

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

ПОГОДЖЕНО
Декан агробіологічного
факультету, д-р. с.-г. наук, проф.
_____ Віталій КОВАЛЕНКО
" ____ " _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
землеробства та гербології
д-р. с.-г. наук, проф.
_____ Семен ТАНЧИК
" ____ " _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «ЗМІНИ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ТА
ПРОДУКТИВНІСТЬ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ В ЛІСОСТЕПУ»**

Спеціальність	201 «Агрономія»
Освітня програма	Агрономія
Орієнтація освітньої програми	Освітньо-професійна
Гарант освітньої програми д-р. с.-г. н., проф.	Світлана КАЛЕНСЬКА
Керівник магістерської кваліфікаційної роботи канд. с.-г. н., доц.	_____ Олена КАРПЕНКО
Виконала	_____ Дар'я ФІЛОНОВА

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач
кафедри землеробства та гербології**

д-р с.-г. наук, проф. С.П. ТАНЧИК
«__» _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТЦІ
ФІЛОНОВІЙ ДАР'І ВОЛОДИМИРІВНІ**

Спеціальність	201 Агрономія
Освітня програма	Агрономія
Орієнтація освітньої програми	Освітньо-професійна

Тема магістерської роботи «**Зміни родючості чорнозему типового та продуктивність буряків цукрових в Лісостепу**»
затверджена наказом ректора НУБіП України від «12» грудня 2024 р. № 2220 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15. 11. 2025 р.
Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень, чорнозем типовий, урожайність буряків цукрових за різних систем основного обробітку ґрунту.

1. Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- встановити вплив різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на агрофізичні властивості ґрунту та його біологічної активності;
- виявити особливості водного режиму ґрунту у посівах буряків цукрових за різних систем основного обробітку та удобрення;
- вивчити вплив обробітку ґрунту та удобрення на урожайність буряків цукрових;
- визначити економічну та енергетичну ефективність застосування різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення.

3. Перелік графічного матеріалу (за потреби) таблиці, графіки.

Дата видачі завдання «__» _____ 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

КАРПЕНКО О. Ю.

Завдання прийняла до виконання _____

ФІЛОНОВА Д. В.

ЗМІСТ

Завдання до виконання роботи	3
Зміст	4
Реферат	5
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ ЗАХОДІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ І УДОБРЕННЯ НА РОДЮЧІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО (Огляд літератури)	10
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	21
2.1 Ґрунтові, метеорологічні та агротехнічні умови	21
2.2 Програма і методика виконання досліджень	25
2.3. Методика проведення досліджень	23
Висновки до розділу 2	27
РОЗДІЛ 3. РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ТА УДОБРЕННЯ	28
3.1 Агрофізичні властивості ґрунту	28
3.2. Водний режим ґрунту	34
3.3. Біологічна активність ґрунту	40
Висновки до розділу 3	44
РОЗДІЛ 4 УРОЖАЙНІСТЬ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІДОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ	45
Висновки до розділу 4	49
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ	50
5.1 Економічна та енергетична ефективність вирощування буряків цукрових	51
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ДЖЕРЕЛ	56

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить 63 сторінки друкованого тексту, включає зміст, завдання до роботи, анотацію, вступ, має 5 розділів, огляд літератури, місце проведення, умови, програму та методологію дослідження, експериментальну частину, економічну оцінку результатів наукового дослідження, висновки, список використаних джерел, а також 6 таблиць та 8 рисунків. Усі розглянуті питання та таблиці базуються на реальних даних, мають детальне пояснення та обґрунтування. Список використаних літературних джерел становить 69 джерел.

Тема кваліфікаційної магістерської дисертації: «Зміни родючості чорнозему типового та продуктивності цукрових буряків у Лісостепу»

Метою роботи є встановлення раціональної системи основного обробітку ґрунту та удобрення в агроценозі цукрових буряків в умовах нестабільного зволоження Правобережного Лісостепу України, що забезпечить підвищення та стабілізацію рівня родючості ґрунту, отримання високоякісної сільськогосподарської продукції та зниження витрат на її виробництво.

Для досягнення мети передбачалися такі завдання:

- встановити вплив різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на агрофізичні властивості ґрунту та його біологічну активність;
- виявити особливості водного режиму ґрунту в посівах цукрових буряків за різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення;
- дослідити вплив обробітку ґрунту та удобрення на врожайність цукрових буряків;
- визначити економічну та енергетичну ефективність використання різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення;

Об'єктом дослідження є процеси та закономірності зміни агрофізичних, агрохімічних та агробіологічних властивостей чорнозему типового, формування продуктивності цукрових буряків за різних систем

основного обробітку ґрунту.

Предметом дослідження є цукровий буряк, показники родючості ґрунту, врожайність, економічна та енергетична ефективність обробітку ґрунту.

У роботі використовувалися такі методи: польовий, лабораторний, порівняльний та розрахунковий.

Ключові слова: система основного обробітку ґрунту, цукрові буряки, добрива, врожайність, економічна ефективність.

Актуальність теми дослідження. У сучасному агропромисловому комплексі надзвичайно важливим завданням є виробництво високоякісної сільгосппродукції за одночасного скорочення енерговитрат у технологічних процесах. Важливим елементом енергозберігаючих технологій вирощування культур виступає вдосконалення системи основного обробітку ґрунту та оптимізація добривного режиму в межах науково обґрунтованих сівозмін. Застосування раціональних агротехнічних прийомів у сівозмінних ротаціях є основою стабілізації агровиробництва, оскільки вони істотно корегують водно-повітряний та нутрієнтний баланси ґрунту. Механічний обробіток визначається як ключовий чинник підтримки біологічної рівноваги в агроценозах, раціонального землекористування та відтворення ґрунтової родючості. Саме тому виникла нагальна потреба у проведенні наукового пошуку в умовах нестабільного зволоження Правобережного Лісостепу України для розробки та впровадження оптимальної системи основного обробітку ґрунту, інтегрованої з рівнями удобрення в науково обґрунтованій сівозміні. Науковий інтерес становить вивчення впливу економічно та енергетично вигідних систем основного обробітку ґрунту, що передбачають різну глибину, методи полицевого та безполицевого втручання залежно від інтенсивності удобрення, на підтримання родючості ґрунтів, підвищення продуктивності, економічної та енергетичної ефективності ключових сільськогосподарських культур і сівозміни в цілому.

Метою даної кваліфікаційної магістерської роботи є **обґрунтування раціональної системи основного обробітку ґрунту** в агроценозі цукрових буряків для умов нестабільного зволоження Правобережного Лісостепу України, спрямованої на **підвищення та стабілізацію родючості ґрунту**, отримання високоякісної продукції та **зниження собівартості її виробництва.**

Завдання дослідження

Для реалізації поставленої мети були сформульовані такі завдання:

- Дослідити вплив різних систем основного обробітку ґрунту та рівнів удобрення на агрофізичні характеристики ґрунту та його біологічну активність.
- З'ясувати особливості формування водного режиму ґрунту в посівах цукрових буряків залежно від застосованих систем основного обробітку та режимів удобрення.
- Проаналізувати вплив прийомів обробітку ґрунту та удобрення на формування врожайності цукрових буряків.
- Провести оцінку економічної та енергетичної ефективності застосування різних систем основного обробітку ґрунту та рівнів удобрення.

Об'єктом дослідження виступають процеси та закономірності змін агрофізичних, агрохімічних та агробіологічних властивостей чорнозему типового, а також формування продуктивності посівів цукрових буряків під впливом різних систем основного обробітку ґрунту.

Предметом дослідження є цукрові буряки, показники ґрунтової родючості, рівень врожайності, а також економічна та енергетична ефективність технологій обробітку ґрунту.

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є встановлення раціональної системи основного обробітку ґрунту в агроценозі цукрових буряків в умовах нестабільного зволоження Правобережного Лісостепу України, яка забезпечить підвищення та стабілізацію рівня родючості ґрунту, отримання високоякісної сільськогосподарської продукції та зниження витрат на її виробництво.

Для досягнення поставленої мети передбачалися такі завдання:

- встановити вплив різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на агрофізичні властивості ґрунту та його біологічну активність;
- виявити особливості водного режиму ґрунту в посівах цукрових буряків за різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення;
- вивчити вплив обробітку ґрунту та удобрення на врожайність цукрових буряків;
- визначити економічну та енергетичну ефективність використання різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення;

Об'єктом дослідження є процеси та закономірності зміни агрофізичних, агрохімічних та агробіологічних властивостей чорнозему типового, формування продуктивності цукрових буряків за різних систем основного обробітку ґрунту.

