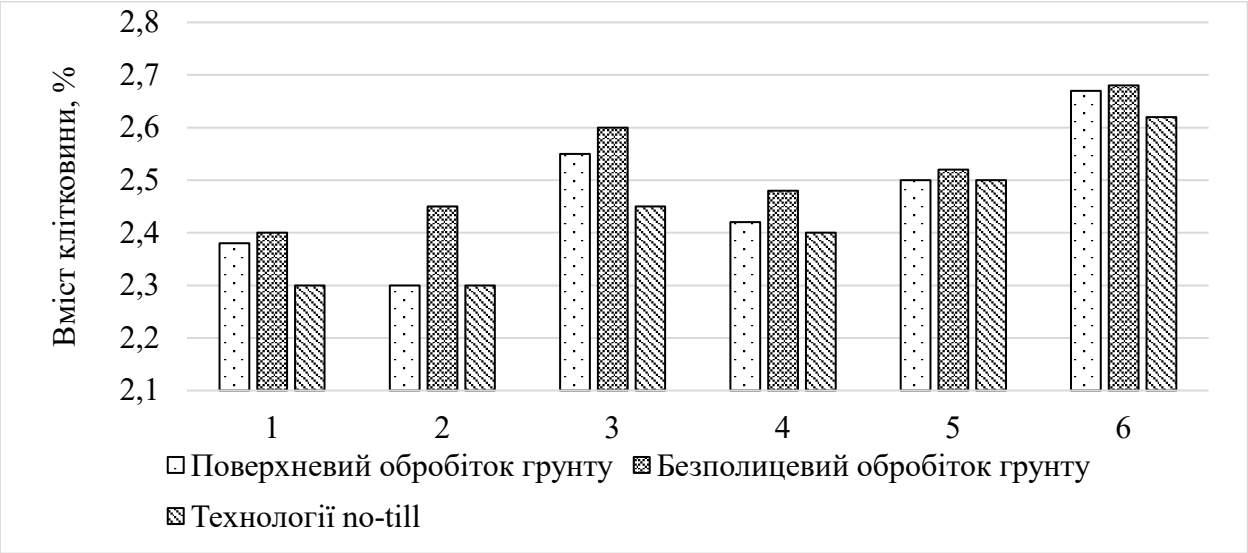

Рис. 6.8. **Вміст клітковини в зерні кукурудзи у фазу повної стиглості залежно від обробітку ґрунту та сидератів** за 2023–2025 рр.

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 –солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава

За безполицевого обробітку ґрунту вміст клітковини тенденційно зростав у середньому порівняно з поверхневим обробітком на 20% і технологією *no-till* – на 4,1%.

Найвище зростання вмісту клітковини виявлено за застосування варіанта 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) – на 12,2% порівняно з варіантом післяжнивних та кореневих решток пшениці озимої.

Загортання сидератів і соломи пшениці озимої призводило до зниження вмісту клітковини у зерні кукурудзи у середньому по фону обробітку ґрунту на 0,42% порівняно з контролем.

Використання соломи + сидератів + мінеральних добрив сприяло підвищенню вмісту клітковини у зерні кукурудзи на 7,2% порівняно з

варіантом післяжнивних та кореневих решток пшениці озимої.

Згідно з авторами [73, 93, 118] хімічний склад кукурудзяного зерна за оптимальних агротехнічних умов залежно від ґрунтово-кліматичних факторів у середньому може становити: 11–14% білка 60–85 крохмалю та 4,1–5,5% жиру.

Вуглеводи в зерні кукурудзи представлені крохмалем, цукрами, клітковиною, геміцелюлозою та пентозанами [123]. Важливо зазначити, що накопичення крохмалю в зерні має свої особливості, пов’язані з утворенням глюкози та фруктози під час фотосинтетичної діяльності, а також їх подальшим перетворенням на складніші вуглеводи (крохмаль) у генеративних органах (зерні). Зазвичай під час дозрівання кукурудзяного зерна вміст крохмалю зростає [26, 124, 155].

Крохмаль є кінцевою формою накопичення вуглеводів у зерні і в основній його складовій. Вміст крохмалю в зерні кукурудзи залежав від біологічних особливостей гібриду, обробітку ґрунту й сидератів (рис. 6.9).

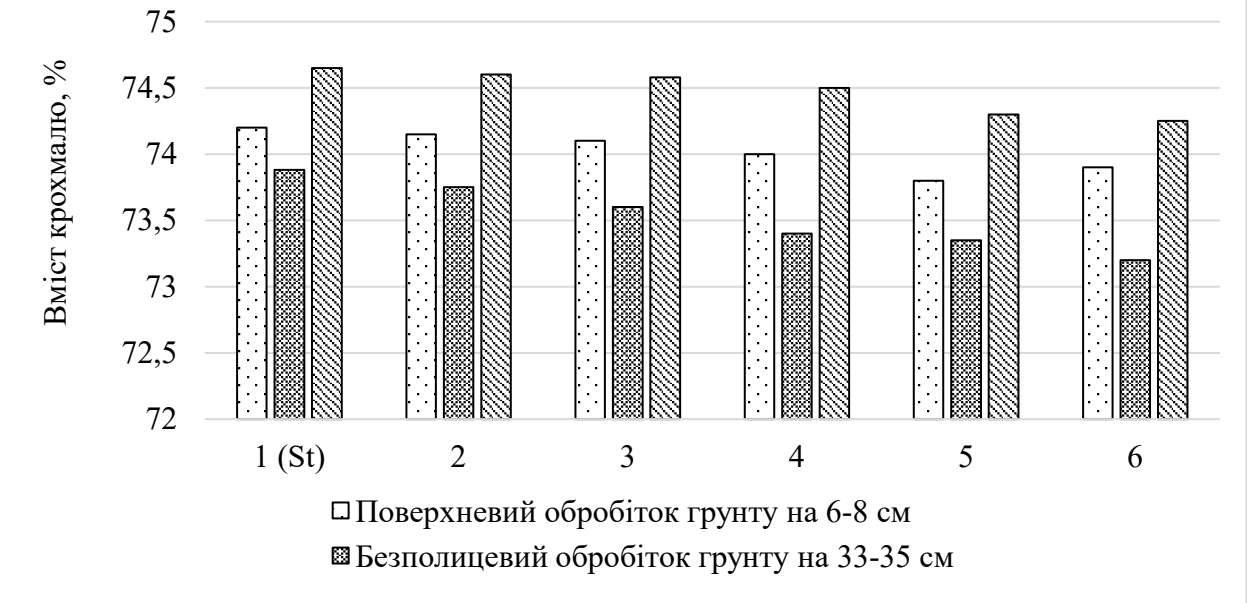

Рис. 6.9. **Вміст крохмалю в зерні кукурудзи у фазу повної стиглості залежно від обробітку ґрунту та сидератів** за 2023–2025 рр.

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки пшениці озимої (контроль); 2 –солома + сидерати (вика + редька олійна); 3 – солома + сидерати (вика + редька олійна) + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава.

У зерні кукурудзи на контролі вміст крохмалю становив 73,88–74,65% залежно від обробітку ґрунту. За застосування соломи + сидерати вміст крохмалю зменшувався на 0,06–0,17% порівняно з варіантом післяжнивних та кореневих решток пшениці озимої. На варіанті 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) вміст крохмалю зменшився на 0,53–0,92% порівняно з післяжнивними та кореневими рештками пшениці озимої. Застосування технології *no-till* сприяло зростанню вмісту крохмалю в зерні кукурудзи на 0,62% (відносний показник) порівняно з поверхневим обробітком ґрунту. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи за безполицевого обробітку ґрунту знижувався на 0,79% за поверхневого обробітку на 1,41% порівняно з технологією *no-till*.

У результаті проведених розрахунків встановлено прямолінійні регресійні залежності результативних ознак, вміст протеїну та вміст жиру у зерні кукурудзи від сумісного застосування культур на сидерат та обробітку ґрунту (рис. 6.10).

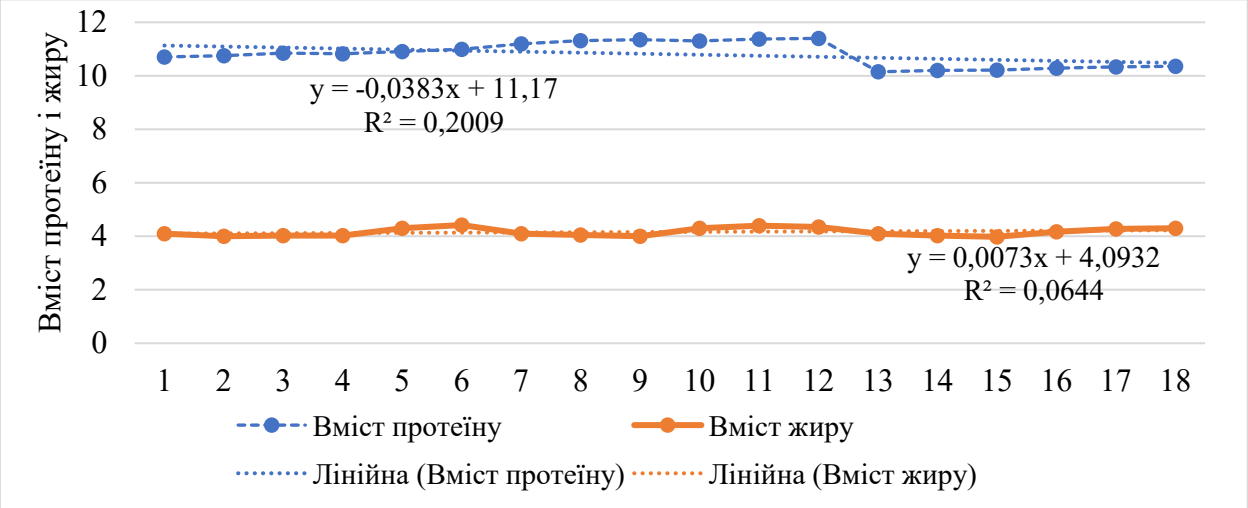

Рис. 6.10. **Кореляційно-регресійна модель залежності вмісту протеїну та жиру у зерні кукурудзи від сумісного застосування культур на сидерат та обробітку ґрунту** за 2023–2025 рр.

Для гібриду кукурудзи було визначено оптимальні варіанти досліду, які можна описати такими лінійними рівняннями: вміст протеїну $y=-0,0383x+11,17$, $R^2=0,2009$; вміст жиру $y=0,0073x+4,0932$, $R^2=0,0644$. Між

результативною та факторною ознаками в обох випадках встановлено слабкий кореляційний зв’язок, про що свідчать низькі показники коефіцієнтів множинної детермінації.

Отже, найвищий вміст протеїну, жиру і клітковини одержано за безполицевого обробітку ґрунту на фоні загортання культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава). Найнижчий вміст цих показників спостерігали за технології *no-till*. За технології no-till вміст крохмалю у зерні кукурудзи виявлено найвищий, однак застосування безполицевого обробітку ґрунту призводило до значного зниження цього показника.

Висновки до розділу 6

1. Найвищу врожайність виявлено на варіанті 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на фоні безполицевого обробітку ґрунту – 10,2 т/га. Найнижчу врожайність зерна кукурудзи одержано за післяжнивних та кореневих решток пшениці озимої на фоні поверхневого обробітку ґрунту – 6,5 т/га і технології *no-till* – 6.8 т/га.

2. Найсприятливіші умови для формування структурних (довжина качана, кількість рядів у качані, кількість зерен у качані) показників качана кукурудзи формувалися на варіанті 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на фоні безполицевого обробітку ґрунту.

Дослідженнями встановлено, що за застосування культур на сидерат (варіант 6) на фоні безполицевого обробітку ґрунту довжина качана була більшою на 5,5%, кількість рядів у качані – на 6,2, кількість зерен у качані – на 1,8% порівняно до контролю.

3. Найвищі показники вмісту протеїну – 11,40%, жиру – 4,35% та клітковини – 2,68% (приріст становив 0,20; 0,25 і 0,28% відповідно, порівняно до контролю) отримано за висівання сумішки на сидерат редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на фоні безполицевого обробітку ґрунту.

Розділ 7
ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

Основне завдання сільськогосподарського виробництва в Україні є отримання максимальної продукції з одиниці площі за мінімальних матеріально-технічних затратах. Поняття економічної ефективності будь-якого матеріального виробництва полягає у порівнянні витрат матеріальних ресурсів і затрат праці з досягнутим ефектом [126, 192, 193].

Підвищенню зростання виробництва зерна сприяє максимальне підвищення продуктивності кожного гектара ріллі та збільшення врожайності через інтенсифікацію землеробства. Інтенсифікація зернового господарства передбачає збільшення обсягів виробництва та зниження собівартості продукції при одночасному зростанні продуктивності праці. Це досягається через підвищення культури землеробства, впровадження та безумовного дотримання всіх елементів передових технологій. Важливу роль відіграють заходи, що підвищують економічну родючість ґрунту, такі як удобрення в полях сівозмін у поєднанні з раціональними системами обробітку ґрунту, а також швидке впровадження нових сортів і гібридів інтенсивного типу з дотриманням усіх агротехнічних вимог.

Серед культур, здатних значною мірою розвязувати проблему виробництва зерна, належить кукурудзі як такій, що має високі потенційні можливості зернової продуктивності.

7.1. Економічна ефективність

Наявність показників економічного оцінювання вирощування сільськогосподарських культур дає змогу оцінити та обрати найбільш вигідний варіант технології, а також визначити шляхи економії ресурсів і енергетичних витрат як у межах технологічного процесу, так і для окремих його складових. Економічно ефективними є лише ті виробничі методи, які

забезпечують збільшення продуктивності з одиниці площі за мінімальних затрат праці та ресурсів [196].

Сучасні технології виробництва конкурентоспроможності рослинницької продукції є основою для сталого землеробства. Підвищення ефективності та стабільності аграрного сектору можливе тільки за умови впровадження інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Інноваційні технології сприяють більш раціональному використанню потенціалу сучасних сортів і гібридів, що, своєю чергою, забезпечує підвищення якості та врожайності через оптимізацію продукційного процесу розвитку рослин. Ці технології допомагають знизити виробничі витрати, враховуючи екологічну безпеку навколишнього середовища та сприяють підтримці відносної рівноваги агроекосистем [129].

Технологія вирощування будь-якої культури повинна бути економічно ефективною, що означає використання всіх виробничих ресурсів для отримання високоякісної сільськогосподарської продукції з мінімальними затратами праці, витратами матеріалів та фінансів [97].