Предметом дослідження є цукрові буряки, показники родючості ґрунту, врожайність, економічна та енергетична ефективність обробітку ґрунту.

Наукова новизна отриманих результатів. Основні результати, що визначають наукову новизну виконаного дослідження, такі:

- в умовах нестабільного зволоження Правобережного Лісостепу України на типовому малогумусному легкосуглинковому чорноземі розроблено оптимальну систему основного обробітку ґрунту з використанням різної глибини, способів полицевого та безполицевого обробітку в агроценозах цукрових буряків, що забезпечить підвищення та стабілізацію родючості ґрунту;

- встановлено вплив способів основного обробітку ґрунту та удобрення на формування агрофізичних, агрохімічних та агробіологічних показників ґрунту посівів цукрових буряків.

- **Методи дослідження.** Використовувалися загальнонаукові та спеціальні методи дослідження: польовий – для визначення впливу технологічних заходів на агрофізичні, агрохімічні та агробіологічні

властивості ґрунту; лабораторний – для встановлення кількісних та якісних характеристик об'єкта дослідження фізико-хімічними та мікробіологічними методами; порівняльний та обчислювальний – визначення продуктивності, економічної та енергетичної ефективності культур та сівозміни.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ ЗАХОДІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ І УДОБРЕННЯ НА РОДЮЧІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

(Огляд літератури)

Мінімізація «обробітку ґрунту є основою енергозберігаючого сільського господарства в багатьох країнах світу. В Україні мінімізація обробітку ґрунту вдосконалюється переважно в напрямку зменшення його глибини, кількості проведених глибоких розпушувачів та використання безстерньових знарядь, що знижують опір ґрунту та підвищують продуктивність праці» [1].

Щодо впливу мінімізації основного обробітку на родючість ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур, погляди вчених часто розходяться. Певна «група вчених вважає, що мінімальний обробіток сприяє збереженню родючості ґрунту та підвищенню врожайності просапних культур» [2], «інша група віддає перевагу глибокому або диференційованому обробітку в сівозміні, який поєднує глибоку оранку для просапних культур та поверхневий або поверхневий обробіток для зернових культур» [3].

Команда вчених під керівництвом М.К. Шикули [4] «зробила спробу обґрунтувати необхідність повної відмови від плуга як знаряддя основного обробітку ґрунту, та переходу спочатку до багатоглибинного, а потім виключно до поверхневого та поверхневого безплиткового обробітку». При цьому, як «стверджують вчені, створюються умови, близькі до природних ґрунтоутворювальних процесів на цілинних ґрунтах. В результаті можна одночасно отримати високу продуктивність сільськогосподарських культур та низку інших додаткових переваг, що визначають доцільність використання такого безплиткового обробітку чорноземних» ґрунтів. На думку В.В. Медведєва [5], погляди М.К. «Шикули та його прихильників відрізняються від сучасних та достатньо послідовних теоретичних основ мінімального обробітку». Зокрема, як наголошує В.В. Медведєв, «останні не виключають

використання полицьових знарядь. Технологія мінімальної обробки, як зазначає вчений, передбачає періодичне залишення плуга, зменшення глибини основної обробки та його проведення різноманітними знаряддями (плоскорізами, чизелями, дисками та іншими), а також зменшення кількості обробних операцій шляхом поєднання низки операцій, зокрема, шляхом використання комбінованих агрегатів» [6].

Створення оптимальних агрофізичних показників родючості ґрунту для кожної культури в сівозміні залишається важливою проблемою в сільському господарстві сьогодні. Велике «значення в регулюванні росту та розвитку агрофітоценозів надається механічній обробці ґрунту. Експерименти вченого І. Д. Примака показали, що агрофізичні властивості мають надзвичайно важливе значення в управлінні родючістю ґрунту» [7].

Агрофізичні «показники родючості є основою більшості класифікацій придатності ґрунтів до мінімальної обробки, враховуючи особливості клімату та сільськогосподарської системи регіону. Типові чорноземи, які займають найбільшу площу правобережного Лісостепу України, характеризуються відносно високим вмістом органічної речовини, міцним зв'язком останньої з мінеральною частиною, великою кількістю дрібнодисперсного матеріалу завдяки домінуючій частці полівалентних катіонів у колоїдному комплексі, а також значною питомою поверхнею та гідрофільністю». Ці «ґрунти мають високу потенційну агрегаційну здатність та добру структурованість, що забезпечує необхідні параметри водно-фізичних властивостей для росту сільськогосподарських культур. Серед агрофізичних показників родючості ґрунтів середнього та важкого гранулометричного складу найважливішими слід визнати структуру та структурний стан ґрунту» [8]. Структура ґрунту, «що характеризується певним співвідношенням між об'ємами твердої фази ґрунту та різними типами пор, вирішально визначає не лише швидкість проникнення корневих

систем сільськогосподарських рослин у ґрунт, але й основні агрофізичні властивості, а отже, водно-повітряний та тепловий режими ґрунту».

За умов «інтенсивного ведення сільського господарства агрофізичний стан ґрунтового середовища залежить від багатьох факторів, які по-різному впливають на нього. До негативних факторів належать інтенсивний механічний обробіток, ущільнювальна дія сільськогосподарської техніки. Позитивну роль у покращенні водно-фізичних властивостей відіграє мінімізація механічного обробітку ґрунту. За узагальненими даними В.В. Медведєва, «мінімізація обробітку чорноземів збільшує вологозабезпеченість рослин (до 5 мм продуктивної вологи у верхньому шарі 0–10 см), покращує структурний стан (до 17% за вмістом агрономічно цінної фракції) та структуру ґрунту, зокрема, оптимізує значення щільності складу в орному шарі та значно знижує (на 0,1 г/см³) цей показник у підорному шарі» [5].

Сьогодні «вчені та виробники приділяють велику увагу вивченню щільності складу ґрунтів, оскільки цей показник має значний вплив на ріст і розвиток сільськогосподарських рослин».

Доведено [9], «що оптимальна інтенсивність механічного обробітку залежить від співвідношення значень рівноважної та оптимальної для рослин об'ємної маси ґрунту. Якщо вони збігаються, будь-який обробіток ґрунту можна взагалі виключити, і чим більше відхилення вагової щільності складу від оптимальної для сільськогосподарських культур, тим інтенсивнішим має бути механічний обробіток».

Вивчення «реакції рослин на щільність складу орного шару ґрунтів різного генезису дозволило встановити інтервали його оптимального значення для основних сільськогосподарських рослин. На чорноземних ґрунтах, наприклад, цей показник коливається від 1,05 до 1,30 г/см³» [10]. Якщо «щільність структури ґрунту відхиляється на 0,1–0,2 г/см³ від оптимального значення, урожайність знижується». Якщо «об'ємна маса

вилугуваного чорнозему збільшується на 0,1 та 0,2 г/см³, то зниження врожайності зернових колосових рослин досягає 15 та 50% відповідно».

При «короткочасному використанні ґрунтозахисних технологій у шарі ґрунту 10–30 см формуються підвищені параметри об'ємної щільності, які знаходяться в межах очікуваних оптимальних показників для більшості сільськогосподарських рослин». Однак, як вказує В. В. Медведєв [11], «неможливо передбачити структуру шару ґрунту 0–30 см при тривалішій мінімізації, наприклад, на 10 і більше років. На його думку, не можна виключити переущільнення різних частин орного та підорного шарів ґрунту».

Дослідження «показали, що під впливом обробітку ґрунту, особливо протягом тривалого періоду, диференціація орного шару за родючістю ґрунту зростає. Його нижня частина, порівняно з верхньою (0–10 см), значно збіднюється за вмістом гумусу, доступних форм поживних речовин» [12].

На думку вчених [13], «найродючіший шар повинен бути на поверхні ґрунту. Тільки за цієї умови ґрунт збагачується гумусом. З огляду на це, він наполегливо рекомендував використовувати лише розпушування ґрунту на глибину 5-8 см без перевертання. Щоб запобігти подальшому зниженню родючості ґрунту, американський фермер» Е. Фолкнер «закликав до лише поверхневого (на глибину 7-8 см) обробітку ґрунту дисковими культиваторами».

При «систематичному використанні безгребневого (пласкорізного, чизельного тощо) обробітку верхня частина (0-10 см) орного шару ґрунту збагачується рослинними рештками, валовими та рухомими формами гумусових речовин та елементами мінерального живлення, підвищується його біологічна активність». Водночас «збільшується об'ємна маса та твердість у нижній частині орного шару, зменшується вміст органічної речовини та елементів азотного та зольного живлення рослин». Таким чином, «при безоранковому способі обробітку відбувається диференціація орного

шару за основними елементами родючості з їх концентрацією у верхній частині (неоднорідна структура) та посилюється анізотропія ґрунтового профілю».

Вчені Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.М. Соколовського», спираючись на результати досліджень, дійшли висновку, що «вплив диференціації орного шару ґрунту на ріст і розвиток культурних рослин є неоднозначним». Вони «вказують, що за реакцією на диференціацію орного шару за родючістю зерно-льоно-картопляні сівозміни можна ранжувати від негативних та нейтральних до позитивних: озима пшениця - картопля - озиме жито - овес - льон – кукурудза». Кукурудза та «льон дають позитивні результати за умов локалізації факторів родючості у верхній частині орного шару; незначний позитивний вплив відзначається на ярих зернових культурах». Озимі «зернові, люпин, картопля не виявляють позитивної реакції на підвищення родючості у верхній частині орного шару ґрунту». Більше того, «після 4–5 років обробітку ґрунту кислотність верхньої частини орного шару підвищується, особливо за внесення високих норм мінеральних добрив, що негативно впливає на розвиток та продуктивність озимої пшениці». Результати цих «досліджень дозволили вченим побудувати систему обробітку ґрунту в сівозміні відповідно до біологічних вимог польових культур для диференціації оброблюваного шару за родючістю, яка включає оранку під озимі культури та картоплю та обробіток ґрунту під кукурудзу, ярі зернові та льон» [14].

На «основі результатів останніх досліджень певна група вітчизняних вчених дійшла висновку, що всі способи основного механічного обробітку ґрунту забезпечують створення оптимальної щільності структури орного шару для агрофітоценозів сільськогосподарських культур». Але значна «кількість вчених вказує на те, що впровадження безповоротного та особливо поверхневого обробітку ґрунту призводить до збільшення цього важливого

для рослини показника. За даними «Л. І. Акентьєвої [15], у польовій сівозміні з тривалим плоскорізним розпушуванням ґрунту спостерігається зменшення щільності структури верхньої (0–10 см) та незначне збільшення нижньої (10–20 та 20–30 см³) частин орного шару звичайного малогумусного важкосуглинкового чорнозему». Різниця «становила ЩЗ $\pm 0,05$ г/см³ та була статистично значущою. За безповоротного обробітку ґрунту вона була в межах 0,05–0,06 г/см³, тобто незначною». Водночас показники об'ємної щільності ґрунту за різних систем механічного обробітку ґрунту були в межах оптимальних значень для агрофітоценозів.

Застосування «безпокритого, особливо неглибокого, розпушування ґрунту, на думку ряду вчених, призводить до збільшення щільності структури орного шару в посівах гороху на 0,03–0,09 г/см³, на типовому чорноземі на 0,05–0,07 г/см³, порівняно з оранкою».

Порівнюючи «усереднені показники об'ємної щільності орного (0–30 см) шару ґрунту протягом усього вегетаційного періоду [16], зазначається, що вона суттєво не відрізняється у варіантах полицевого та безпокритого обробітку. Однак у певні фази росту та розвитку культури щільність структури ґрунту залежала від способів обробітку. Поверхневий обробіток ґрунту зменшував щільність верхньої (0–10 см), а оранка – нижньої (20–30 см) частин орного шару ґрунту».

Дослідження З. М. Томашівського та інших [17] «щільності складу темно-сірого глинисто-суглинкового ґрунту показали, що вона дещо змінюється за різних способів обробітку, а зменшення глибини обробітку збільшує цей показник на 0,02–0,06 г/см³, порівняно з оранкою».

Тривале використання змінно-глибинного обробітку ґрунту в сівозміні в дослідях В. С. Цикова та Ф. А. Лоринця [18] «не призвело до надмірного ущільнення чорнозему звичайного. У період сівби кукурудзи щільність орного (0–30 см) шару ґрунту за різноглибинного безлопатового розпушування становила 1,10 г/см³, а за мілкого розпушування – 1,16 г/см³,

що на 0,06–0,10 г/см³ більше, ніж за оранки». За «щорічного мілкового обробітку ґрунту встановлено значне збільшення щільності ґрунту в шарі 10–20 см. Протягом вегетації рослин відбувається поступове ущільнення верхньої частини оброблюваного шару ґрунту та певна стабілізація об'ємної маси глибших шарів». Під «час цвітіння кукурудзи щільність структури ґрунту в усіх варіантах була практично однаковою (1,19–1,22 г/см³) і не перевищувала оптимальних значень для розвитку культури та її» росту.

У сівозміні «горох–озима пшениця–соняшник не спостерігалось суттєвої різниці в щільності орного (0–30 см) шару ґрунту у варіантах гребневого та безгребневого способів обробітку». У дослідях В. В. «Перчука [19] на посівах гороху об'ємна маса орного (0–30 см) шару ґрунту була практично однаковою у варіантах з комбінованим (плуг + СібіМЕ) та мінімальним гребневим обробітком». Таким чином, «серед науковців та виробників немає єдиної думки щодо впливу тривалого безгребневого способу основного механічного обробітку на щільність структури оброблюваного шару ґрунту». Тому «залишається важливим вивчення цього питання в довгострокових стаціонарних експериментах за різних ґрунтових та кліматичних умов».

Щільність «орних земель до зимового обробітку на значних площах Лісостепу та Північного Степу України становить не більше 1,25 г/см³». Це «дозволяє оцінити ці типи ґрунтів як сприятливі в технологічному сенсі». На цих «територіях через поширення ерозійних процесів (темно- та світло-сірі змиті ґрунти Вінницького «острова») або наявність оглеєння (гідрахату) збільшується об'ємний масовий індекс, а водночас значно погіршуються ґрунтові та технологічні властивості». У «Південному Степу ці властивості орних земель також погіршуються через прояви осолонцювання. Структурно-агрегатний стан чорноземів при тривалому полицевому обробітку зазнає значних кількісних та якісних змін». За даними «В. В. Медведєва, Т. Є. Ліндіна [6], «при оранці ґрунту структурний коефіцієнт

зменшується більш ніж у 2 рази, а також зменшується вміст водотривких агрегатів ($>0,25$ мм) порівняно з паром. Оцінюючи агротехнічну ефективність різних способів механічного основного обробітку ґрунту у створенні оптимального структурного стану, значна кількість вчених вважає, що оранка з перевертанням оброблюваного шару ґрунту спричиняє руйнування агрономічно цінної фракції. Ґрунти, що зазнають інтенсивного механічного обробітку, характеризуються незадовільним структурним станом, низьким вмістом водотривких агрегатів, схильністю до затоплення та ущільнення». Так, за даними «М. К. Шикуди та співавторів [4], «при припиненні оранки та накопиченні органічної речовини у верхній частині ґрунтового профілю відбувається стабілізація ґрунтових агрегатів верхнього шару». Збільшення «водотривкості структури при мінімальному обробітку ґрунту», за даними А. Вера [20], «тісно корелює з вмістом у них гумусу».

У досліджах С. Ю. Булигіна та ін. [21] «динаміка структурного та агрегатного складу чорнозему звичайного розвивалася сприятливіше при плоскорізному обробітку». Водночас «органічна речовина, зокрема рослинні рештки, концентрується у верхньому шарі, їхня маса збільшується, амплітуда коливань температури зменшується, створюються сприятливіші умови для формування водотривкої структури порівняно з полицевим обробітком». Під «час поверхневого обробітку ґрунту мають місце всі ті ж переваги у створенні водотривкої структури, що й під час плоскорізного обробітку, проте, завдяки обприскуванню ґрунту дисковими знаряддями, ці переваги менш виражені». Таким чином, «безвідвальний метод обробітку ґрунту, порівняно з безвідвальним, забезпечує деяке покращення параметрів структурного та агрегатного складу ґрунту, і що особливо важливо, як наголошують дослідники, це відбувається ранньою весною та влітку – періоди найбільшого ерозійного ризику для полів під впливом талих вод та зливових опадів». У «цей час показники структурування шару 0–20 см під час безвідвального обробітку наближалися до цілинної ділянки в досліджах.