Вирощування сидератів ускладнює і без того ризиковий сільськогосподарський бізнес, збільшуючи витрати. Основні витрати на сидерацію пов’язані з насінням, оплатою праці, паливом, добривами, гербіцидами та обробітком ґрунту для контролю росту сидератів. Проте витрати на використання зеленого добрива є нижчими, ніж витрати на підготовку, доставку та внесення гною. Високий економічний ефект сидерації також зумовлений її прихованими перевагами – ефективним використанням вологи, поживних речовин і мінеральних добрив завдяки їх тривалій дії, а також збереженням родючості ґрунту і покращенням якості продукції [19].

Щоб отримати порівняльні величини витрат і результатів, обсяг виробленої однорідної та різнойменної продукції обчислюється у вартісному вираженні. Найважливішими показниками, які характеризують обсяг сільськогосподарського виробництва (результат), є вартість валової та

товарної продукції. На їх основі можна розраховувати валовий і чистий дохід, а також прибуток [89].

Н. А. Старовойтов [150] доводить доцільність заміни полицевого на мілкий обробіток ґрунту для культур польових сівозмін. При цьому продуктивність рослин залишається на рівні порівняному з оранкою, тоді як економіко-енергетичні показники знижуються на 37,1–20,4%. Однак існує також думка, що економія матеріально-грошових витрат та паливно-мастильних матеріалів за мінімального обробітку призводить до збільшення витрат на гербіциди та азотні добрива, кожен кілограм яких еквівалентний відповідно 8 і 1,9 кг пального, що, своєю чергою, підвищує загальні витрати [189].

Результати економічної ефективності основного обробітку ґрунту та сидерації під кукурудзу наведено в табл. 7.1–7.4.

Таблиця 7.1

Вартість валової продукції зерна кукурудзи залежно від основного обробітку ґрунту та сидерації, грн./га, за 2023–2025 рр.

№ п/п	Сидерати, В	Обробіток ґрунту, А			Середнє по фактору В
		I	II	III	
1	Кореневі та стерньові рештки пшениці озимої (контроль)	45500	55300	42700	47833
2	Солома + сидерати	49000	57400	47600	51333
3	Солома + сидерати + мінеральні добрива	53200	62300	51800	55766
4	Редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава	51100	64400	47600	54366
5	Гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава	53900	67900	49700	57166
6	Редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава	56000	71400	53200	60200
Середнє по фактору А		51450	63116	48766	

Примітка: I – поверхневий обробіток ґрунту; II – безполицевий обробіток ґрунту; III – технології *no-till*.

Аналіз показників вартості валової продукції за вирощування зерна

кукурудзи показав, що досліджені чинники суттєво впливали на цей показник. Вартість валової продукції, що перевищує 71 тис. грн/га, була зафіксована за безполицевого обробітку ґрунту на фоні загортання культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава). Найнижчі значення цього показника – у межах від 43,0 до 53,2 тис. грн/га, спостерігалися за технології *no-till*.

Серед обробітку ґрунту, що вивчались, найбільшу вартість валової продукції на рівні 63,1 тис. грн/га виявлено за застосування безполицевого основного обробітку ґрунту. У варіантах загортання культур на сидерат цей показник становив 60,2 тис. грн/га, що на 25,8% перевищує контроль.

Таблиця 7.2

Виробничі витрати на вирощування зерна кукурудзи залежно від основного обробітку ґрунту та сидерації за 2023–2025 рр., грн/га

№ п/п	Сидерати, В	Обробіток ґрунту, А			Середнє по фактору В
		I	II	III	
1	Кореневі та стерньові рештки пшениці озимої (St)	28100	30074	20450	26208
2	Солома + сидерати	29000	31250	20800	27016
3	Солома + сидерати + мінеральні добрива	29800	31450	20850	27366
4	Редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава	29950	31870	21300	27706
5	Гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава	29950	31870	21300	27706
6	Редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава	30150	32400	21500	28016
Середнє по фактору А		29491	31485	21033	

Примітка: I – поверхневий обробіток ґрунту; II – безполицевий обробіток ґрунту; III – технології *no-till*.

Сидерати (чинник В) зумовили істотні коливання вартості валової

продукції, особливо у варіантах 4 і 5 на 13,6–19,5% порівняно з післяжнивними та кореневими рештками. У варіанті 3 (солома + сидерати + мінеральні добрива) вартість валової продукції зросла на 8,6% порівняно з варіантом 2 (солома + сидерати).

Згідно з аналізом технологічних карт вирощування зерна кукурудзи на дослідних ділянках доведено, що виробничі витрати неістотно змінювалися відносно обробітку ґрунту та загортання культур на сидерат (табл. 7.2).

Спостерігається зростання цього економічного показника, яке пропорційно пов’язане з підвищенням врожайності. Це зростання зумовлене деяким збільшенням витрат на збирання додаткового врожаю, його транспортування, очищення та досушування, а також на сівбу і загортання сидератів. Найбільші виробничі витрати, що перевищують 32,4 тис. грн/га, були зафіксовані у варіантах з безполицевим обробітком ґрунту та загортанням культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат. Аналогічні витрати спостерігалися у варіантах 4 і 5 – загортання сидератів на фоні безполицевого обробітку ґрунту.

По сидеральних культурах відмінності виробничих витрат практично не спостерігались, а різниця між цими варіантами знаходилась на дуже низькому рівні – лише 1,1–2,4%.

Виробничі витрати зростали за безполицевого обробітку ґрунту – 31485 грн/га порівняно з поверхневим обробітком і технологією *no-till* на 6,7 і 49,6% відповідно.

Аналізуючи собівартість виробництва 1 т зерна кукурудзи, варто відмітити, що її значення серед культур на сидерат (фактор В) майже не коливались (табл. 7.3). Цей показник для варіантів 4 і 5 – загортання сидератів становив 3,56 і 3,39 тис. грн/т відповідно.

Найменшу середню собівартість продукції за фактором В (сидерати) – 3,25 тис. грн/т визначили за загортання культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат.

Найменша собівартість у середньому за 2023–2025 рр. проведення досліджень – 3,03 тис. грн/т встановлена за технології *no-till*. Найвищу собівартість зерна кукурудзи відзначено за поверхневого обробітку ґрунту, що становить 4,02 тис. грн/т.

У процесі аналізу економічних показників вирощування кукурудзи було визначено умовно чистий прибуток (табл. 7.4).

Таблиця 7.3

Собівартість 1 т зерна кукурудзи залежно від основного обробітку ґрунту та сидерації за 2023–2025 рр., грн/га

№ п/п	Сидерати, В	Обробіток ґрунту, А			Середнє по фактору В
		I	II	III	
1	Кореневі та стерньові рештки пшениці озимої (St)	4323	3807	3352	3827
2	Солома + сидерати	4143	3811	3059	3671
3	Солома + сидерати + мінеральні добрива	3921	3534	2818	3424
4	Редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава	4103	3464	3132	3566
5	Гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава	3890	3286	3000	3392
6	Редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава	3769	3176	2829	3258
Середнє по фактору А		4024	3513	3031	

Примітка: I – поверхневий обробіток ґрунту; II – безполицевий обробіток ґрунту; III – технології *no-till*.

Відносно впливу обробітку ґрунту, в середньому по фактору, найбільшим цей показник отримано за безполицевого обробітку ґрунту – 31,6 тис. грн./га, що на 14,0–44,0% більше порівняно з поверхневим обробітком ґрунту і технологією *no-till*.

Відмова від обробітку ґрунту (технологія *no-till*) та застосування поверхневого обробітку ґрунту призвело до зниження умовно чистого прибутку.

Таблиця 7.4

Чистий прибуток, отриманий від вирощування зерна кукурудзи залежно від основного обробітку ґрунту та сидерації за 2023–2025 рр., грн./га

№ п/п	Сидерати, В	Обробіток ґрунту, А			Середнє по фактору В
		I	II	III	
1	Кореневі та стерньові рештки пшениці озимої (St)	17400	25226	22250	21625
2	Солома + сидерати	20000	26150	26800	24316
3	Солома + сидерати + мінеральні добрива	23400	30850	30950	28400
4	Редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава	21150	32530	26300	26660
5	Гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава	23950	36030	28400	29460
6	Редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава	25850	39000	31700	32183
Середнє по фактору А		21958	31631	27733	

Примітка: I – поверхневий обробіток ґрунту; II – безполицевий обробіток ґрунту; III – технології *no-till*.

Аналізуючи рівень рентабельності досліджуваних варіантів, варто відмітити, що на формуванні цього показника позначилися всі фактори досліду. Найвищий рівень рентабельності (148 %) визначено у варіанті солома + сидерати + мінеральні добрива на фоні технології *no-till* (табл. 7.5).

Найвищий рівень рентабельності, в середньому по фактору А (обробіток ґрунту) – 131,0%, встановлений за технології *no-till*. Найнижче значення рівня рентабельності виявлено за поверхневого обробітку ґрунту. Вивчення сидератів визначило, що в середньому по фактору В максимального значення 117% цей показник досяг за загортання редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава культур на сидерат. Причому найвищий рівень рентабельності – 148% одержано за загортання соломи + сидерації +

мінеральні добрива. Мінімальний рівень рентабельності за фактором В (сидерати) одержано на контрольному варіанті кореневі та стерньові рештки пшениці озимої – 85 %.

Таблиця 7.5

Рівень рентабельності вирощування зерна кукурудзи залежно від основного обробітку ґрунту та сидерації за 2023–2025 рр., %

№ п/п	Сидерати, В	Обробіток ґрунту, А			Середнє по фактору В
		I	II	III	
1	Кореневі та стерньові рештки пшениці озимої (St)	62	84	109	85
2	Солома + сидерати	69	84	129	94
3	Солома + сидерати + мінеральні добрива	79	98	148	108
4	Редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава	71	102	123	98
5	Гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава	80	113	133	108
6	Редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава	86	120	147	117
Середнє по фактору А		74	100	131	

Примітка: I – поверхневий обробіток ґрунту на 10–12 см; II – безполицевий обробіток ґрунту до 35 см; III – технології *no-till*.

Отже, найвищий рівень рентабельності вирощування кукурудзи одержано за заорювання сумішки культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат.

7.2. Енергетичне оцінювання вирощування

Сільськогосподарське підприємство, яке не звертає уваги на перспективи свого розвитку, неминуче потрапляє у стан рівноваги на низькому рівні. Цей стан характеризується тим, що більша частина ресурсів витрачається на внутрішнє споживання, що забезпечує певну стабільність, яка є досить стійкою у статичному сенсі [74]. За відсутності зовнішньої конкуренції такий стан є практично безризиковим. Проте таке підприємство

не зможе зберегти свій рейтинг серед аналогічних компаній в умовах вільної конкуренції, оскільки завжди знайдуться ті, хто активно працює над своїм перспективним розвитком. Це дає змогу їм покращувати свої характеристики та досягати вищого рівня економічної та енергетичної рівноваги [41, 153].

У рослинництві енергетичний аналіз є надзвичайно важливим, оскільки дає можливість оцінити енергетичні витрати кожного елемента технології вирощування. Це включає встановлення балансу між енергією, що надходить з врожаю, та витратами на дотримання технологічних процесів, таких як використання добрив, паливно-мастильних матеріалів, насіння, технічні засоби. Комплексне енергетичне оцінювання дає змогу визначити рівень витрат ресурсів для кожного елемента технології. На цій основі можна розробити ресурсоощадну технологію, яка буде також економічно вигідною та екологічно безпечною [153].

Визначення впливу окремих агрозаходів на енергетичний баланс технології вирощування кукурудзи, а також порівняння цих показників з енергією, накопиченою в урожаї, разом із встановленням коефіцієнта енергетичної ефективності, дає змогу оцінити взаємодію досліджуваних чинників на енергетичний рівень технології. Для проведення енергетичного оцінювання кожного варіанта польового досліду з обробітками ґрунту і сидератами були створені електронні технологічні карти. За цими картами проводилися розрахунки окремих і загальних енергетичних витрат агрозаходів, що дало можливість порівняти ці показники з енергією, отриманою з урожаю зерна кукурудзи. Під час енергетичного аналізу технології вирощування кукурудзи на зерно були розраховані такі показники: надходження енергії з урожаю (ГДж/га), витрати енергії на вирощування продукції (ГДж/га), приріст енергії (ГДж/га), коефіцієнт енергетичної ефективності та енергоємність 1 т зерна кукурудзи (ГДж).

Енергетичне оцінювання, що було проведено, дозволило проаналізувати елементи технології вирощування кукурудзи з точки зору витрат енергетичних

ресурсів, визначити структуру енергетичних потоків в агроекосистемах та виявити основні резерви для економії технічної енергії (дод. 31).

Результати аналізу енергетичних розрахунків показують, що найбільша кількість енергії з урожаю, яка становила 154,4 ГДж/га, була отримана за вирощування зерна кукурудзи на безполицевому обробітку ґрунту на фоні застосування культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат. На цьому варіанті спостерігалися найбільші затрати енергії з урожаю. Найменші затрати енергії за вирощування зерна кукурудзи були зафіксовані в контрольних варіантах з післяжнивними та кореневими рештками пшениці озимої, де показники становили 30,0–34,5 ГДж/га.

Використанням культур на сидерат збільшився і приріст валової енергії (рис. 7.1).