Структурний стан шару 20–40 см ґрунту менш помітно залежав від способу обробітку. За безповерхневого методу озимого обробітку ґрунту в дослідях» [22, 23] спостерігалось «покращення структурного та агрегатного складу звичайного малогумусного важкосуглинкового чорнозему в орному шарі». Так, «після чотирьох років використання різних механічних систем основного обробітку ґрунту агрономічно корисних (0,25–10 мм) агрегатів в орному шарі ґрунту у варіантах з різною глибиною та мілким безплитковим обробітком було на 3,6 та 6,4% більше, ніж за постійної оранки». Вони «становили 63,0 та 65,8% маси повітряно-сухого ґрунту відповідно». У «варіанті з комбінованою системою обробітку ґрунту кількість агрономічно корисних ґрунтових агрегатів була на рівні контролю». За «безплиткового обробітку кількість грудкуватих агрегатів значно зменшується, особливо у верхньому шарі, а вміст пилових частинок дещо збільшується». Про «покращення агрегації ґрунту свідчить структурний коефіцієнт, а також вміст водотривких агрегатів».

Деякі «дослідники стверджують, що плоскорізний обробіток ґрунту призводить до зменшення кількості найцінніших структурних агрегатів у оброблюваному шарі ґрунту. Так, у ґрунтозахисній сівозміні однорічні трави – озима пшениця – ярий ячмінь на звичайному середньосуглинному малогумусному чорноземі найактивніше впливав шар ґрунту 0–10 см. Його агрегатний склад був сприятливішим під час оранки та мало змінювався у варіантах з безрозсипним обробітком. Істотної різниці залежно від способів механічного обробітку ґрунту в шарі 10–20 см не виявлено» [24, 25]. У дослідях «Л.І. Акентьєвої [15] на слабоеродованому чорноземі звичайному під час плоскорізного розпушування в шарі ґрунту (0–10 см) структура збільшувалася».

На «думку певної групи вчених, усі обробітки ґрунту однаково впливають на структуру ґрунту, включаючи оранку» [26].

Так, у дослідях О. В. Демиденко та ін. [27] «помітних змін

структурного стану чорнозему південного карбонатного залежно від глибини та способів основного обробітку ґрунту не спостерігалось, хоча в окремі роки в шарі ґрунту 20–30 см вміст агрегатів діаметром понад 0,25 мм був на 2–3% вищим за систематичної оранки, ніж за плоскорізного обробітку».

Є. О. Юркевич та ін. [28] «зазначають, що ґрунт мав кращий структурний стан за безорного та комбінованого основного обробітку, ніж за оранки». Так, «вміст агрономічно цінної фракції ґрунту діаметром 0,25–10 мм в орному шарі на зораних площах становив 65,2%, коефіцієнт структурності – 1,87, а на варіантах з диференційованим та безорним обробітком ці показники становили 73,2 та 2,73% відповідно; 72,6 та 2,58%. Водостійкість структури ґрунту під час безоранкового обробітку, порівняно з оранкою, збільшилася на 6,1%».

На «звичайному карбонатному важкосуглинному чорноземі найкращий структурний стан спостерігався під час щорічного нульового обробітку. Структурні коефіцієнти під час нульового, чизельного, плоскорізного та поверхневого обробітку та оранки становили 2,35; 2,05; 1,97; 1,93 та 2,21 відповідно» [29].

У досліді та інших [30] «на середньосуглинному чорноземі відзначено вищу структуроутворюючу здатність ґрунту під час безоранкового обробітку, ніж під час оранки. Так, на зораних площах кількість водостійких агрегатів становила 53,0%, глибоко обробляних плоскорізом – 57%, а під час мілкого безоранкового обробітку – 59,8%».

Аналіз «даних, отриманих українськими вченими, щодо впливу основного механічного обробітку ґрунту на структурний стан ґрунту показує, що в більшості випадків безоранковий спосіб обробітку ґрунту та диференційована система обробітку ґрунту забезпечують вищий структуроутворюючий ефект, ніж оранка, особливо верхнього (0–10 см) шару ґрунту. Причину цього вчені вбачають у позитивному ефекті обробітку ґрунту без перевертання 30–90% зрізу післяжнивних решток, що стимулює

збільшення вмісту водотривких» агрегатів [31].

Проблема «теоретичного обґрунтування системи основного обробітку ґрунту, зокрема глибини та способу, залишається складною та багатогранною, а тому потребує відповідних досліджень з використанням різноманітних ґрунтообробних знарядь». Тільки «тривалі польові стаціонарні дослідження можуть дати об'єктивну оцінку ефективності поєднання способів, глибин, засобів та заходів основного обробітку ґрунту в сівозміні для конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Таким чином, представлені матеріали відображають складне та суперечливе сприйняття проблеми мінімізації основного обробітку ґрунту» [32].

Беззаперечно, «що мінімізація обробітку ґрунту є продуктом високої культури землеробства, невід'ємною складовою наукоємних технологій, кожний елемент яких не тільки вирішує свої завдання, але й функціонально підтримує й розкриває потенціал наступного елемента технології, реалізуючи тим самим принцип системного підходу в землеробстві» [33].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Ґрунтові, метеорологічні та агротехнічні умови

Експериментальна робота проводилася в умовах ТОВ «Фастівець» Білоцерківського району Київської області, розташованого в межах Білоцерківського агроґрунтового округу Правобережного Лісостепу України.

Дана «територія розташована в межах рівнинного рельєфу з окремими пагорбами, висота яких сягає 100–300 метрів. Білоцерківська рівнина є складовим елементом Придніпровської височини. Історично ця місцевість була значно вкрита лісами, що зумовило формування різноманітного ґрунтового покриву». Значні площі тут зайняті потужними малогумусними чорноземами.

Для «цих ґрунтів властиве глибоке промивання гумусу (до 100–125 см і більше), наявність карбонатних відкладень кальцію та магнію на глибині близько 80–100 см у формі так званої «цвільки» (мінералу люблініту), а також чіткі сліди давнього обробітку».

Досліджувана «ділянка представлена типовими глибокими малогумусними чорноземами, що сформувалися на карбонатному лесі і мають грубо-пилувату та легко-грубозернисту структуру. Карбонатні

сполуки виявлено на глибині 55–62 см. В орному горизонті (0–30 см) міститься приблизно 17% мулистих фракцій та від 46 до 54% часток грубого пилу».

За «результатами агрохімічного аналізу встановлено такі показники: вміст гумусу – 3,4% (визначено за Тюріном та Коновою), легкогідролізованого азоту – 110 мг/кг (метод Корнфілда), мобільних сполук фосфору – 120 мг/кг, та калію – 110 мг/кг (метод Чирікова)».

Таким чином, «грунт дослідного поля за своїми водно-фізичними показниками та агрохімічними характеристиками придатний для вирощування високих врожаїв сільськогосподарських» культур.

Кліматичні умови. У «Правобережному Лісостепу України на ріст рослин та формування їхньої продуктивності найбільше впливають тепло, кількість та розподіл опадів, що випадають протягом року» (табл. 2.1). Річна кількість «опадів у зоні, за багаторічними даними Білоцерківської метеорологічної станції, становить у середньому 538 мм та коливається від 450 до 640» мм.

Таблиця 2.1

Показники метеорологічних умов

Місяць	Кількість опадів, мм	Багаторічна норма, мм	Температура повітря, °С	Багаторічна норма температури повітря, °С
Січень	18	36	-2,5	-5,2
Лютий	18,2	35	-1,3	-4,8
Березень	2,4	32	1,5	0,3
Квітень	21	40	9,8	8,8
Травень	43	47	15,0	14,8

Червень	134	73	17,7	17,8
Липень	28	78	22,2	18,1
Серпень	97	61	18,1	17,2
Вересень	148	35	14,6	14,2
Жовтень	39	45	4,2	3,8
Сума або середнє за вегетаційний період	546	477	9,95	8,48

Погодні «умови за період досліджень з 2025 року були типовими для зони нестабільного зволоження та досить сприятливими для більшості сільськогосподарських культур, хоча й мали значне відхилення від середньобагаторічних» показників.

Метеорологічні умови для вегетації коренеплодів у 2025 році були сприятливими для їх росту та розвитку.