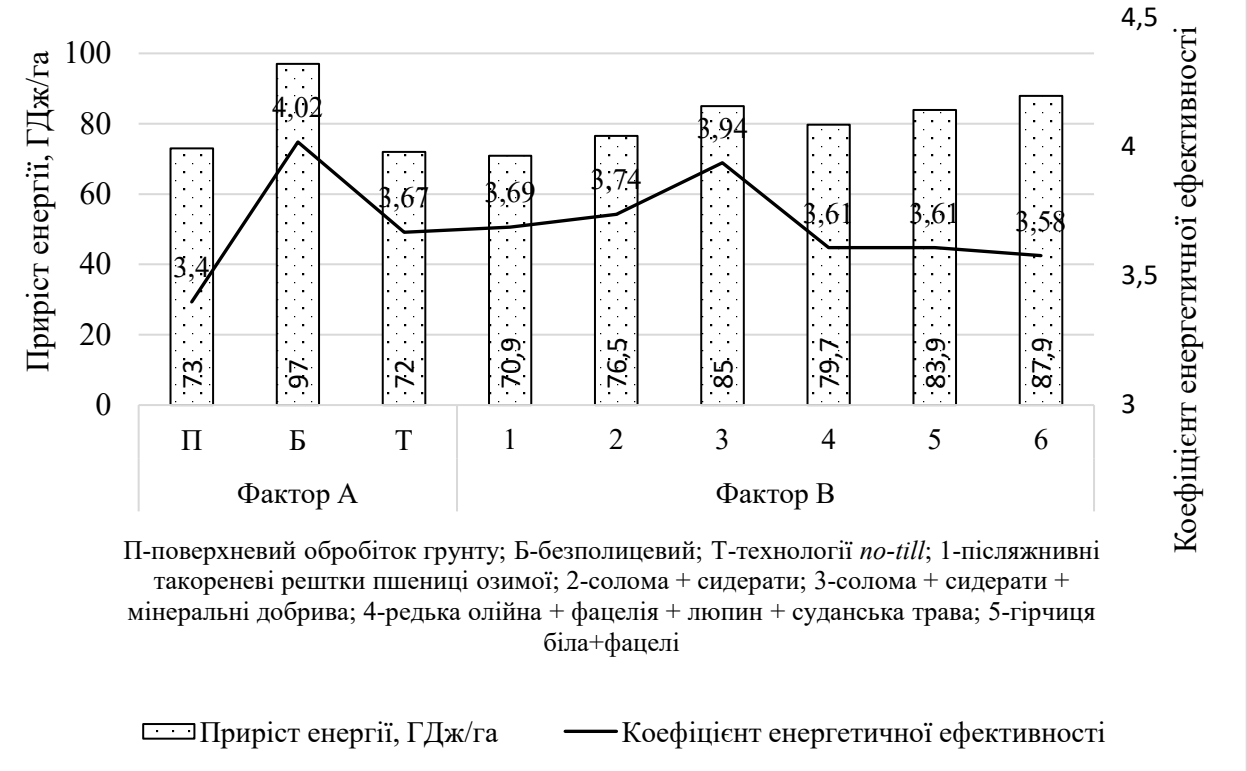

Рис. 7.1. **Приріст енергії та коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування зерна кукурудзи** за 2023–2025 рр.

У середньому по фактору А перевагу мав безполицевий обробіток

ґрунту, на якому цей показник зріс до 97 ГДж/га, а на інших обробітках становив 73 і 72 ГДж/га, або на 24,7–25,7% менше.

Найістотніший приріст енергії залежно від факторів – 87,9 ГДж/га визначили у варіанті за застосування культур на сидерат (варіант 6). Це свідчить про покриття додаткових витрат сукупної енергії, зумовленої використанням культур на сидерат.

За результатами наших досліджень виявлено, що енергетичний коефіцієнт був найвищим у варіантах із загортання культур на сидерат, тоді як у контрольній групі спостерігалася тенденція до зменшення цього показника. Максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності, що становив 4,15, був зафіксований за безполицевого обробітку ґрунту на фоні солома + сидерати + мінеральні добрива. Порівнюючи енергетичні показники, можна зазначити, що в цьому варіанті енергоємність 1 т вирощеної продукції була найнижчою і становила 4,2 ГДж/га (дод. З1).

У загальному підсумку дослідження середньофакторіальний коефіцієнт енергетичної ефективності варіювався в межах від 3,4 до 4,02. Найвищий показник спостерігався за фактором А за безполицевого обробітку ґрунту – 4,02. За фактором В найоптимальнішою енергетичною окупністю виявився варіант 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива – 3,94.

Найвищу енергоємність продукції – 5,4–5,5 ГДж/га визначено у варіантах 4, 5 і 6 застосування культур на сидерат, де цей показник збільшився на 5,8–7,8% порівняно з контролем. Найефективнішим з енергетичної точки зору виявився варіант 6 – застосування культур на сидерат (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на фоні безполицевого обробітку ґрунту з показником енергоємності 1 т зерна кукурудзи 4,4 ГДж/га.

Висновки до розділу 7

1. Встановлено, що найвища вартість валової продукції, яка коливалася в межах 67,9–71,4 тис. грн/га, спостерігалася у варіантах 5 і 6 на фоні безполицевого обробітку ґрунту. Найнижча собівартість продукції, що

становила 2,82 тис. грн/т, була зафіксована за технології *no-till*. Умовно чистий прибуток перевищив 39,0 тис. грн/га за безполицевого обробітку ґрунту за заробляння культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат. Максимальний середній рівень виробничої рентабельності, що досяг 147–148%, був зафіксований за технології *no-till*.

2. Найменшими виробничі витрати визначено у контрольних варіантах, особливо за технології no-till. Найвищі виробничі витрати 30,0–32,4 тис. грн/га отримано на фоні безполицевого основного обробітку ґрунту.

3. Максимальну кількість енергії з урожаєм (154,4 ГДж/га) зафіксовано за вирощування кукурудзи на дослідних ділянках загортання культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат на фоні безполицевого основного обробітку ґрунту. На цьому варіанті встановлено найвищий приріст енергії залежно від факторів – 109,1 ГДж/га. Значення енергетичного коефіцієнта ефективності виявився найбільшим у варіанті 3 за застосування безполицевого обробітку ґрунту, що становить 4,15. Порівнюючи енергетичні показники, можна зазначити, що в цьому варіанті енергоємність 1 т вирощеної продукції була найнижчою і становила 4,2 ГДж/га.

ВИСНОВКИ

У дисертації подано теоретичне узагальнення та нове розв’язання наукової проблеми, що стосується формування агрофітоценозу в посівах кукурудзи на зерно під впливом систем основного обробітку ґрунту та застосування сидератів. Здійснено експериментальні дослідження взаємодії між рослинами, а ще виявлено хімічні зв’язки між рослинами та ґрунтом. Визначено водно-фізичні властивості, біологічну активність і біохімічні процеси в ґрунті і проаналізовано динаміку забур’яненості посівів та якісні показники зерна кукурудзи.

1. За технології *no-till* на час сівби кукурудзи підвищується щільність складення орного шару порівняно з поверхневим і безполицевим обробітком ґрунту. У період від сівби до збирання на всіх варіантах відбулося підвищення щільності складення на 0,03–0,10 г/см^3 з найбільшим значенням за поверхневого обробітку ґрунту. На період загортання культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат відбулося істотне зменшення щільності ґрунту на 0,03 г/см^3 порівняно з контролем.

Пористість ґрунту в шарі 0–30 см за всіх варіантів досліду у фазу 6–8 листків знижувалась на 2,5%, на період збирання врожаю – на 3,1% порівняно з початком вегетації кукурудзи.

2. Оструктуреність ґрунту під впливом загортання культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат сприяє зростанню вмісту агрономічно цінних агрегатів на 6,9% порівняно з контролем. За технології *no-till* найбільше міститься агрегатів розміром 0,25–10 мм, що становить 69,8%. Загортання сидеральних культур у ґрунт на чорноземах типових сприяє відновленню і збереженню вмісту водотривких агрегатів.

3. Максимальні запаси доступної вологи в агроценозах кукурудзи досягаються за безполицевого глибокого розпушування та технології *no-till*. У цих варіантах запаси доступної вологи перевищували порівняно з

поверхневим обробітком ґрунту на 4,7 і 0,9% відповідно.

4. Безполицевий обробіток ґрунту активізує біологічні процеси ґрунту, що проявляються у посиленні виділення ним CO_2, підвищенні целюлозолітичної активності на 5,2–9,4% порівняно з поверхневим обробітком ґрунту. Застосування технології *no-till* призводило до істотного зниження виділення CO_2 порівняно з безполицевим обробітком ґрунту. Встановлено, що за безполицевого обробітку ґрунту в шарі 10–20 см на 8,3–17,7% переважають мікроорганізми, виявлені на крохмально-аміачному агарі, на 6,2 – бактерій, на 10% – актиноміцетів порівняно з поверхневим обробітком ґрунту.

Максимальна чисельність мікроорганізмів відзначається у шарі грунту 0–10 см за поступового зниження з глибиною.

Під впливом культур на сидерат редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава, на фоні безполицевого обробітку вміст фенольних сполук збільшився на 13,4 мг/кг перед сівбою, на 8,6 – у фазу 6–8 листків кукурудзи, на 7,4 мг/кг – перед збиранням порівняно з контролем.

5. За безполицевого обробітку ґрунту площа листкової поверхні рослин кукурудзи збільшувалася на 2,5% у фазу 6–8 листків, на 13 – у фазу викидання волоті, на 5,4% – на період повної стиглості порівняно з контролем. Площа листкової поверхні за технології *no-till* знижувалась на 9,5–21,3% порівняно з безполицевим обробітком ґрунту.

Варіант із загортанням культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат сприяв зростанню площі листкової поверхні на 10,5% у фазу 6–8 листків кукурудзи, на 31,9 – у фазу викидання волоті, на 44,5% – у період повної стиглості культури порівняно з контролем.

За безполицевого обробітку ґрунту зросла висота рослин кукурудзи на 4,3% у фазу 6–8 листків, на 2,4 – у фазу викидання волоті, на 2,0% – у період повної стиглості порівняно з контролем. Технологія *no-till* сприяла зменшенню наростання висоти рослин порівняно з поверхневим обробітком

ґрунту. Найбільша висота рослин кукурудзи та триваліший період фізіологічної активності встановлено за варіанта використання культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат порівняно з контролем.

6. Зміни бур'янової синузії в агроценозах під впливом безполицевого обробітку ґрунту характеризувались істотним зменшенням рясності на 6,2% на початку вегетації та на 2,8% – маси бур'янів і зменшенням участі дводольних порівняно з поверхневим обробітком ґрунту. Заробляння культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат на фоні безполицевого обробітку ґрунту на початку вегетації кукурудзи знижувало чисельність однодольних бур'янів на 16,2% порівняно з контролем. За застосування технології *no-till* зафіксовано зменшення чисельності бур'янів на період збирання кукурудзи на 18 і 9% за безполицевого обробітку ґрунту порівняно з контролем.

7. Найвищу врожайність забезпечив варіант безполицевого основного обробітку ґрунту на фоні загортання культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат (на 56,9%) порівняно з контролем. Найнижчу врожайність зерна кукурудзи одержано за післяжнивних та кореневих решткiв пшениці озимої на фоні поверхневого обробітку ґрунту – 6,5 т/га і технології *no-till* – 6,8 т/га.

За застосування культур на сидерат редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на фоні безполицевого обробітку ґрунту збільшується довжина качана на 5,5%, кількість рядів в качані – на 6,2, кількість зерен у качані – на 1,8% порівняно з контролем.

Технології *no-till* і поверхневий обробіток ґрунту призводили до зменшення кількості зерен у качані в середньому за всіма варіантами сидератів на 4,2 і 2,9% відповідно порівняно з безполицевим обробітком ґрунту.

8. Заробляння культур на сидерат редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава сприяло збільшенню вмісту протеїну в зерні

кукурудзи на 1,7% за безполицевого обробітку ґрунту, на 2,7 – за поверхневого обробітку, на 2,0% – за технології *no-till* порівняно з контролем.

Найвищий вміст жиру в зерні кукурудзи зафіксовано у варіанті 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава) на 4,8–7,8% порівняно з контролем. Застосування технології *no-till* призводило до зростання вмісту крохмалю в зерні кукурудзи на 0,62% (відносний показник) порівняно з поверхневим обробітком ґрунту. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи на варіанті 6 – застосування культур на сидерат зменшився на 0,53–0,92% порівняно з контролем.

9. За умов загортання культур редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава на сидерат енергоємність зерна кукурудзи становила 154,4 ГДж/га, що більше на 14,6% за застосування солома + сидерат + мінеральні добрива та на 29,0% – за контроль. За застосування солома + сидерати відбулося скорочення енерговитрат до 124,1 ГДж/га, що на 19,6% менше, ніж за варіанта 6 (редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава). За ефективністю енерговитрат найраціональнішими виявилися варіанти 3 і 5 – солома + сидерат + мінеральні добрива ($К_{ее}$=3,94), солома + сидерати ($К_{ее}$=3,74). Найбільш енергетично ефективними визначено варіанти безполицевого обробітку ґрунту ($К_{ее}$=4,02) та технології *no-till* ($К_{ее}$=3,66), тоді як за поверхневого обробітку ґрунту коефіцієнт енергетичної ефективності становив 3,39. За поверхневого обробітку ґрунту енергоємність 1 т зерна кукурудзи порівняно з безполицевим підвищувалася на 0,9 ГДж, технології *no-till* – на 0,4 ГДж.

10. Рівень рентабельності кукурудзи був найвищим за застосування редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава – 117%, за варіанта солома + сидерати + мінеральні добрива – 108%, серед систем обробітку ґрунту – технології *no-till* – 131,0%. Найбільший чистий дохід з одиниці площі забезпечує безполицевий обробіток ґрунту (31631 грн/га).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземах типових впроваджувати у післяжнивний період після пшениці озимої під кукурудзу на зерно післяжнивні посіви на сидерат сумішку редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика + льон + суданська трава та застосовувати безполицевий обробіток чизельними знаряддями на 33–35 см.

Доцільне застосування сидерації ґрунту, що покращує водно-фізичні, біохімічні, мікробіологічні та фітосанітарні властивості чорнозему типового і забезпечує підвищення врожайності зерна кукурудзи на 29,1% та чистий дохід на 48,8%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Августинович М., Чумак А. Амінокислоти: міф чи реальність. 2020. propozitsiya. com/ua/aminokysloty-mif-chy-realnist

2. Агроекологічна ефективність різних способів основного обробітку ґрунту під соняшник в Степу. В. С. Чумак, О. І. Цилюрик, А. Г. Горобець та ін. Бюл. *Ін-ту зерн. господарства.* 2011. № 40. С. 56–59.

3. Адаменко Т. Стихійні гідрометерологічні явища та їх вплив на сільське господарство України. *Агроном.* 2007. № 4. С. 16–17.

4. Багатченко В. В., Жемойда В. Л., Спряжка Р. О. Формування фракційного складу та посівних якостей насіння батьківських компонентів кукурудзи залежно від густоти. *Plant and Soil Sciences.* 2020. Т. 11. № 1. С. 79–87.

5. Балаєв А. Д., Піковська О. В. Використання соломи у відновленні родючості ґрунтів. Київ: «ЦП Компринт», 2016. 244 с.

6. Балаєв А. Д., Тонха О. Л., Піковська О. В. та ін. Гумусованість і фізико-хімічні властивості чорноземів Лісостепу за мінімізації обробітків і біологізації системи удобрення. *Вісник аграрної науки.* 2020. № 11. С. 24–31.

7. Бегей С. В., Шувар І. А. Екологічне землеробство. Львів: Новий світ-2000, 2007. 432 с.