Перехід «середньодобової температури через +5 °С відзначено у березні. Середньомісячна температура повітря перевищувала багаторічну норму у березні на 4,2 °С, у квітні на 0,8 °С та у травні на 1,0 °С». Кількість опадів «у травні була на 3 мм більшою за середньобагаторічний показник, що компенсувало брак води у квітні». За «температурним режимом червень був дещо теплішим за норму (середньомісячна температура становила +17,6 °С порівняно з нормою +17,8 °С)». Липень «виявився дуже сухим. За місяць випало лише 27 мм опадів, що на 49 мм менше за середньорічну норму». У першій «та третій декадах опадів взагалі не було, середньомісячна температура повітря становила +23 °С, що на 4 °С вище за норму (ГТК - 0,5). Серпень був спекотним, а середньомісячна температура була на 1,0 °С вищою за середню багаторічну норму. За місяць випало 96 мм опадів (при нормі 60 мм). ГТК становила 1,6».

У «вересні випала вище норми кількість опадів (146 проти 34 мм), а в жовтні - 38 мм (на 5 мм менше за норму), що, своєю чергою, негативно вплинуло на збирання цукрових буряків».

Враховуючи «ГТК, який становив 1,5, погодні умови вегетаційного періоду 2025 року слід вважати помірно» вологими.

Кліматичні «умови за температурою та кількістю опадів мали певні відхилення від середніх багаторічних значень. Коефіцієнти значущості відхилень між кількістю опадів та температурою повітря порівняно із середніми багаторічними значеннями у більшість років були незначними – у межах ± 1 » (табл. 2.2).

Відхилення «опадів та температури від середніх багаторічних значень не наближалися до екстремальних показників, за винятком червня, оскільки коефіцієнт значущості відхилень для опадів становив» 3,27. Ці «дані свідчать про умови, близькі до екстремальних».

Таблиця 2.2

Коефіцієнти суттєвості відхилень між середніми багаторічними значеннями і елементами погоди за даними Білоцерківської метеорологічної станції

Місяць	Коефіцієнт суттєвості відхилень за вегетаційний період буряків цукрових		
	опадями	температурою повітря	ГТК
IV	-0,95	-1,05	-1,67
V	0,14	0,51	-4,72
VI	3,28	0,62	-1,64
VII	1,43	0,81	-1,66
VIII	-0,03	0,22	-1,44
IX	-1,04	-0,39	-1,44
X	-0,04	-1,15	-1,39

За вегетацію	0,40	-0,08	-1,99
-----------------	-------------	--------------	--------------

За «опадами коефіцієнт значущості відхилень у вегетаційні періоди були посушливими (коефіцієнт < 1). За коефіцієнтом значущості відхилень у температурному режимі – вони були близькими до середньобагаторічного показника ($\pm 0,2-0,8$)».

Коефіцієнт «значущості відхилень у ГТК був близьким до значення екстремальних умов. Найбільш екстремальним періодом з нетиповими кліматичними умовами був травень ($-4,71$)».

Загалом, «аналіз метеорологічних умов показує, що відхилення низки показників – кількості опадів, температури повітря від середніх багаторічних значень не наближалися до критичних значень, за винятком окремих місяців вегетації».

Агротехнічні умови. Агротехнологія «вирощування культур у досліді є типовою для передових господарств зони. Для вирощування цукрових буряків використовувалися ті ж машини, знаряддя та механізми, що є в господарстві. Цьому сприяла сама методологія та організація методики польового досліду. Як зазначено вище, площа під варіантами та ділянками є достатньою за розміром для використання умовних агрегатів».

Оранку «грунту на 30–32 см проводили плугом ПЛН –3–35, безрізне розпушування ґрунту на 30–32 см – плоскорізом КПГ-250, поверхневий обробіток на 10–12 см – дисковою бороною АГД-2.1. Добрива включали 35% аміачної селітри, 20,5% гранульованого суперфосфату, 40% калійної солі та напівперепрілий гній на солом'яній підстилці із середнім вмістом 0,5% азоту, 0,25% фосфору, 0,6% калію».

2.2 Програма та методологія досліджень

Програма «досліджень спрямована на встановлення оптимального поєднання системи основного механічного обробітку чорнозему типового та норм добрив, що забезпечує найвищу економічну та енергетичну доцільність вирощування цукрових буряків з одночасним підвищенням родючості ґрунту». Завданнями «досліджень є визначення впливу різної інтенсивності систем основного механічного обробітку чорнозему типового та норм добрив на» зміну:

- агрофізичних та водних показників та умов родючості;
- біологічної активності ґрунту;
- енергетична та економічна ефективність досліджуваних видів сільськогосподарської діяльності;

Показники та стан родючості ґрунту визначалися за загальноприйнятими методами агрофізичних, агрохімічних та біологічних досліджень:

- структурний та агрегатний склад ґрунту методом Бакшеєва на глибинах 0–10, 10–20 см, 20–30 см [34];

- щільність ґрунту – за циліндрами Качинського з шарів ґрунту 0–10 см, 10–20 см та 20–30 см [35];

- вологість ґрунту – («термостатично-ваговим методом) на глибинах 0–10 см, 10–20 см, 20–30 см, 30–40 см, 40–60 см, 60–80 см, 80–100 см, доступні запаси вологи розрахунковим методом»;

– біологічна «активність целюлорозкладних ґрунтових мікроорганізмів – методом пошарового нанесення лляної тканини на глибину 0–10, 10–20 та 20–30 см та виділення вуглекислого газу ґрунтом за Штатновим» [36];

– врожайність «коренеплодів цукрового буряка – безперервним (прямим) методом» [37];

Оцінка «економічної ефективності та енергії – за методом,

описаним Маньком Ю. П. [38]»; аналіз «експериментальних даних – дисперсійним та кореляційно-регресійним» методами.

Досліджено «три системи основного механічного обробітку чорнозему типового (табл. 2.3) та три норми добрив» (табл. 2.3). Дослід повторювали «тричі, розміщення повторень на території було суцільним, дослідні ділянки першого порядку з різними варіантами обробітку розміщували в один ярус, послідовно, систематично, а ділянки другого порядку (з різними варіантами удобрення) - в чотири яруси послідовно».

Схема вивчення основних заходів обробітку ґрунту

1. Полицевий обробіток (контроль 30-32 см;
2. Безполицевий чизельний обробіток на 30-32 см;
3. Мілковий обробіток ґрунту дисковими знаряддями на 10-12 см.

Другим фактором була система удобрення цукрових буряків

1. N₃₀P₄₅K₄₅ (контроль);
2. N₆₀P₉₀K₉₀;
3. N₉₀P₁₃₅K₁₃₅.

Напівперепрілий гній вносили на всі ділянки досліду з розрахунку 40 т/га.

Розмір «ділянок першого фактора становив 684 м², облікового – 504 м². Розмір посівної ділянки другого порядку – 162 м², облік – 112 м²». Площа під дослідом становить 3,7 га.

Висновки з розділу 2.

Ґрунтовий покрив та погодно-кліматичні умови типові для району, де проводилися дослідження.

Програма та методологія дослідження відповідали затвердженій робочій гіпотезі; фенологічні обліки, спостереження та аналізи дозволили повною мірою розкрити сутність досліджуваних елементів технології, ґрунтово-кліматичних умов регіону.

РОЗДІЛ 3

РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ТА УДОБРЕННЯ

3.1. Агрофізичні властивості ґрунту

В «останні роки енергоємність аграрного сектору стрімко зростає у світовому сільськогосподарському виробництві, що надає великі можливості для інтенсивності та поглиблення обробітку ґрунту. Однак досвід і практика показують, що в багатьох випадках підвищення інтенсивності обробітку ґрунту все частіше має негативні наслідки». Витрати «енергії на його здійснення зростають, але це не супроводжується збільшенням врожайності, прискорюється мінералізація гумусу, ґрунт подрібнюється, а стійкість ґрунтового покриву до ерозії знижується». Багаторазові «проходи по полю машин, тракторів та сільськогосподарських знарядь викликають ущільнення ґрунту, що значно знижує якість подальшого обробітку та врожайність сільськогосподарських культур. В останні десятиліття розпочався різкий

поворот від практики багаторазових проходів сільськогосподарської техніки до їх скорочення або повної відмови від механічного обробітку». Теоретичною «основою мінімізації обробітку ґрунту є досягнення в галузі ґрунтової агрофізики, зокрема, вчення про рівновагу та оптимальну щільність ґрунту» [3].

Позитивний «вплив мінімізації обробітку ґрунту на родючість ґрунту зараз не викликає жодних сумнівів. Завдання полягає у встановленні оптимального ступеня його інтенсивності в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах» [40].

Механічний «обробіток ґрунту, як відомо, впливає на умови вирощування рослин, перш за все через зміну структури оброблюваного шару ґрунту». Тому «дослідження з вивчення оптимальних показників структури ґрунту та агрофізичної сутності будь-якого заходу та способу обробітку ґрунту є настільки важливими, як і чітке уявлення про суттєві основні зміни в структурі орного шару, що забезпечують позитивний вплив глибини, способів та заходів механічного обробітку ґрунту на умови вирощування рослин». Тільки «тоді можливий подальший розвиток теоретичних та практичних основ обробітку ґрунту. Порівнюючи оптимальні значення з фактичними на даний момент у польових умовах, а за необхідності з агрофізичними характеристиками ґрунтообробних знарядь, можна вибрати раціональні способи, заходи, глибину та знаряддя обробітку ґрунту або їх найефективніше поєднання, тобто систему обробітку». Але «вплив структури ґрунту на умови життєдіяльності рослин настільки багатогранний та складний, що визначити ці параметри досить складно».

Провідне «місце в агрофізиці ґрунту належить вивченню його щільності, яка залежить, перш за все, від розміру зерен і структури ґрунту та технології вирощування сільськогосподарських культур».

Експериментів «щодо прямого впливу різних структурних умов

грунту на сільськогосподарську продуктивність небагато, вони не завжди вказували на прямий зв'язок між показниками структури та родючості ґрунту» [41].

О. А. Цюк та ін. [25] «пояснюють покращення структурного стану верхніх шарів ґрунту за мінімального обробітку переважно поверхневим загортанням органічних добрив та накопиченням значної маси рослинних решток в орному шарі».

Нашими «дослідженнями встановлено, що структурний стан орного шару суттєво не відрізняється за першого та третього варіантів обробітку ґрунту. Вміст водотривких агрегатів під час сівби та збирання врожаю за гребневого обробітку становив 53,1 та 56,7%, а за мілкового обробітку – 51,7 та 55,6% відповідно» (табл. 3.1).

Систематичний «безгребневий обробіток, порівняно з гребневим, зумовив зниження вмісту агрономічно корисних агрегатів в орному шарі на типовому чорноземі на дату сівби та збирання врожаю на 1,1 та 0,9% відповідно». Найкраще «структурування спостерігалось за мілкового обробітку в шарі 20–30 см, де вміст водотривких агрегатів в орному шарі становив 60,0 та 64,0%, або на 7,3 та 4,7% більше, ніж у контролі».

Таблиця 3.1

Вміст водотривких агрегатів в орному шарі ґрунту залежно від системи обробітку і удобрення, %

Варіант обробітку ґрунту	Удобрення	Сівба			Збирання		
		Шар ґрунту, см					
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Полицевий обробіток на 30-32 см (контроль)	1	53,4	54,0	56,0	57,0	58,0	60,0
	2	56,6	58,04	60,0	61,0	61,0	65,0
	3	60,0	61,2	63,0	63,0	64,0	67,0
Безполицевий обробіток на 30-32 см	1	50,6	53,0	58,0	55,0	56,0	63,0
	2	51,0	56,0	61,0	57,0	61,0	67,0
	3	54,0	60,0	64,0	60,0	62,0	68,0

Мілкий обробіток на 10-12 см	1	52,0	56,0	60,2	56,0	60	65,0
	2	56,0	60,0	63,0	60,0	63,0	67,0
	3	60,0	63,0	65,4	62,0	64,0	71,0
НІР ₀₅		1,2	0,67	0,69	1,05	1,23	1,05

Примітка: 1 – N₃₀P₄₅K₄₅ (контроль); 2 – N₆₀P₉₀K₉₀; 3 – N₉₀P₁₃₅K₁₃₅.

Дослідження «структури типового чорнозему виявило, що в усіх досліджуваних варіантах найбільша кількість агрономічно цінних агрегатів формувалася в нижній частині орного шару (20-30 см)». Найсуттєвіша «різниця у структурному стані між верхнім (0-10 см) і нижнім горизонтами в межах шару 0-30 см була зафіксована за умов поверхневого та безполицевого обробітку». Так, «під час посівної кампанії та збирання врожаю ця різниця склала: 2,8% та 4,1% для одного виду обробітку, 7,8% та 8,2% — для іншого, і 4,2% та 6,0% — для третього».

Таке «підвищення якості структури в глибинному шарі пояснюється його вищою щільністю, що сприяє тіснішому контакту та міцнішому зчепленню агрегатів. Крім того, ця зона менш схильна до руйнівного впливу сільськогосподарської техніки та атмосферних явищ. Водночас, скорочення частки корисних агрегатів у верхніх 10 см ґрунту, порівняно з контролем, було зумовлено переважно утворенням великих грудок діаметром понад 10 мм».

Найоптимальніший «стан структури в нижній частині орного шару за тривалого поверхневого обробітку, ймовірно, пов'язаний із мінімальним механічним впливом на неї. Це підтверджується високими показниками вмісту водостійких агрегатів на рівні 60,3-62,2% за даних умов, що було вище, ніж у інших варіантах дослідження».

Проведені «дослідження підтверджують пряму залежність між інтенсивністю удобрення та покращенням структури ґрунту. Зокрема, поступове підвищення доз мінеральних добрив до N₉₀P₁₃₅K₁₃₅ на гектар

сприяло зростанню частки агрономічно цінних агрегатів у шарі 0-30 см. Найсуттєвіше покращення структурних властивостей зафіксовано за поверхневої обробітки (10,3% та 5,0%), тоді як за гребневої та безгребневої систем приріст становив 8,0%/2,3% та 7,8%/1,9% відповідно».

Дане «явище обумовлене двома ключовими факторами. По-перше, інтенсифікація харчування стимулює розвиток кореневої системи рослин, яка своїми волокнами скріплює ґрунтові частинки, надаючи їм водостійкості. По-друге, більш розвинена листкова маса створює ефективний природний захист поверхні ґрунту від ерозійної дії атмосферних опадів та вітру». Оптимальна структура «формується за умов рівномірного розподілу потужної кореневої маси в ґрунтовому об'ємі, що сприяє зменшенню частки як надто великих груд, так і дрібного пилу, підвищуючи загальний структурний» коефіцієнт».

Структурний «стан є комплексним показником родючості, оскільки саме від нього безпосередньо залежить формування життєвого середовища для коренів рослин, мікроорганізмів, а також доступність вологи, повітря та поживних елементів».

Якість «ґрунтової структури визначається низкою параметрів, серед яких ключовим є об'ємна щільність. Цей показник суттєво впливає на формування кореневої системи рослин, створюючи безпосередній механічний опір, а також змінюючи аерацію та газообмін. Крім того, щільність ґрунту опосередковано регулює рух поживних елементів у ґрунтовому розчині, ефективність добрив і теплові характеристики, що в комплексі обумовлює реакцію рослин на цей фактор».

Надмірна «розпушеність ґрунту має негативні наслідки: насіння нерівномірно залягає в ґрунті, погіршується його контакт із твердою фазою, що уповільнює набрякання та проростання. У результаті сходи виходить нерівномірними та ослабленими, а рівень урожайності падає. Саме тому в агрономії так важливо вивчати структуру ґрунту, взаємозв'язок її складових та відгук рослин на її» зміни.

Експериментальні «дані засвідчують, що постійний обробіток призводить до підвищення щільності орного шару на 0,10 та 0,06 г/см³ порівняно з контролем. Водночас, значущої різниці між контрольним ділянкою та ділянкою з тривалим мілким обробітком виявлено не було (1,23 та 1,21 г/см³ відповідно)».

На «неудобрених ділянках щільність орного шару під час сівби коливалася від 1,16 до 1,28 г/см³ залежно від системи обробітку, а до моменту збирання врожаю ці значення зростали на 0,09–0,10 г/см³. За умови внесення високих норм добрив під цукрові буряки динаміка щільності була аналогічною, але з нижчими стартовими значеннями (1,14–1,23 г/см³ під час сівби та 1,24–1,32 г/см³ під час збирання)».