8. Бегей С. С., Васюрко І. В., Карасевич Н. В. Порівняльна оцінка різних способів основного обробітку ґрунту під ярі зернові в умовах Передкарпаття. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2020. Вип. 68 (2). С. 24–36.

9. Білей С. С., Карасевич Н. В. Вплив основного обробітку ґрунту на його щільність та вологість у посівах жита озимого на схилових землях Передкарпаття. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2021. Вип. 70 (1). С. 34–48. httpsi//doi.org/10.32636/01308521.2021

10. Білоніжка Х. В. Вплив позакореневого застосування мікродобрив на врожайність насіння редьки олійної в Карпатському регіоні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2024. Вип. 75 (1). С. 7–17.

11. Бойко П. І. Біологічна та екологічна роль сівозмін у землеробстві. Київ: Знання, 1990. 48 с.

12. Бойко П. І., Бородань В. О., Коваленко Н. П. Екологічно збалансовані сівозміни – основа біологічного землеробства. *Вісник аграрної науки.* 2005. № 2. С. 9–13.

13. Бойко П. І., Коваленко Н. П. Історичні і сучасні досягнення у вивченні та впровадженні систем землеробства і сівозмін. *Агроном.* Київ. 2005. № 3. С. 78–81.

14. Бойко П. І., Коваленко Н. П. Як правильно вибрати та використати сидерат. *Пропозиція.* 2017. № 1. С. 104–107.

15. Бомба М. Я., Періг Г. Т., Рижук С. М. Землеробство з основами ґрунтознавства, агрохімії та агроекології. Київ: Урожай, 2003. 400 с.

16. Борис Н. Є. Продуктивність кукурудзи за різних способів основного обробітку ґрунту та сівби в короткоротаційній сівозміні Правобережного Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.01. Чабани, 2017. 20 с.

17. Боровик С. О., Будьонний В. Ю. Забур’яненість жита озимого залежно від попередників та способів обробітку ґрунту. *Аграрні інновації.* 2024. № 23. С. 26–31.

18. Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В. Агрофізика ґрунту. Підручник. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2021. 315 с.

19. Бульо В. С., Сорочинський В. В., Оліфір Ю. М. Роль нетрадиційних органічних добрив у регулюванні родючості сірих лісових ґрунтів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2008. Вип. 50. С. 12–20.

20. Буць О. В., Філоненко С. В. Особливості технології вирощування висадків цукрових буряків у виробничих підрозділах буряконасінницького господарства. *Наукові тенденції формування агротехнологій.* Полтава, 2019. С. 21–27.

21. Вавринович О. В., Качмар О. Й., Дубицька А. О. та ін. Гербологічний стан посівів гречки в ланці сівозміни. *Передгірне на гірське землеробство і тваринництво.* 2021. Вип. 70 (1). С. 49–62.

22. Вечерек Д. Застосування амінокислот у позакореневому живленні зернових. 2017. *propozitsiya.* com/ua/aminokysloti-u-pozakorenevomu-zhivlenni-zerinovih.

23. Видинівська О. В. Мікробіологічний стан чорнозему південного при запровадженні технології no-till. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2013. Вип. 2. С. 99–104.

24. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві; за ред. М. К. Шикули. Національний аграрний університет України. Київ: Оранта, 1998. 680 с.

25. Вітвіцький С. В. Гуміфікація рослинних решток і гною в чорноземах Лісостепу та Степу України. Монографія. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2016. 281 с.

26. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи залежно від підкореневих підживлень / В. Д. Паламарчук та ін. *Сільське господарство та лісівництво.* 2020. № 4 (19). С. 15–28.

27. Вожегова Р. А., Маларчук А. С., Котельников Д. І., Резніченко Е. Д. Забур'яненість пшениці озимої за мінімізованої та нульової систем основного обробітку ґрунту, вдобрення та сидерації. *Аграрні інновації.* 2020. № 4. С. 5–9.

28. Войтовик М. В. Забур'яненість агроценозів соняшнику в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2023. Вип. 74 (1). С. 8–21.

29. Войтовик М. В. Пористість ґрунту за вирощування буряків цукрових у плодозмінній сівозміні. *Таврійський науковий вісник.* 2023. № 129. С. 32–37. https://doi.org/10.32851/2226–0099.2023.129.5

30. Волкогон В. В. Біологічна меліорація ґрунтів. Традиційне і нове. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2011. Вип. 13. С. 7–22.

31. Вплив площі живлення рослин сорго цукрового та кукурудзи на їх ріст, розвиток та урожайність зеленої маси в сумісних посівах / М. Б. Грабовський та ін. *Наукові доповіді НУБіП України.* 2018. № 5 (75). http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.05.024

32. Гаврик С. В., Цюк О. А. Біологічна активність та поживний режим лучно чорноземного ґрунту залежно від його обробітку. *Таврійський науковий вісник.* 2024. № 140. С. 71–77.

33. Гаврик С. В., Цюк О. А. Щільність складення та структурно-агрегатний склад ґрунту залежно від його обробітку. *Аграрні інновації.* 2024. № 28.С. 27–31.

34. Гавришко О. С., Оліфір Ю. М., Патика Т. В. Агрогенні зміни окисно-відновного потенціалу за профілем ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів Західного Лісостепу. *Вісник аграрної науки.* 2020. № 2. С. 18–23.

35. Гангур В. В. Сівозміни з короткою ротацією в світлі алелопатичних взаємовідносин між культурами. *Хімія, біотехнологія, екологія та освіта:* матеріали V Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Кам'янець-Подільський, травень, 2021) м. Кам'янець-Подільський, ПДАУ, 2021. С. 150–154.

36. Гангур В. В., Лень О. І., Гангур М. В. Вплив різних систем обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим і зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАА.* 2022. № 1. С. 38–44.

37. Гангур В. В., Лень О. І., Оніпко В. В., Гангур М. В., Миколенко Х. В. Вплив способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів та

урожайність яхменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations.* 2023. № 26 (4). С. 41–46.

38. Гангур В. В., Маренич М. М., Єремко Л. С., Шостя А. М., Пузир Д. О., Кирлиця А. О. Вплив способів основного обробітку ґрунту на урожайність гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations.* 2023. № 26 (4). С. 19–23.

39. Гангур В. В., Сахацька В. М. Мікробіологічна активність ґрунту за різних способів обробітку. *Вісник ПДАА.* 2019. № 4. С. 13–19.

40. Гашкало З. Г. Екологічна інформативність окисно-відновного потенціалу ґрунту агрофітоценозів. *Наукові записки Вінницького державного пед. ун-ту. Сер. геогр.* 2002. Вип. 3. С. 82–89.

41. Гож О. А., Лавриненко Ю. О., Глушко Т. В. Херсонські гібриди кукурудзи для зрошуваного землеробства. *Наукові засади ефективного ведення степового землеробства в умовах змін клімату:* матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (28 травня 2015, м. Херсон). м. Херсон, 2015. С. 127–132.

42. Головко Є. А. Закономірності і парадокси в алелопатії вищих рослин: ретроспективний погляд. *Інтродукція рослин.* 2005. № 3. С. 88–101.

43. Горб О. О., Чайка Г. О., Яснолоб І. О. Використання сидеральних культур як відновлювального джерела енергії в органічному землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2017. С. 38–41.

44. Горобець А. Г., Цилюрик О. І., Горбатенко А. І., Судак В. М. Вологозабезпеченість та урожайність польових культур за різних систем обробітку ґрунту в сівозміні. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони.* 2011. № 1. С. 20–25.

45. Городинська І. М., Кравчук Ю. А. Сидерація – один з чинників збереження родючості ґрунту в органічному землеробстві. *Збалансоване природокористування.* 2023. № 4. С. 135–144.

46. Господаренко Г. М., Лисянський О. Л. Алелопатичний вплив сидеральних культур на пшеницю озиму. *Вісник ЖНАЕУ. Сер. Рослинництво, селекція та кормовиробництво.* 2015. Вип. 2 (50), Т. 1. С. 190–198.

47. Грицаєнко З. М. Гербіциди і продуктивність сільськогосподарських культур. Умань, 2005. 686 с.

48. Грицюк Н. В., Плотницька Н. М., Тимощук Т. М. та ін. Вплив обробітків ґрунту на забур'яненість посівів пшениці озимої в умовах Полісся України. *Наукові горизонти.* 2020. № 5 (90). С. 15–21.

49. Гродзинский А. М. Аллелопатия растений и почвоутомление. Избр. труды. Київ: Наукова думка, 1991. 430 с.

50. Гродзинський А. М., Горобець С. А., Крупа Л. И. Руководство по применению биологических методов в аллелопатических исследованиях почв. Киев : ЦРБС АН УССР, 1988. 29 с.

51. Гудзь В. П., Міщенко Ю. Г., Прасон В. І., Муха Л. В., Дідора С. Г., Кропивницький Р.Б. Вплив сидерату і способів основного обробітку ґрунту на об'ємну масу та водоспоживання посівів картоплі. *Наукові доповіді НУБіП.* 2011. 7 (23). http://www.nbuv.gov.ua/c–journals/Nd/ 2011_7/11Krbcsp.pdf.

52. Гуртовенко В. О., Цюк О. А. Водний режим чорнозему типового залежно від агротехнічних заходів. *Аграрні інновації. 2023.* № 22. С. 36–40.

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

54. Демиденко О. В. Кореляційні зв'язки фізіологічних груп мікроорганізмів з показниками родючості чорнозему опідзоленого за різних систем удобрення. *Вісник аграрної науки.* 2021. № 4. С. 20–27.

55. Демиденко О. В. Післяжнивні рештки в ґрунтозахисному землеробстві як енергетика ґрунтоутворення в агроценозах Лівобережного

Лісостепу України. *Вісник Черкаського інституту агропромислового виробництва:* Міжвід. темат. зб. наук. пр. 2005. Вип. 5. С. 13–26.

56. Демиденко О. В. Порівняльна ефективність режиму зволоження за переходу до no-till в агроценозі. *Вісник аграрної науки.* 2024. № 3. С. 5–13.

57. Денодюк С. Е., Дегодюк Е. Г., Літвінова О. А., Боднар Ю. Д., Буслаєва Н. Г. Зміна агрофізичних показників сірого лісового ґрунту за тривалого застосування органічних і мінеральних добрив. *Вісник аграрної науки.* 2020. № 1. С. 19–24.

58. ДСТУ 10846-91. Зерно і продукти його переробки. Метод визначення білка.

59. ДСТУ 4287 : 2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстантарт України, 2005. 6 с. (Національний стандарт України).

60. ДСТУ 4744 : 2007. Якість ґрунту. Визначення структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н. І. Саввінова. [Чинний від 2008-01-01]. Київ : Держспоживстантарт України, 2008. 9 с. (Національний стандарт України).

61. ДСТУ 4865:2007. Цукор. Метод визначання крохмалю. [Чинний від 2008-01-01]. Київ : Держспоживстантарт України, 2007. 11 с. (Національний стандарт України).

62. ДСТУ 7370 : 2013. Амонію нітрат (селітра аміачна). Технічні умови. [Чинний від 2014-01-01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2013. III, 28 с. Національний стандарт України).

63. ДСТУ 7538 : 2014. Якість ґрунту. Визначення нітрифікаційної здатності ґрунту методом Кравкова. [Чинний від 2015-04-01]. Київ : Держспоживстантарт України, 2015. 12 с. (Національний стандарт України).

64. ДСТУ 7847 : 2015. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : Держспоживстантарт України,

2008. 15 с. (Національний стандарт України).

65. ДСТУ 8076:2015. Продукти білкові рослинного походження. Макухи та шроти. Визначення вмісту розчинного протеїну титрометричним методом К'єльдаля.

66. ДСТУ ISO 16586 : 2005. Якість ґрунту. Визначення об'ємної вологості ґрунту за відомою щільністю складення на суху масу. Гравітаційний метод (ISO 16586 : 2003, IDT). [Чинний від 2007-04-11]. Київ : Держспоживстантарт України, 2008. 8 с. (Національний стандарт України).

67. ДСТУ ISO 11464 : 2007. Якість грунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464 : 2006). [Чинний від 2009-10-01]. Київ : Держспоживстантарт України, 2012. 14 с. (Національний стандарт України).

68. ДСТУ ISO 7302 : 2003. Зерно та зернові продукти. Визначення загального вмісту жиру. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстантарт України, 2008. 15 с. (Національний стандарт України).

69. Дудка О. А. Вплив систем землеробства та обробітку ґрунту на його загальну пористість за вирощування пшениці ярої в Правобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник.* 2022. № 124. С. 40–46.

70. Еволюція систем землеробства: монографія. І. Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2022. С. 298–313.

71. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія. В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Л. М. Токмакова та ін.; за наук. ред. В. В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.

72. Єременко Л. С. Особливості фотосинтезу різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи. *Бюлетень інституту зернового господарства УААН.* Дніпропетровськ, 2002. № 18–19. С. 91–93.

73. Жемойда В. Л., Макарчук О. С., Спряжка Р. О. Оцінка вихідного матеріалу кукурудзи за якісними показниками зерна. *Сільське господарство та лісівництво.* 2020. № 17. С. 120–129.

74. Жуйков Г. Є. Економічні засади ведення землеробства на зрошуваних землях. Херсон: Айлант, 2003. 288 с.

75. Забур'яненість пшениці озимої за мінімізованої та нульової систем основного обробітку ґрунту, удобрення та сидерації. Р. В. Вожегова та ін. *Аграрні інновації.* 2020. 4. С. 5–9.

76. Іутинська Г. О. Ґрунтова мікробіологія. Київ: Арістей, 2006. 284 с.

77. Карташов С. Г., Городецький Є. Ю., Дудка В. С., Москалюк А. А. Вплив оптимальної щільності ґрунту для різних сільськогосподарських культур на врожайність. *Таврійський науковий вісник.* 2012. №78. С. 21–26.

78. Кирилюк В. П. Забур'яненість посівів ячменю ярого залежно від систем основного обробітку ґрунту. *Збірник наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН.*. Київ, 2010. Вип. 1/2. С. 22–31.

79. Кирилюк В. П., Тимощук Т. М., Котельницька Г. М., Барладюга В. П., Долід Д.Є. Запаси продуктивної вологи та урожайність культур сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. *Наукові горизонти.* 2020. № 7(92). С. 141–148.

80. Кобець О. Б., Центило Л. В. Щільність ґрунту у посівах кукурудзи залежно від його основного обробітку та органічних добрив. *Таврійський науковий вісник.* 2024. № 139. Ч. 1. С. 87–91.

81. Кобилецька М., Терек О. Вплив іонів кадмію на вміст фенольних сполук та вільного проліну в рослинах кукурудзи. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна.* 2002. № 28. С. 311–316.

82. Коваленко Н. П. Пріоритетні напрями діяльності наукової школи з удосконалення теоретичних і методологічних основ зрошуваного землеробства в Україні. *Часопис української історії.* 2018. Вип. 37. С. 132–138.

83. Коваленко Н. П. Становлення та розвиток науково-організаційних основ застосування вітчизняних сівозмін у системах землеробства (друга половина XIX – початок XXI ст.): монографія. Київ: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 490 с.

84. Коваленко Н. П. Удобрення соломою – основний елемент екологізації сівозмін XXI століття. *Молодь у вирішенні екологічних та соціально-економічних проблем сьогодення:* матеріали конф. Інституту агроекології і природокористування НААН, Подільського державного аграрно-технічного університету. Кам'янець-Подільський, 2012. С. 6–8.

85. Коваленко Н. П. Удосконалення екологічно збалансованих сівозмін з використанням післяукісних та післяжнивних посівів. *Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства*: зб. тез III Міжвуз. наук. конф. з міжнар. участю Уманського національного університету садівництва. Умань. 2012. С. 34–36.

86. Ковальов М. М., Семетківська Т. О. Причини низької ефективності хімізації землеробства в умовах чорноземної зони України. *Вісник ХНАУ*: зб. наук. пр. Харк. нац. аграр. ун-ту. 2014. № 2. С. 84–90.

87. Контролювання сегетальної рослинності за адаптивних систем обробітку ґрунту у зоні Лісостепу України. М. М. Пташнік та ін. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика.* 2021. Вип. 1. С. 32–42.

88. Кривенко А. І. Ефективність нагромадження органічної маси сидеральних культур залежно від обробітку ґрунту в Південному Степу України. *Вісник аграрної науки.* 2018. Вип. 3. С. 66–71.

89. Крижанівський В. Г., Костогриз П. В. Економічна та енергетична ефективність вирощування гороху, пшениці озимої та буряку цукрового за різних заходів основного обробітку ґрунту. *Агробіологія.* 2015. № 1. С. 27–30.

90. Культура сидерації. Наукові основи ефективного застосування зелених добрив у господарствах різних форм власності. Камінський В. Ф. та ін.; за наук. ред. Є. Г. Дегодюка, С. Ю. Булигіна. Київ: Аграрна наука, 2013. 80 с.

91. Лебідь Є. М., Цилюрик О. І. Відтворення родючості чорноземів та продуктивність короткоротаційних сівозмін Степу залежно від системи мульчувального обробітку ґрунту. *Бюл. Ін-ту сільського господарства*

степової зони НААН. 2014. № 6. С. 8–14.

92. Літвінов Д. В. Формування водного режиму ґрунту в системі короткоротаційних сівозмін. *Вісник аграрної науки.* 2015. № 11. С. 13–18.

93. Любич В. В. Формування продуктивності різних гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. Ч. 1. С. 32–44.

94. Мазур В. А., Цицюра Я. Г., Браніцький Ю. Ю. Ефективність використання редьки олійної для біологізації систем удобрення окремих сільськогосподарських культур в умовах ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум». *Сільське господарство та лісівництво.* 2021. Вип. № 2 (21). С. 5–23.

95. Малієнко А. М., Борис Н. Е. Вплив методів основних обробітків та побічної продукції попередника на щільність складення ґрунту в сівозміні. *Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва.* Умань: УНУС, 2016. Вип. 89. Ч. 1. С. 113–125.

96. Марковська О. Є., Малярчук М. П., Малярчук А. С. Забур'яненість посівів і продуктивність сівозмін на зрошенні залежно від співвідношення культур та систем обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник.* 2019. № 196. С. 230–236.

97. Марченко Т. Ю., Писаренко П. В., Глушко Т. В. Кукурудза на зрошенні. Способи і окупність поливів. Агрономія – сьогодні. Здоров'я рослин: кукурудза. Київ: Impress-media. Kiev, 2017. С. 71–73.

98. Масик І. М. Зміна структурно-агрегатного стану ґрунту під впливом способів основного обробітку при вирощуванні вівса в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць ЛОГОЕ.* https//doi.org/10.36074/logos-is. 10.2021.14

99. Маслійов С. В., Шевченко А. М., Маслійов Є. С. Вплив обробітку ґрунту на ріст, розвиток та урожайність розлусної кукурудзи. *Таврійський науковий вісник.* 2020. № 116. Ч. 2. С. 14–21.

100. Маслійов С. В., Шевченко А. М., Маслійов Є. С. Вплив обробітку ґрунту на ріст, розвиток та урожайність розлусної кукурудзи. *Таврійський науковий вісник.* 2020. № 116. Ч. 2. С. 14–21.

101. Медведев В. В., Лындина Т. Е., Лактионова Т. Н. Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков; Изд. «13 типография». 2004. 244 с.

102. Медведєв В. В. Нормативи утворення і збереження структури ґрунту. Вісник аграрної науки. 2010. № 3. С. 9–13.

103. Медведєв В. В., Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В. Фізика ґрунту. Навчальний посібник. Київ. Видавництво, 2018. 289 с.

104. Медведєв Є. Б. Вплив способів обробітку і добрив на родючість ґрунту та урожайність сільськогосподарських культур в умовах Північної частини Донецького кряжу. *Зернові культури.* 2018. № 2. С. 314–323.

105. Медведєв Є. Б. Поживний режим чорнозему звичайного залежно від способів його обробітку і добрив в умовах Північного Степу України. *Агробіологія.* 2019. № 2. С. 21–32.

106. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.

107. Метеорологічні небезпечні явища і несприятливі умови в землеробстві України. І. Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2018. С. 37–40.

108. Методичні рекомендації з основ органічного землеробства для фермерів (досвід ПП «Агроекологія»). [Писаренко П. В., Антонець А. С., Писаренко В. М. та ін.]. Полтава: ФОП Гонтар О. В., 2013. 63 с.

109. Минкін М. В., Минкіна Г. О. Вплив глибини оранки та фону живлення на біологічну активність ґрунту при вирощуванні буряку цукрового в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник.* 2024. № 139 (1). С. 146–152.

110. Мірошниченко М. М., Носко Б. С., Гладкіх Є. Ю., Панасенко Є. В., Круподеря Ю. О., Арцих Р. С., Голита Є. В. Агрохімічні прийоми адаптації сільськогосподарських культур до екстремальних погодно-кліматичних умов. *Вісник аграрної науки.* 2016. № 3. С. 5–10.

111. Міщенко Ю. Г., Полетаєва Н. С. Післяжнивні сидерати та водопроникність ґрунту. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія».* 2015. Вип. 3 (28). С. 88–95.

112. Мокрієнко В. А. Вплив строків сівби на продуктивність нового гібриду кукурудзи PR 39081. *Науковий вісник НАУ.* 2003. № 64. С. 77–80.

113. Наукові основи систем землеробства / С. П. Танчик, О. А. Цюк, Л. В. Центило. Вінниця: ТОВ «Нілан–ЛТД», 2015. 314 с.

114. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні: монографія; за ред. С. А. Балюка та Л. Л. Товажнянського. Харків: НТУ «ХПІ», 2010. 460 с.

115. Недвига М. В. Структура ґрунту. ІВПП. 2005. 232 с.

116. Неділська У. І. Вплив мікроелементів на життєдіяльність рослин. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: зб. тез доп. ІІ Міжнар. наук. інтернет-конф. (20 листопада 2020 р., м. Тернопіль) Тернопіль: ЗУНУ, 2020. С. 124–126.

117. Нікіфоренко Л. І., Прядко О. І. Процеси гумусоутворення і гумусовий стан ґрунту залежно від систем удобрення в сівозміні. *Землеробство.* 1995. Вип. 70. С. 3–11.

118. Основи насіннєзнавства (теорія, методологія, практика): монографія. В. Д. Паламарчук та ін. Вінниця: Друкарня «Друк», 2022. 392 с.

119. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник. В. О. Єщенко, К. Г. Копитко, П. В. Костогриз, В. П. Опришко; За ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

120. Пабат І. А. Ґрунтозахисна система землеробства. Київ: Урожай, 1992. 160 с.

121. Паламарчук В. Д. Вміст крохмалю у зерні гібридів кукурудзи залежно від строків посіву. *Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво.* 2017. № 7. Том 1. С. 37–45.

122. Паламарчук В. Д. Вплив глибини загортання та франції насіння на вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2018. № 2. С. 55–65.

123. Паламарчук В. Д., Вінник О. В., Коваленко О. А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації.* 2021. № 5. С. 143–156.

124. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та еколобезпечного розвитку сільських території: монографія. Вінниця: Друкарня «Друк», 2022. 372 с.

125. Пастух Н. Р. Вплив добрив та обробітку ґрунту на біологічну активність чорнозему типового під пшеницею озимою в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2015. Вип. 58 (1). С. 183–187.

126. Патика В. П., Шерстобоєва О. В., Харитонов М. М. Ефективне застосування біопрепаратів при вирощуванні овочевих і баштанних культур. Київ: Ін-т агроекології та біотехнології, 2005. 12 с.

127. Патика М. В., Бойко Ю. П., Цюк О. А. Особливості формування різноманіття еубактеріального комплексу ризосфери буряка цукрового (*Beta vulgaris*) при застосуванні різних агрозаходів. *Мікробіологічний журнал.* 2017. 2. С. 86–94.

128. Петренко Л. В., Андрієнко В. А., Рідей Н. М. Зміна біологічних властивостей ґрунтів під впливом обробітку ґрунту без обертання скиби. Наукова монографія. НАУ. Київ: ПФ «Оранта», 1998. 200 с.

129. Петриченко В. Ф., Кобак С. Я., Колісник С. І. Науково-практичні реко-мендації щодо оптимального співвідношення сільськогосподарських

культур у сівозмінах у різних ґрунтово-кліматичних умовах. *Корми і кормовиробництво.* 2019. Вип. 87. С. 19–25.

130. Писаренко В. М., Писаренко П. В., Пономаренко С. В. Органічне землеробство для приватного сектора. Полтава, 2017. 140 с.

131. Підгорський В. С., Іутинська Г. О., Пирог Т. П. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу: монографія. Київ: Наукова думка, 2010. 328 с.

132. Піковська О. В. Щільність ґрунту за різних систем його обробітку. Пропозиція 2017. URL: propozitsiya.com/ua/shchilnist–gruntu–za–riznyh–system – yogo– obrobitku.

133. Погролеська Я. А. Мікробіологічна активність чорнозему звичайного залежно від обробітку ґрунту. *Вісник УНУС.* 2019. № 2. С. 33–38.

134. Польовий В. М., Фурманець М. Г., Сніжок О. В. Вплив обробітку ґрунту та побічної продукції на врожайність пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу. *Вісник аграрної науки.* 2023. № 3. С. 28–34.

135. Примак І. Д., Глеваський В. І., Войтовик М. В., Павліченко А. А., Качан Л. М., Панченко О. Б., Ображій С. В. Запаси доступної ґрунтової вологи, урожайність і маса кореневих решток пшениці озимої та післяжнивної гірчиці білої залежно від систем обробітку, попередників і удобрення в п’ятипільній сівозміні. *Агробіологія.* 2023. № 1. С. 98–113.

136. Примак І. Д., Єщенко В. О., Манько Ю. П., Трегуб М.І., Примак О.І. Ресурсозберігаючі технології механічного обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України. Київ: «КВІТС». 2007. 267 с.

137. Примак І. Д., Панченко О. Б. Вплив механічного обробітку ґрунту та удобрення у спеціалізованій зерно-просапній сівозміні Центрального Лісостепу України на агрофізичні властивості чорнозему типового. *Наукові доповіді НУБіП України.* 2015. 6 (55). https://nd.nubip.edu.ua/ 2015_6/11.pdf.

138. Рахметов Д. Б., Горобець С. О. Алелопатична роль альтернативних сидеральних культур у функціонуванні агрофітоценозів. *Вісник аграрної науки.* 2000. № 10. С. 22–24.

139. Сайко В. Ф., Бойко П. І. Сівозміни у землеробстві України: рекомендації. Київ: Аграрна наука, 2002. 146 с.

140. Сендецький В. М. Урожайність та якісні показники зерна кукурудзи за сумісного застосування соломи та сидератів. *Таврійський науковий вісник.* 2019. № 105. С. 147–154.

141. Сидерати кращі культури, посів закладення навесні і восени [Електронний ресурс].– URL: https://www.vsadu.in.ua/2016/ 06/Krashhi syderaty.html

142. Сидерація в технологіях сучасного землеробства: науково-виробниче видання (монографія). [Шувар І. А., Роїк М. В., Іванишин В. В., Сенднцький В. М., Центило Л. В. та ін.]; за заг. ред. І. А. Шувара, М. В. Роїка. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 180 с.

143. Симочко Л. Ю. Біологічна активність ґрунту природних та антропогенних екосистем в умовах низинної частини Закарпаття. *Науковий вісник Ужгородського університету.* 2008. № 22. С. 152–154.

144. Сінченко В. В., Танчик С. П., Літвінов Д. В. Вплив різних способів обробітку ґрунту на агрофізичні показники чорнозему типового Правобережного Лісостепу України. *Plant and Soil Science.* 2019. Vol. 10 (1). P. 41–49.

145. Сінченко В. В., Танчик С. П., Літвінов Д. В. Вплив різних способів обробітку ґрунту на агрофізичні показники чорнозему типового Правобережного Лісостепу України. *Plant and soil Science.* 2019. Vol. 10 (1). P. 41–49.

146. Скурська Н. М. Відтворення земельно-ресурсного потенціалу аграрного виробництва. Відтворення та ефективне використання ресурсного потенціалу АПК (теоретичні і практичні аспекти): кол. Монографія, Відпов. ред. В. М. Трегобчук. Київ. ІЕ НАН України, 2003. 259 с.

147. Соколовська І. М. Моніторинг засміченості агрофітоценозів зернових культур насінням бур’янів. *Аграрні інновації.* 2023. № 17. С. 132–

138.

148. Солома та інші пожнивні рештки – органічне добриво для підвищення родючості ґрунтів: науково-виробниче видання (монографія). В. М. Сендецький, О. В. Тимофійчук, В. С. Гнидюк та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2014. 92 с.

149. Спрямування біологічних процесів у ґрунті за різних систем удобрення пшениці озимої та погодних умов. О. С. Дем'янюк, О. В. Шерстобоєва, В. В. Чайковська, О.А. Демідов. *Збалансоване природокористування.* 2016. № 2. С. 146–151.