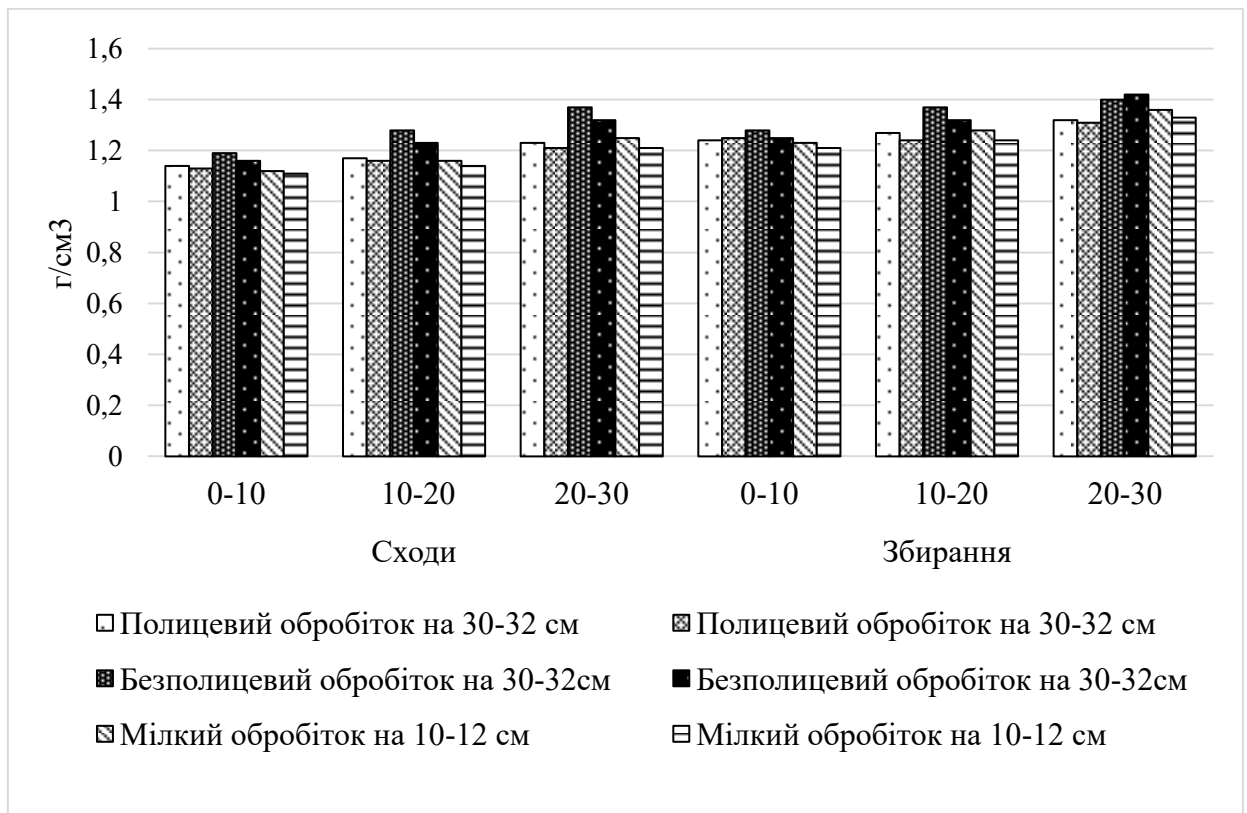


Рис. 3.1 Щільність ґрунту залежно від його обробітку та удобрення, г/см³

Дослідження «показали, що процес ущільнення орного шару в ході обробітку переважно торкався його глибших горизонтів (10–20 та 20–30 см). Це підтверджується даними щодо об'ємної щільності під час вегетації

цукрових буряків: у верхньому шарі 0–10 см вона була найнижчою (1,14 г/см³) за умов тривалого поверхневого обробітку, тоді як у нижчих шарах значення зростали, досягаючи 1,37 г/см³ за другого варіанту обробітку».

Існування «широкого діапазону оптимальної щільності та суперечливість експериментальних результатів свідчать про те, що один лише показник об'ємної щільності не може повною мірою охарактеризувати ґрунтові умови для росту рослин. У зв'язку з цим цілком обґрунтованою є позиція ряду учених, які не поділяють точку зору, що цей параметр є вирішальним критерієм для визначення необхідності того чи іншого виду обробітку ґрунту».

3.2 Водний режим ґрунту

Науково «доведено, що дефіцит доступної вологи в ґрунті під час вегетації, особливо в критичні фенофази розвитку рослин, є вирішальним фактором різкого падіння урожайності навіть за оптимальної забезпеченості іншими умовами життєдіяльності. Згідно з даними низки досліджень [40, 42], застосування глибокого механічного обробітку сприяє більш ефективному накопиченню продуктивної вологи в порівнянні з методами поверхневого або мілкого рихлення».

Дефіцит «доступної вологи в ґрунті під час вегетації, особливо в критичні для розвитку періоди, є ключовим фактором, що провокує різке падіння урожайності навіть за сприятливих умов забезпечення іншими ресурсами. У науковому середовищі існують різні підходи до оптимізації водного режиму». З «одного боку, низка досліджень доводить ефективність глибокого обробітку для накопичення продуктивної вологи». Наприклад, експерименти «Інституту землеробства НААН демонструють, що оранка на 30 см під ячмінь у Полтавській області забезпечує приріст запасів вологи в метровому шарі чорнозему на 32 мм у порівнянні з обробітком на 25 см [43]».

З «іншого боку, значна кількість учених [5, 44, 45] віддає перевагу поверхневому або плоскорізному обробітку, аргументуючи це створенням більш сприятливих умов для консервації вологи. Найчіткіше вплив різних систем обробітку на динаміку водного балансу чорноземів проявляється при вирощуванні культур з інтенсивним транспіраційним коефіцієнтом, таких як кормові буряки в умовах Лісостепу».

Стаціонарні «дослідження Інституту цукрових буряків НААН продемонстрували суттєву залежність запасів доступної вологи від способу обробітку ґрунту. Так, у зернопросапній сівозміні глибока оранка (30-32 см) забезпечила накопичення 103 мм вологи в півтораметровому шарі, тоді як при обробітку на 10-12 см цей показник становив лише 63 мм». У «звичайній сівозміні різниця була менш вираженою: 81 мм проти 75 мм». Спостереження за «вологістю під час вирощування кормового буряка виявили, що на момент сівби її рівень за поверхневого обробітку був нижчим на 7% та 4%, але до періоду збирання, навпаки, перевищував показники глибокої оранки на 16% та 3%. При цьому глибокий плоскорізний обробіток не показав переваг перед традиційною оранкою» [46].

Окремими «роками на Сумській дослідній станції фіксувалася протилежна тенденція: на початку вегетації цукрових буряків запаси продуктивної вологи в кореневому шарі були вищими за плоскорізного обробітку на 12,7-17,3% (18-39 мм) порівняно з оранкою. Однак зораний ґрунт відзначався кращою здатністю поглинати весняно-літні опади» [47].

За «результатами чотирирічних досліджень М. К. Шикули та співавторів [3], проведених під посівами цукрових буряків, безпідгорний спосіб обробітку забезпечував на 40% інтенсивніше накопичення продуктивної вологи в порівнянні з підгорним». Це «призводило до того, що до початку сівбової кампанії запаси доступної вологи в кореневмісному шарі типового чорнозему значно збільшувались, іноді досягаючи рівня польової вологоємності». В осінньо-весняний «період мінімальний обробітку сприяв

більш високому запасу доступної вологи під цукровими буряками, якими зерновими та багаторічними травами на схилах, ніж традиційна оранка. На думку вчених, весною мілкий обробіток забезпечує вищий рівень зволоження типового чорнозему порівняно з плоскорізним».

Разом з тим, у ряді досліджень [48] «зазначається, що різні способи та глибина обробітку не мають суттєвого впливу на вологозабезпеченість ґрунту. Наприклад, на момент сівби цукрових буряків вміст продуктивної вологи в різних ґрунтових горизонтах практично не відрізнявся між варіантами з полицевим обробітком (14,4; 41,0; 138,1 мм), безполицевим розпушуванням (14,3; 41,5; 138,5 мм) та періодичною оранкою (14,6; 41,0; 137,9 мм)».

Дослідження «вологозабезпеченості під час вирощування цукрових буряків виявили певні закономірності. У фазі змикання листя в рядках запаси доступної вологи в метровому шарі ґрунту (0-100 см) за систематичного обробітку перевищували контрольні показники на 3,5%, тоді як за мілкого обробітку спостерігалось їх зниження на 2,1% та 4,0%. Аналогічна динаміка підтвердилася й у період збирання коренеплодів».