150. Старовойтов Н. А. Якісний обробіток ґрунту. *Вісник аграрної науки.* 2014. № 2. С. 13–17.

151. Танчик С. П., Бабенко А. І. Водний режим ґрунту та методи його регулювання. *Пропозиція.* 2021. № 5. URL: propozitsiya.com/ua/vodniy–rezhim–gruntu–ta–metodi–yogo–regulyuvannya

152. Тараріко О. Ю., Несмашна О. Ю., Бердніков О. М. та ін. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва. Київ : *Аграрна наука,* 2005. 200 с.

153. Тараріко Ю. О. Системи біоенергетичного аграрного виробництва. Київ: ДІА, 2009. 16 с.

154. Ткачук В. П., Саюк О. А., Плотницька Н. М., Гурманчук О. В., Павлюк І.О. Вплив способів основного обробітку ґрунту та систем удобрення на забур'яненість посівів польових культур. *Вісник ПДАА.* 2018. № 1. С. 70–73.

155. Ткачук О. П., Бондаренко М. І. Формування урожайності та якості зерна повторних посівів кукурудзи. Таврійський науковий вісник. 2023. № 129. С. 139–145.

156. Тонха О. Л., Балаєв А. Д., Вітвіцький С. В. Біологічна активність і гумусний стан чорноземів Лісостепу і Степу України: монографія. Київ: НУБіП України, 2017. 354 с.

157. Трембіцька О. І. Біологічна активність ґрунту в залежності від систем добрив в короткоротаційній сівозміні. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету.* 2011. № 1 (28). С. 441–449.

158. Трус О. М., Прокопенко Є. В., Поліщук Т. В. Біологічна активність ґрунту, її значення для родючості ґрунту і живлення рослин. *Вісник КрНУ імені М. Остроградського.* 2021. Вип. 5 (130). С. 36–41.

159. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. К. І. Андреюк, Г. О. Іутинська, А. Ф. Антипчук, О. В. Валагурова, В. Г. Козирицька, С. П. Пономаренко Київ: Обереги, 2001. 240 с.

160. Фурманець М. Г., Фурманець Ю. С., Фурманець І. Ю. Вплив систем обробітку ґрунту та удобрення на запаси продуктивної вологи під агрофітоценозами у сівозміні. *Агробіологія.* 2021. № 2. С. 176–182.

161. Цандур М. О., Друз'як В. Г., Янюк Н. А., Харікончук Г. І. Зайняті пари як базовий елемент органічного землеробства. *Вісник аграрної науки.* 2014. № 9. С. 5–9.

162. Цвей Я. П., Мирошниченко М.С. Вплив системи no-till обробітку ґрунту на формування родючості чорнозему типового слабосолонцюватого в посівах озимої пшениці та кукурудзи на зерно. *Таврійський науковий вісник.* 2020. № 113. С. 140–147.

163. Цвей Я. П., Тищенко М. В., Філоненко С. В. Моніторинг забур'яненості посівів сільськогосподарських культур у ланці зернобурякової сівозміни у виробничих умовах. *Scientific Progress & Innovations.* 2018. № 1. С. 23–30.

164. Центило Л. В. Біологічна активність ґрунту за різних систем удобрення соняшнику та обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник.* 2019. № 108. С. 117–122. (4/13).

165. Центило Л. В. Вплив систем удобрення та обробітку ґрунту на гумусний стан і біологічні процеси чорнозему типового. *Таврійський*

науковий вісник. 2019. № 107. С. 171–177.

166. Центило Л. В. Зміна водного режиму чорнозему типового залежно від систем обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки.* 2019. № 11. С. 22–27. (1/36),

167. Циков В. С., Матюха Л. П. Бур'яни: шкодочинність і система захисту. Дніпропетровськ: ООО ЕНЕМ, 2006, 86 с.

168. Цилюрик О. І. Ефективність мінімального обробітку ґрунту під кукурудзу в умовах Північного Степу України. *Вісник Дніпропетровського держ. аграр.-екон. ун-ту.* 2016. № 2. С. 5–9.

169. Цилюрик О.І. Система мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу: монографія. Дніпро: Новий Світ-2000, 2019. 298 с.

170. Цилюрик О. І., Десятник Л. М., Березовський С. В. Забур'яненість агроценозів кукурудзи під впливом обробітку ґрунту та удобрення в Північному Степу України. *Зернові культури.* 2020. Т. 4. № 1. С. 152–159.

171. Цилюрик О. І., Кулік А. Ф., Гончар Н. В. Біологічна активність ґрунту за різних способів його обробітку та удобрення в посівах соняшнику. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету.* 2017. № 2 (44). С. 42–48.

172. Цицюра Я. Г. Оцінка швидкості розкладу сидеральної маси редьки олійної у ґрунті на підставі застосування базових співвідношень ряду біохімічних показників. *Таврійський науковий вісник.* 2024. № 137. С. 328–342.

173. Цицюра Я. Г., Неїлик М. М., Дідур І. М., Поліщук М. І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства: монографія. Вінниця: Видавець ТОВ «Друк», 2022. 770 с.

174. Цьова Ю. А. Агроекологічне значення способів механічного обробітку ґрунту в умовах Полтавської області: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 03.00.16. Полтава, 2017. 21 с.

175. Цюк О.А., Кирилюк В.І., Ющенко Л.П. Біохімічна активність чорнозему типового за різних систем землеробства. Мікробіологічний журнал.

2017. Т. 49. № 3. С. 65–71.

176. Цюк О. А., Манько Ю. П., Ямковий В. Ю. Зміна агрофізичних властивостей ґрунту залежно від систем землеробства. *Збірник наукових праць ХДАУ.* 2007. Вип. 52. С. 102–108.

177. Цюк О. А., Центило Л. В., Мельник В. І. Зміни агрофізичних властивостей чорнозему типового під впливом застосування добрив і обробітку ґрунту. *Наукові доповіді НУБіП України.* 2021. Т. 5 (93). http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.05.007

178. Цюк О. А., Центило Л. В., Мельник В. І. Структурно-агрегатний склад ґрунту залежно від основного обробітку та удобрення. *Біоресурси і природокористування.* 2018. Т. 10. № 5–6. С. 139–145.

179. Чайка Т. О. Розвиток виробництва органічної продукції в аграрному секторі економіки України: монографія. Донецьк: Видавництво «Ноулідж», 2013. 320 с.

180. Чайка Т. О., Пономаренко С. В. Зелені добрива-сидерати в органічному землеробстві. *Аграрний бюлетень.* 2015. № 54. С. 25–31.

181. Чернілевський М. С., Рибак М. Ф., Білявський Ю. А., Саюк О. А. Вплив способів основного обробітку на екологічний стан ґрунту і врожайність сільськогосподарських культур. *Вісник ДААУ.* 1998. № 2. С. 33–39.

182. Чумбей В. В., Танчик С. П., Павлов О. С. Запаси доступної вологи ґрунту за вирощування гречки залежно від основного та передпосівного обробітку в умовах Прикарпаття України. *Рослинництво та ґрунтознавство.* 2018. № 286. С. 113–120.

183. Шевченко М. В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: ХНАУ, Майдан, 2019. 210 с.

184. Шевченко О. М., Шевченко С. М., Приходько В. І., Швець Н. В. Технологічні прийоми підвищення ефективності регулювання поживного режиму при вирощуванні кукурудзи. *Бюл. Інституту сільського*

господарства степової зони НААН. 2011. № 1. С. 46–50.

185. Шерстобоєва О. В., Дем'янюк О. С., Чабанюк Я. В. Біодіагностика і біобезпека ґрунтів агроекосистем. *Агроекологічний журнал.* 2017. № 2. С. 142–149.

186. Шикула М. К., Антонець С. С. та ін. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Київ: Оранта, 1998. 680 с.

187. Шикула М. К. Наукове обґрунтування ґрунтозахисної системи землеробства в Україні. *Вісник аграрної науки.* 1998. № 9. С. 98–101.

188. Шикула М. К., Балаєв А. Д., Капштик М. В. та ін. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Київ: Оранта, 1998. 640 с.

189. Шиян Ф. М. Обробіток ґрунту під горох. *Вісник Дніпропетровського ДАУ.* 2012. № 1. С. 20–26.

190. Шувар І. А., Бердніков О. М., Сендецький В. М., Центило Л. В., Бунчак О. М. Сидерати в сучасному землеробстві. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 156 с.

191. Юркевич Є. О., Коваленко Н. П., Бакума А. В. Агробіологічні основи сівозмін Степу України: монографія. Одеса: Одеське видавництво «ВМВ», 2011. 240 с.

192. Якунін О. П., Пащенко Ю. М., Рибка В. С. Ефективність вирощування гібридів кукурудзи в різних технологічних системах. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету.* 2005. № 1. С. 7–11.

193. Якунін О. П., Румбах М. Ю. Економічна і біоенергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи в умовах північної підзони Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету.* 2010. № 1. С. 25–27.

194. Якунін О. П., Храмцов Л. І., Трубілов О. В. Врожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від обробітку ґрунту і рівня мінерального живлення. *Таврійський науковий вісник.* 2013. № 84. С. 144–149.

195. Abdulraheem M. I., Tobe O. K. Green manure for agricultural sustainability and improvement of soil fertility. *Farming & Management.* 2022. Vol. 7. P. 1–8.

196. Averchev O., Fesenko H. Analysis of economic aspects of buckwheat, panicum and rice growing and production in central and Eastern Europe and Ukraine. *Baltic journal of Economic Studies.* 2019. Vol. 5. N 5. P. 213–221.

197. Bais H. P., Tiffany L. W., Lanra G. P., Gilroy S., Vivanco I. M. The role of root exudates in rhizosphere in interactions with plants and other organisms. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 2006. V. 57. P. 233–266.

198. Barakina E. E., Barakin N. S. Changes in the agrophysical properties of the chernozem leached wich the use of defecate and fertilizers for the cultivation of winter wheat. *Earth and Environmental Science:* Paper presented at the IOP Conference Series: 2021. Vol. 666 (3). https://doi.org/10.1088/1755–1315/666/3/032010

199. Blanco-Canqui H., Ruis S. J. Cover crop impacts on soil physical properties: A review. *Soil Science Society of America journal.* 2020. N 84 (5). P. 1527–1576. https://doi.org/10.1002/saj2.20129.

200. Burtan L., Topa P., Jităreanu G., Calistru A.E., Răus L., Cara I.G., Sirbu G., Cioroianu T. The influence of conservative tillage systems on physico-chemical properties and yield under a cambic chernozem from northe as tern part of Romania. *Romanian agricultural research.* 2020. № 37. P. 141–149.

201. Chmeliowska J., Veloso J., Gutierres J., Silvar C., Piaz J. Cross protection of pepper plants stressed by copper against a vascular pathogen is accompanied by the induction of a defense response. *Plant Science*. 2010, № 178, P. 176–182.

202. Demyanyuk O. S., Patyka V. P., Sherstoboeva O. V., Bunas A. A. Formation of the structure of microbiocenoses of soils agroecosystems depending on trophic and hydrothermic factors. *Biosystems diversity.* 2018. Vol. 26 (2). P. 103–110.

203. Demyanyuk O.S., Sherstoboeva O.V., Bunas A.A., Dmitrenko O.V. Effects of different fertilizer systems and hydrothermal factors on microbial activity in the chernozem in Ukraine. Biosystems diversity. 2018. Vol. 26 (4). P. 309–315.

204. Doi Z., Hu J., Fan J., Fu W., Wang H., Hao M. No-tillage with mulching improves maize yield in dryland farming through regulating soil temperature, water and nitrate-N. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 2021. № 309. 107288.

205. Doran J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society of America journal.* 1980. Vol. 44. № 4. P. 765–771.

206. Effects of conservation tillage on soil porosity in maize-wheat cropping system. Tangynan N. et al. *Plant soil and environment.* 2009. Vol. 55 (8). P. 327–333.

207. Eun-ji dh, Jl-Su Park, Jin Yoo, Suk-jik Kim, Sun-Hee Woo, Keun-Yook Chung. Effect of Tillage System and Fertilization Method on Biological Activities in Soil under Soybean Cultivation. *Korean journal of Environmental Agriculture.* 2017. Vol. 36. № 4. P. 223–229.

208. Field B., Jordan F. and Osboum A. First encocinters-deployment of defencerelated natural products by plants. *New Phytol.* 2006. 172. P. 193–207.

209. Fu Y. W., Tian Z. C., Amoozegar A. Heitman J. Measuring dynamic changes of soil porosity during compaction. Soil & tillage research. 2019. *Vol.* 193. P. 114–121. https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05/016.

210. Hopkins W. G., Huner N. P. Introduction to Plant Physiology, 4th ed.; john Wiley & Sons, Inc.: New York, NY, USA, 2009. 503 p.

211. Khadem S., Marles R. J. Monocyclic phenolic acids, hydroxy and polyhydroxybenzoic acids: *Occurrence and recent bioactivity studies Molecules,* 2010. Vol. 15. P. 7985–8005. https://doi.org/10.3390/molecules 15117985.

212. Li S., Wu X., liang G., Gao L., Wang B., Lu J., Abdelrhman A.A., Song X., Zhagg M., Zheng F., Pegre A. Is least limiting water range a useful indicator of the impact of tillage management on maize yield? *Soil and Tillage Research.* 2020.

№ 199. P. 104602.

213. Liv X. H., Zhou X., Deng L. C., Fan L. Y., Qu L., Li M. Decomposition characteristics of rapeseed green manure and effect of nutrient release on soil fertility. *Human Agricultural Science.* 2020. Vol. 416. P. 39–44.

214. Maliszewska-Kordybach B. Organic contaminants in agricultural soils in central and east European countries as compared to west European countries. *Soil quality, sustainable agriculture and environmental security in central and eastern Europe.* 2000. Vol. 69. P. 49–61.

215. Mrabet R. Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa. Soil and Tillage Research. 2002. Vol. 66 (2). P. 119–128.

216. Mueller T., Jensen L.S., Nielsen N.E., Magid J. Turnover of carfon and nitrogen in a sandy load soil following incorporation of chopped maize plants, barley strawand line grass in field. *Soil Biol. and Biochem.* 1998. Vol. 30. P. 561–571.

217. Polovyi V., Snitynskyi V., Hnativ P. et al. Agroecological efficiency of a crop fertilization system with the use of phytomass residues in the western forest steppe of Ukraine. *J. of Elementology.* 2021. № 26 (2). P. 433–445.

218. Roldan A., Salinas J.R., Garcia M.M., Alquacil G., Piaz C.F. Changes in soil microbial activity following conservation tillage practices in a sorghum field under subtropical conditions. *Int. Soil. Conserv Organ Conf.* 2004. Vol. 8: 8–11. № 687. P. 1–4.

219. Scognamiglio M., D'Abrosca B., Esposito A., Pacifico S., Monaco P., Fiorentino A. Plant growth inhibitors: Allelopathic role or phototoxic effects: Focus on Mediterranean biomes. *Photochemistry Reviews.* 2013. № 12 (4). P. 803–830.

220. Scognampglio |M., P'Abrosca B., Esposito A., Pacifico S., Monaco P. & Fiorentino A. Plant growth inhibitors: Allelopathic role or phototoxic effects? Focus on Mediterranean biomes. *Photochemistry Reviews.* 2013. № 12 (4), P. 803–830.

221. Seo P.C., Delaune R.D. Effect of redox conditions on bacterial and

fungal biomass and carbon dioxide production in Louisiana coastal swamp forest sediment. *Science Total. Environment.* 2010. № 408. P. 3623–3631. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.04.043

222. Tsyuk O., Myroshnychenko V., Tsvey Y. Control of weeds in agrophytocenosis of winter wheat depending on soil treatment and fertilization system. *Agro life Scientific journal.* 2021. Vol. 10 (2). P. 197–202.

223. Tsyuk O.A., Tanchyk S.P., Kyrylyuk V.I., Shevchenko T.V. Biological activity of the soil in sows of winter wheats depending on the main soil treatment in sequence. *Ukrainian journal of Ecology.* 2018. Vol. 8, № 3. P. 37–40.

224. Videnović Ž., Simić M., Srdić J., Pumanović Z. Long term effect of different soil tillage systems on maize (Zea mays L.) yields. *Plant, Soil and Environment.* 2011. № 57 (4). P. 186–192.

225. Voss M., Sidiras N. Nodulacao da soja em plantio direto em comparacao com plantio convencional. *Pesq. agropec. bras.* Brasillia. 1985. Vol. 20. P. 775–782.

226. Wang Xiao-Bin, Cai Dian-Xiong, Hoogmoed W.B., Oenema O., Perdok U.B. Potential effect of conservation tillage on sustainable land use. A review of global long-tern studies. *Pedosphere.* 2006. № 5. Vol. 16. P. 587–595.

227. Yadav D., Kumawat A., Kumar P., Kumar S., Singh D., Kumar D. Chemical Fertilization to Green Manuring: Moving towards Sustained Production. *Farm Information Bureau.* 2021. Vol. 9. № 1. P. 15–19.

228. Zhang Y.J. et al. Effects of different sub-soiling frequencies incorporated into no-tillage systems on soil properties and crop yield in dryland wheat-maize rotation system. *Field Crops Research.* 2017. Vol. 209. P. 151–157.

ДОДАТКИ

Додаток А

Оцінка типовості опадів вегетаційних сезонів, мм

Показник	Місяць							За вегетацію
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2023	103,2	2,0	40,6	118,2	19,0	7,2	46,4	336,6
2024	85,2	9,6	77,0	2,2	33,8	13,4	25,4	246,6
2025	24,0	3,2	28,2	103,2	16,8	41,4	82,6	299,4
Багаторічна норма	46	48	64	83	57	34	36	368
Відхилення від норми								
2023	57,2	-46,0	-23,4	35,2	-38,0	-26,8	10,4	-31,4
2024	39,2	-38,4	13,0	-80,8	-23,0	-20,6	-10,6	-121,9
2025	-22	-44,8	-35,8	20,2	40,2	7,4	46,6	-68,6
Коефіцієнт істотності відхилень								
2023	2,6	-1,4	-0,4	1,4	-0,7	-0,7	0,3	0,16
2024	1,8	-1,2	0,2	-3,1	-0,4	-0,6	-0,3	-0,51
2025	-1,0	-0,95	-1,4	0,7	1,4	0,13	1,6	-0,46

Показник: Коефіцієнт істотності визначений на підставі наступних положень:

1) Величина середнього квадратного відхилення (S) при визначенні коефіцієнтів істотності Кі $= \frac{(X-X1)}{S}$ відхилень від багаторічної норми (X_1).
2) Неістотними є відхилення при Кі<±1, істотними – при Кі=±1-2 і екстремальними - при Кі>±2.

Додаток В 1

Інтенсивність розкладання лляної тканини за 45 діб експозиції у грунті, %

Обробіток грунту, А	Сидерати, В	2023			2024			2025		
		0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
Поверхневий обробіток грунту на 6–8 см	1	22,3	24,0	14,0	22,6	22,7	11,3	23,8	24,6	11,0
	2	27,0	29,0	15,0	25,1	27,6	14,0	23,0	25,0	12,9
	3	24,0	25,0	15,0	23,5	25,0	13,1	22,1	22,6	11,0
	4	27,6	27,6	14,0	25,0	25,0	13,0	26,0	27,4	15,6
	5	25,0	25,0	12,4	26,8	27,8	27,0	14,0	26,8	29,0
	6	27,0	27,0	15,8	26,8	28,0	15,0	25,3	31,8	13,0
Безполицевий обробіток грунту на 33–35 см	1	23,0	24,5	14,8	25,0	25,4	15,0	26,7	27,5	13,0
	2	28,3	32,0	16,0	26,5	28,0	15,0	26,0	30,0	15,4
	3	23,0	23,0	13,4	25,0	25,0	15,0	24,8	26,9	14,0
	4	25,0	28,0	12,0	26,3	28,8	14,0	28,0	31,0	14,0
	5	25,0	30,0	14,0	27,0	27,0	15,0	29,0	33,2	14,6
	6	28,0	32,0	13,0	27,0	29,0	15,0	27,8	31,4	16,0
Технології *no-till*	1	23,0	26,0	12,4	23,1	23,1	14,0	20,0	23,0	12,0
	2	22,5	23,0	15,0	25,0	26,0	13,0	24,6	29,0	13,0
	3	25,0	26,0	12,0	23,1	23,1	14,0	21,0	23,2	11,2
	4	23,0	27,0	13,0	25,0	26,0	15,0	26,5	27,0	11,0
	5	24,0	28,0	12,0	25,0	26,0	15,0	26,0	27,0	13,2
	6	26,0	28,0	14,0	24,0	25,0	12,0	26,8	28,9	15,3
$НІР_{05}$А		1,51	1,34	1,38						
$НІР_{05}$В		1,39	1,70	1,33						

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава.

Додаток В2

Інтенсивність виділення CO_2 ґрунтом залежно від його обробітку та сидератів, мгCO_2/м^2

Обробіток грунту, А	Сидерати, В	2023			2024		
		травень	липень	серпень	травень	липень	серпень
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	212	435	290	250	445	310
	2	214	420	295	230	430	283
	3	232	435	310	220	425	326
	4	218	422	301	230	430	311
	5	235	435	302	225	429	318
	6	226	446	326	240	440	314
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	255	460	335	241	470	345
	2	236	438	327	235	452	339
	3	231	457	330	245	443	340
	4	230	475	333	244	461	327
	5	235	465	330	245	479	346
	6	244	460	347	240	480	333
Технології no-till	1	201	305	266	209	319	274
	2	209	302	261	205	318	269
	3	216	329	291	200	309	280
	4	210	327	295	198	309	265
	5	212	330	280	204	214	298
	6	210	316	300	210	324	280
$НІР_{05}$А		22,9	11,7	17,7			
$НІР_{05}$В		$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$			

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава.

Додаток В3

Вміст фенольних сполук в ґрунті залежно від його обробітку та сидератів, мг/кг

Обробіток грунту, А	Сидерати, В	2023									2024								
		перед сівбою			6-8 листків			перед збиранням			перед сівбою			6-8 листків			перед збиранням		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	5,5	25,2	30,7	5,9	26,4	32,3	6,2	28,4	34,6	5,7	25,2	30,9	5,7	27,3	33,0	6,0	29,0	35,0
	2	6,7	25,6	32,3	6,9	26,6	33,5	7,0	28,8	35,8	7,0	25,1	32,1	6,7	27,3	34,0	6,8	29,2	36,0
	3	6,5	27,7	34,2	6,4	31,5	37,9	7,2	30,4	37,6	6,9	27,7	34,6	6,6	31,8	38,4	7,0	31,0	38,0
	4	8,5	33,0	41,5	7,0	33,3	40,3	7,9	33,1	41,0	8,3	33,6	41,9	7,2	33,6	40,8	8,0	33,5	41,5
	5	7,0	34,4	41,4	7,5	33,7	41,2	7,7	34,6	42,3	7,2	33,8	41,0	7,3	34,5	41,8	7,6	34,4	42,0
	6	7,2	35,9	43,1	7,9	34,7	42,6	8,0	36,5	44,5	7,0	36,5	43,5	8,0	35,0	43,0	8,2	36,6	44,8
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	6,7	25,2	31,9	7,2	27,8	35,0	8,0	30,7	38,7	6,6	26,0	32,6	7,4	28,3	35,7	7,9	31,1	39,0
	2	6,4	28,4	34,8	7,0	26,1	33,1	7,8	32,3	40,1	6,2	28,8	35,0	7,2	26,6	33,8	8,0	32,0	40,0
	3	7,3	29,0	36,3	7,4	29,6	37,0	8,5	32,8	41,3	7,0	30,0	37,0	7,6	28,9	36,5	8,3	33,3	41,6
	4	8,1	33,7	41,8	8,8	30,4	39,2	9,4	32,6	42,0	8,0	34,4	42,4	9,0	30,0	39,0	9,6	32,8	42,4
	5	8,4	34,0	42,4	9,0	31,8	49,8	9,8	32,2	42,1	8,6	34,0	42,6	8,8	31,2	40,0	9,6	33,2	42,8
	6	9,1	36,2	45,3	10,2	33,6	43,8	10,4	36,1	46,5	9,2	36,7	45,9	10,0	34,0	44,0	10,6	35,4	46,0
Технології *no-till*	1	5,5	24,6	30,1	5,9	26,1	32,0	6,8	26,4	33,2	5,8	24,9	30,7	6,2	26,2	32,4	6,7	26,3	33,0
	2	6,2	26,4	32,6	6,5	26,5	33,0	7,0	27,4	34,4	6,0	27,0	33,0	6,8	25,8	32,6	7,2	26,8	34,0
	3	6,6	26,4	33,0	7,0	27,5	34,5	8,0	28,2	36,2	7,0	26,7	33,7	6,8	28,2	35,0	8,4	27,6	36,0
	4	6,8	26,5	33,3	7,4	34,2	41,6	7,5	30,9	38,4	7,0	27,0	34,0	7,6	34,4	42,0	7,3	31,8	39,0
	5	6,8	28,2	35,0	7,5	34,4	41,9	10,8	29,2	49,0	7,2	28,4	35,6	7,7	34,6	42,3	10,6	31,7	42,4
	6	6,6	29,0	35,6	7,0	32,8	39,8	7,7	35,4	43,1	7,2	28,8	36,0	7,9	32,1	40,0	7,9	35,7	43,6

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава. I – спиртові; II – водно-ацетонові; III – всього

Додаток В4

Вміст амінокислот у ґрунті залежно від основного його обробітку та сидератів, мг/кг

Обробіток грунту, А	Сидерати, В	2023			2024		
		перед сівбою	6-8 листків	перед збиранням	перед сівбою	6-8 листків	перед збиранням
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	75,3	68,0	21,6	79,2	72,0	19,2
	2	67,2	63,0	20,0	63,0	61,0	18,0
	3	73,2	69,0	22,6	67,4	65,0	20,0
	4	94,0	94,0	26,0	98,0	86,0	22,0
	5	99,0	90,0	22,6	95,2	94,4	28,0
	6	94,0	88,2	26,0	100,0	94,0	24,4
Безполицевий обробіток грунту на 33–35 см	1	76,5	70,0	20,4	82,5	74,4	24,0
	2	68,0	58,0	18,0	64,8	64,0	22,2
	3	70,6	61,0	21,0	74,0	69,0	27,0
	4	94,4	88,4	29,0	100,0	91,8	25,0
	5	94,6	89,4	30,0	100,0	93,0	26,0
	6	96,0	90,0	26,4	100,0	96,0	30,0
Технології *no-till*	1	50,4	52,0	17,2	56,0	46,4	13,6
	2	39,0	42,0	16,0	45,0	38,4	12,0
	3	47,0	40,0	18,0	51,4	48,0	14,0
	4	50,0	51,4	17,0	58,4	53,4	21,0
	5	51,0	50,6	18,0	60,0	56,0	22,0
	6	54,0	51,2	25,0	60,0	60,0	19,0
$НІР_{05}$А		13,1	13,2	$F_ф < F_{05}$			
$НІР_{05}$В		13,9	5,1	$F_ф < F_{05}$			

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава.

Додаток Г1

Вплив обробітку грунту і сидератів на висоту рослин кукурудзи у фазу 6-8 листків, см

Обробіток грунту, А	Сидерати, В	Роки			Середнє
		2023	2024	2025	
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	68,0	63,0	64,0	65,0
	2	67,0	72,0	71,0	70,0
	3	75,0	73,0	68,0	72,0
	4	71,0	64,0	69,0	68,0
	5	67,0	72,0	74,0	71,0
	6	74,0	70,0	72,0	72,0
Безполицевий обробіток грунту на 33–35 см	1	65,0	67,0	72,0	68,0
	2	72,0	68,0	70,0	70,0
	3	68,0	70,0	72,0	70,0
	4	72,0	78,0	75,0	75,0
	5	70,0	76,0	79,0	75,0
	6	74,0	76,0	78,0	76,0
Технології *no-till*	1	60,0	62,0	64,0	62,0
	2	62,0	61,0	57,0	60,0
	3	68,0	62,0	65,0	65,0
	4	64,0	70,0	67,0	67,0
	5	64,0	73,0	67,0	68,0
	6	71,0	70,0	63,0	68,0
$НІР_{05}$А					3,8
$НІР_{05}$В					2,9

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава.

Додаток Г 2

Вплив обробітку грунту і сидератів на висоту рослин кукурудзи, см

Обробіток грунту, А	Сидерати, В	Фаза викидання волоті				Повна стиглість			
		2023	2024	2025	Середнє	2023	2024	2025	Середнє
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	163	160	157	160	176	174	184	178
	2	165	159	156	162	185	181	177	181
	3	163	170	168	167	180	200	190	190
	4	176	170	173	173	195	200	205	200
	5	176	170	173	173	210	196	197	201
	6	170	177	175	174	205	195	200	200
Безполицевий обробіток грунту на 33–35 см	1	162	167	166	165	170	185	185	180
	2	160	161	168	163	190	192	170	184
	3	175	170	165	170	181	185	198	188
	4	170	175	180	175	211	205	202	206
	5	185	180	181	182	200	210	211	207
	6	180	182	184	182	214	207	200	207
Технології *no-till*	1	150	156	150	152	162	165	183	170
	2	160	152	156	156	171	177	180	176
	3	161	164	167	164	179	184	195	185
	4	168	172	167	169	183	177	174	178
	5	175	165	167	169	175	185	180	180
	6	168	170	172	170	185	180	175	180
$НІР_{05}$А					2,2				4,4
$НІР_{05}$В					3,7				7,4

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава.

Додаток Д1

Кількість бур'янів на період сходів в агроценозі кукурудзи на зерно залежно від основного обробітку грунту та сидератів, шт/м^2

Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	Всього				Однодольні				Дводольні			
		2023	2024	2025	Середнє	2023	2024	2025	Середнє	2023	2024	2025	Середнє
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	231	201	207	213	180	155	151	162	42	55	56	51
	2	246	280	278	268	194	216	208	206	65	59	62	62
	3	232	225	236	231	176	190	180	182	45	55	47	49
	4	175	190	281	182	126	142	134	134	56	42	46	48
	5	180	170	175	175	150	128	130	136	42	38	37	39
	6	171	183	180	178	141	125	130	132	51	41	46	46
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	210	185	190	195	162	148	152	154	46	37	40	41
	2	210	241	230	227	168	178	170	172	51	54	60	55
	3	210	243	240	231	165	179	175	173	57	62	55	58
	4	155	179	170	168	118	140	126	128	37	40	43	40
	5	179	170	176	175	139	110	120	123	47	58	51	52
	6	178	165	167	170	127	136	124	129	49	37	37	41
Технології *no-till*	1	245	245	230	240	178	193	190	187	59	48	52	53
	2	260	270	280	270	193	210	212	205	60	65	70	65
	3	262	240	248	250	212	185	194	197	58	55	46	53
	4	205	210	215	210	145	163	151	153	52	62	57	57
	5	195	200	220	205	156	170	160	162	49	40	40	43
	6	182	210	208	200	165	160	155	160	38	38	44	40
$НІР_{05}$А					4,2				4,9				1,2
$НІР_{05}$В					11,8				10,0				5,4

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава.

Додаток Д 2

Кількість та маса бур'янів перед збиранням кукурудзи залежно від основного обробітку ґрунту та сидератів

Обробіток грунту, А	Сидерати, В	Кількість бур'янів, шт/м^2				Маса бур'янів, г/м^2			
		2023	2024	2025	Середнє	2023	2024	2025	Середнє
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	21	26	28	25	136	115	124	115
	2	28	20	21	23	108	125	112	115
	3	25	26	33	28	150	130	140	140
	4	18	22	20	20	93	102	105	100
	5	21	18	15	18	94	85	91	90
	6	22	18	17	19	91	101	93	95
Безполицевий обробіток грунту на 33–35 см	1	19	23	27	23	118	102	110	110
	2	17	25	21	21	110	95	98	101
	3	30	22	26	26	112	130	136	126
	4	15	20	19	18	74	91	93	86
	5	20	15	16	17	89	75	82	82
	6	15	16	20	17	80	89	83	84
Технології *no-till*	1	16	23	21	20	160	150	155	155
	2	22	15	17	18	155	143	152	150
	3	17	24	25	22	157	152	177	162
	4	15	19	17	17	165	152	154	157
	5	12	16	17	15	155	145	150	150
	6	19	14	15	16	160	144	146	150
$НІР_{05}$А					1,75				6,9
$НІР_{05}$В					3,41				7,9

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава.

Додаток Ж 1

Урожайність зерна кукурудзи залежно від обробітку ґрунту і сидератів, 2023, т/га

Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	Повторення			Середнє
		I	II	III	
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	6,7	5,8	6,2	6,2
	2	7,0	6,4	8,1	7,2
	3	8,2	7,5	7,6	7,8
	4	7,0	7,1	7,0	7,0
	5	7,8	8,0	8,3	8,0
	6	8,0	7,8	8,3	8,0
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	7,7	7,0	7,3	7,3
	2	6,6	8,0	7,7	7,4
	3	9,0	8,6	8,3	8,6
	4	9,0	9,5	8,6	9,0
	5	8,8	9,2	9,0	9,0
	6	10,6	9,5	11,6	10,6
Технології *no-till*	1	7,0	6,5	5,6	6,4
	2	6,8	7,4	7,6	7,3
	3	7,8	7,6	8,0	7,8
	4	6,3	6,8	7,1	6,7
	5	7,6	6,3	7,0	7,0
	6	7,0	8,0	8,4	7,8
$НІР_{05}$А					0,27
$НІР_{05}$В					0,54

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава.

Додаток Ж 2

Урожайність зерна кукурудзи залежно від обробітку ґрунту і сидератів, 2024, т/га

Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	Повторення			Середнє
		I	II	III	
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	6,2	6,1	6,6	6,3
	2	6,5	6,2	7,4	6,7
	3	7,6	7,6	7,4	7,5
	4	7,4	7,6	7,3	7,4
	5	7,6	7,8	8,0	8,0
	6	7,6	7,8	8,0	7,8
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	7,9	7,8	7,6	7,8
	2	7,9	8,5	7,8	8,1
	3	8,4	8,6	8,5	8,5
	4	9,6	9,6	8,8	9,3
	5	9,8	9,4	9,6	9,6
	6	9,0	10,8	12,5	10,8
Технології *no-till*	1	6,5	6,3	5,3	6,0
	2	6,8	6,4	6,7	6,6
	3	7,6	7,5	7,2	7,4
	4	6,4	7,0	7,9	7,1
	5	7,9	6,5	7,4	7,3
	6	6,8	7,4	8,0	7,4
$НІР_{05}$А					0,30
$НІР_{05}$В					0,60

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава.

Додаток Ж 3

Урожайність зерна кукурудзи залежно від обробітку ґрунту і сидератів, 2025, т/га

Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	Повторення			Середнє
		I	II	III	
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	6,8	6,5	7,6	7,0
	2	6,7	6,8	7,8	7,1
	3	8,0	7,4	7,4	7,6
	4	7,2	7,6	8,0	7,6
	5	7,0	7,6	7,0	7,2
	6	8,7	7,9	8,2	8,3
Безполицевий обробіток ґрунту на 33–35 см	1	8,3	8,6	9,2	8,7
	2	8,4	9,6	9,0	9,0
	3	10,0	9,0	9,8	9,6
	4	9,2	8,8	9,5	9,2
	5	10,5	10,6	10,8	10,6
	6	8,8	8,8	9,9	9,2
Технології *no-till*	1	6,3	6,5	5,3	6,0
	2	6,6	6,3	6,3	6,4
	3	7,4	7,3	6,7	7,1
	4	6,0	6,8	7,0	6,6
	5	7,6	6,4	6,8	6,9
	6	6,9	7,6	8,0	7,5
$НІР_{05}$А					0,42
$НІР_{05}$В					0,46

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава.

Додаток З 1

Енергетична оцінка технологій вирощування зерна кукурудзи залежно від обробітку ґрунту та сидератів за 2023-2025 рр.

Обробіток ґрунту, А	Сидерати, В	Надходження енергії з врожаєм, ГДж/га	Витрати енергії, ГДж/га	Приріст енергії, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності	Енергоємність 1 т зерна ГДж
Поверхневий обробіток на 6–8 см	1	98,4	33,0	65,4	3,47	5,1
	2	106	35,1	70,9	3,51	5,0
	3	115	36,3	78,7	3,68	4,8
	4	110,5	39,2	71,3	3,28	5,4
	5	116,5	41,6	74,9	3,26	5,4
	6	121,1	44,2	76,9	3,19	5,5
Безполицевий обробіток грунту на 33–35 см	1	119,6	34,5	85,1	4,03	4,4
	2	124,1	37,2	86,9	3,88	4,5
	3	134,7	37,7	97,0	4,15	4,2
	4	139,3	39,8	99,5	4,07	4,3
	5	146,8	42,4	104,4	4,03	4,4
	6	154,4	45,3	109,1	3,96	4,4
Технології *no-till*	1	92,3	30,0	62,3	3,58	4,9
	2	102,9	31,2	71,7	3,84	4,6
	3	112,0	32,6	79,4	4,0	4,4
	4	102,9	34,5	68,4	3,47	5,1
	5	107,5	35,2	72,3	3,95	5,0
	6	115,0	37,3	77,7	3,59	4,9

Примітка: 1 – післяжнивні та кореневі рештки; 2 – солома + сидерати; 3 – солома + сидерати + мінеральні добрива; 4 – редька олійна + фацелія + люпин + суданська трава; 5 – гірчиця біла + фацелія + люпин + суданська трава; 6 – редька олійна + гірчиця біла + фацелія + вика+ льон + суданська трава.

Додаток К

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Статті наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних

3. **Кобець О. Б.,** Центило Л. В. Щільність ґрунту у посівах кукурудзи залежно від його основного обробітку та органічних добрив. *Таврійський науковий вісник.* 2024. № 139. Ч. 1. С. 85–91. (Кобцем О. Б. *взято участь у закладці та проведенні польових досліджень із кукурудзою, здійснено визначення щільності складення грунту. Центилом Л. В. здійснено наукове керівництво проєктом щодо відбору зразків грунту, проведено аналіз літературних джерел*

4. **Кобець О. Б.,** Центило Л. В. Біологічна активність чорнозему типового залежно від обробітку та сидератів. *Таврійський науковий вісник.* 2025. № 142. Ч. 1. С. 108–114. *(Кобцем О. Б. проведено польові та лабораторні дослідження, визначено біологічну активність ґрунту, оформлено статтю. Центилом Л. В. . здійснено методичний супровід, часткове опрацювання наукових джерел)*.

7. Кобець О. Б., Центило Л. В. Водний режим чорнозему типового залежно від агротехнологічних заходів вирощування кукурудзи. *Аграрні інновації.* 2024. № 27. С. 49–53. *(Кобцем О. Б. проведено польові дослідження, здійснено аналіз експериментальних даних, наукових публікацій, підготовлено до друку статтю. Центилом Л. В. здійснено методичний супровід закладки та проведення польових досліджень із кукурудзою).*

Тези і матеріали наукових конференцій

8. Кобець О. Б. Ріст та розвиток рослин кукурудзи залежно від технологій обробітку грунту. *Інноваційні засади управління землями*

сільськогосподарського призначення в контексті забезпечення продовольчої безпеки держави: матеріали міжнародної наукової конференції (Чабани, 24 жовтня 2024 р.). НААН, ННЦ «Інститут землеробства НААН). С. 117–121.

9. Кобець О. Б. Сидерація як основа підвищення родючості грунту. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу:* матеріали XXV міжнародного науково-практичного форуму. (Дубляни, 02-04 жовтня 2024 р.). ЛНУП, Львівський національний університет природокористування. С. 207–209.

10. Кобець О., Центило Л. Вплив основного обробітку грунту та сидератів на щільність будови та запаси вологи в чорноземі типовому. Турбота про ґрунти в умовах війни та миру: стан, моніторинг та управління: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (Харків, 5 грудня 2024 р.). НААН, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського»). С. 57–60. *(Кобцем О. Б. проведено польові та лабораторні дослідження, визначено щільність ґрунту та запаси вологи, оформлено статтю. Центилом Л. В. здійснено методичний супровід, підготовку тез до публікації)*.

Додаток Л 1

АКТ

впровадження науково-технічного дослідження (НТД) як результат закінчення науково-дослідної чи дослідно-конструкторської роботи (НДР ви ДКР)

1. Назва НДР «Вплив сидеральних культур та обробітку ґрунту на продуктивність кукурудзи на зерно в Правобережному Лісостепу»

2. Впровадження аспірантом кафедри землеробства та гербології НУБіП України Кобець О. Б.

3. Коротка характеристики та назва заходу: порівняльна ефективність різних технологій механічного обробітку ґрунту під кукурудзу на зерно після пшениці озимої. Застосування безполицевого обробітку ґрунту до 35 см сприяло збільшенню урожайності на 21,5 %, порівняно з поверхневим обробітком ґрунту; підвищенню рівня рентабельності, що становив 105%. Коефіцієнт енергетичної ефективності зріс за безполицевого обробітку на 10,2 %.

4. Місце впровадження: ТОВ «ФК ЛТД» Київська область, Білоцерківський район, смт Володарка.

5. Рік і обсяг впровадження: 2024-2025 р.р. Щорічно на площі 105 га., упродовж 2024-2025 рр.

6. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину) і на весь обсяг впровадження: одержано додаткової продукції з одного гектара на суму:

за роки впровадження економічний ефект становив 950 грн на 1 га.

7. Відповідальні:

а) від вищого навчального закладу:

Аспірант кафедри землеробства та гербології Національного університету біоресурсів і природокористування України

Кобець О. Б.

б) директор ТОВ «ФК ЛТД», Київської області Білоцерківського району

Каплун Т. М.

Додаток Л 2

АКТ

Впровадження науково-технічного дослідження (НТД) як результат закінчення науково-дослідної чи дослідно-конструкторської роботи (НДР ви ДКР)

1. Назва НДР «Вплив сидеральних культур та обробітку ґрунту на продуктивність кукурудзи на зерно в Правобережному Лісостепу»

2. Впровадження аспірантом кафедри землеробства та гербології НУБіП України Кобець О. Б.

3. Коротка характеристики та зміст впровадження: урожайність зерна кукурудзи за умов сидерації грунту зеленою масою пожнивних посівів редьки олійної+гірчиці білої+фацелії+вики+льону+суданська трави склала 6,5 т/га. Урожайність кукурудзи за зерно у варіанті застосування післяжнивних та кореневих решток пшениці озимої одержана на 1,8 т/га нижчою.

4. Місце впровадження: СФГ «Серпанок» Київська область, Ставищанський район.

5. Рік і обсяг впровадження: щорічно на площі 85 га., упродовж 2024-2025 рр.

6. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину) і на весь обсяг впровадження: одержано додаткової продукції з одного гектара на суму:

за роки впровадження економічний ефект становив 1600 грн на 1 га.

7. Відповідальні:

а) від вищого навчального закладу:

Аспірант кафедри землеробства та гербології Національного університету біоресурсів і природокористування України Кобець О. Б.

б) голова СФГ «Серпанок» Київської області Ставищанського району Пахалович М.Т.