Ефективність «використання вологи культурою була вищою за умов тривалого поверхневого обробітку порівняно з систематичним безоранковим. Застосування високих норм добрив при безоранковому обробітку призводило до зниження вмісту доступної вологи в шарах 0-30 см і 0-100 см на 2,3 мм та 14,3 мм відповідно порівняно з неудобреними ділянками. Подібна тенденція, але з іншими числовими значеннями, фіксувалася і за інших видів обробітку».

Важливо «відзначити, що до середини вегетації та періоду збирання вологість ґрунту за безоранкового обробітку вища, ніж за оранки. Це пов'язано з тим, що глибока оранка, залучаючи в ґрунт органічні та мінеральні речовини, покращує його агрофізичні властивості (структурний

стан та будову), що сприяє формуванню потужнішої кореневої системи буряків та, як наслідок, інтенсивнішому використанню вологи».

Хоча «водний режим під час вегетації цукрових буряків постійно змінюється під впливом атмосферних опадів, транспірації, фізичного випаровування та поверхневого стоку, стабільні тенденції, пов'язані з прийомами обробітку та нормами удобрення, залишаються незмінними».

Дослідження «показують, що найменший коефіцієнт водоспоживання агрофітоценозу цукрових буряків спостерігається за умов мілкого безполицевого обробітку. Інтенсифікація добривного режиму призвела до зниження цього показника на 22–62% незалежно від системи» обробітку.

Аналіз «запасів доступної вологи в метровому шарі ґрунту (0-100 см) напередодні збирання показав, що на ділянках без удобрення вони на 10,6–14,8 мм перевищують показники ділянок із потрібною нормою добрив. Крім того, за будь-якого рівня харчування найбільш ефективно споживання вологи рослинами відбувалося саме при поверхневому обробітку ґрунту».

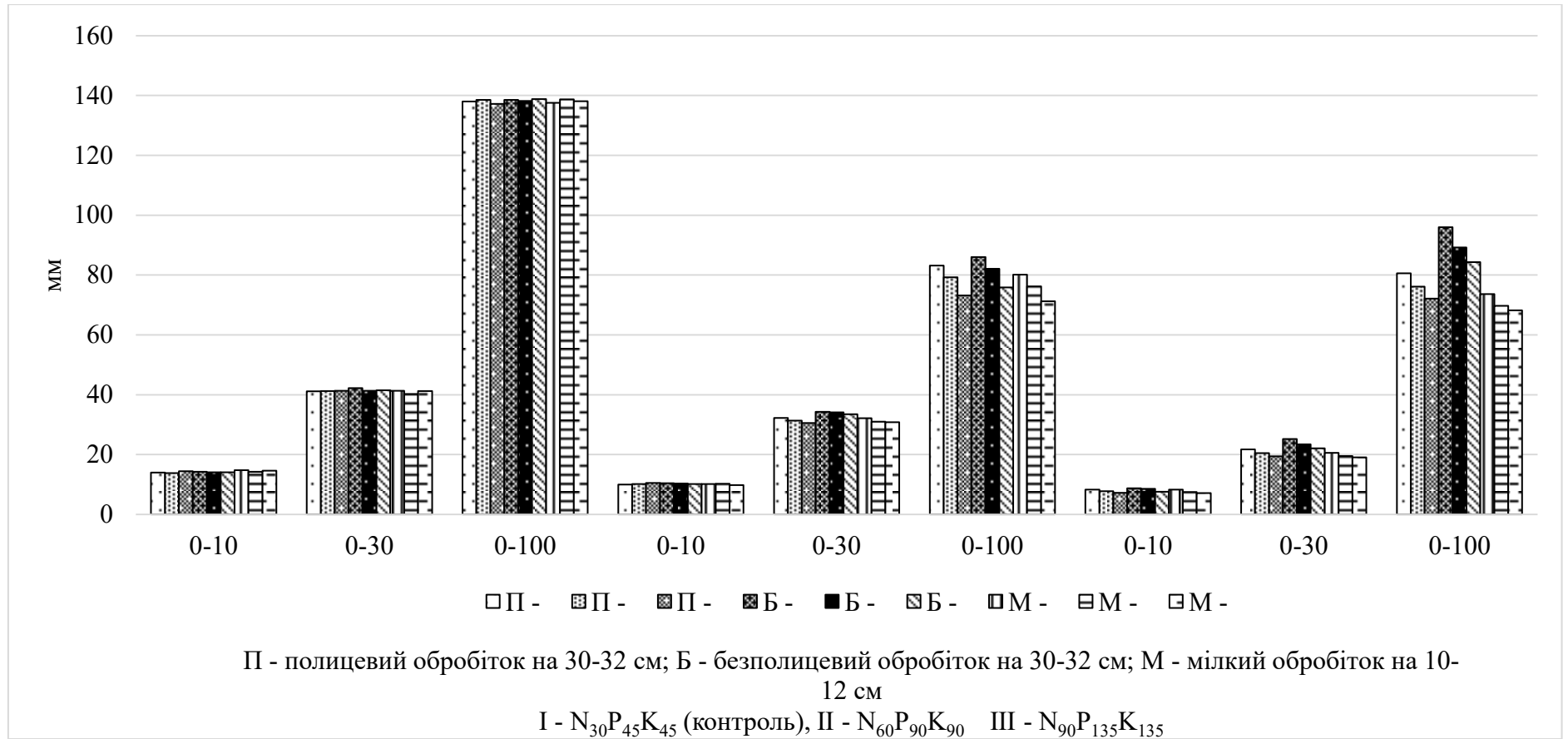


Рис. 3.2 Запаси доступної вологи залежно від обробітку ґрунту і удобрення в агроценозах буряків цукрових, мм

Найвищий «коефіцієнт водоспоживання (91) як на удобрених, так і на неудобрених ділянках зафіксовано під час постійного плоскорізного обробітку ґрунту» (рис. 3.3).

Коефіцієнт «водоспоживання під агрофітоценозом цукрових буряків найнижчий під час поверхневого обробітку, а під рештою сільськогосподарських культур у сівозміні – під час тривалого полицевого обробітку. Збільшення рівня внесених добрив забезпечило зниження коефіцієнта водоспоживання для всіх варіантів обробітку ґрунту на 21–43%. На основі результатів досліджень з визначення водоспоживання посівами цукрових буряків ми розрахували коефіцієнти кореляції між їх загальним водоспоживанням та врожайністю» (рис. 3.4).

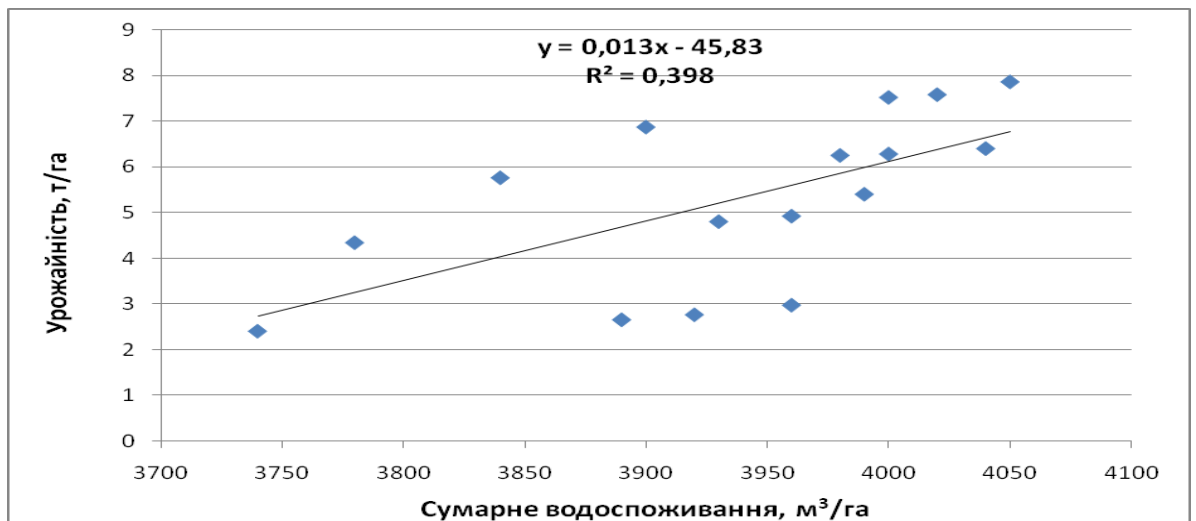


Рис. 3.3. Залежність між водоспоживанням та продуктивністю буряків цукрових

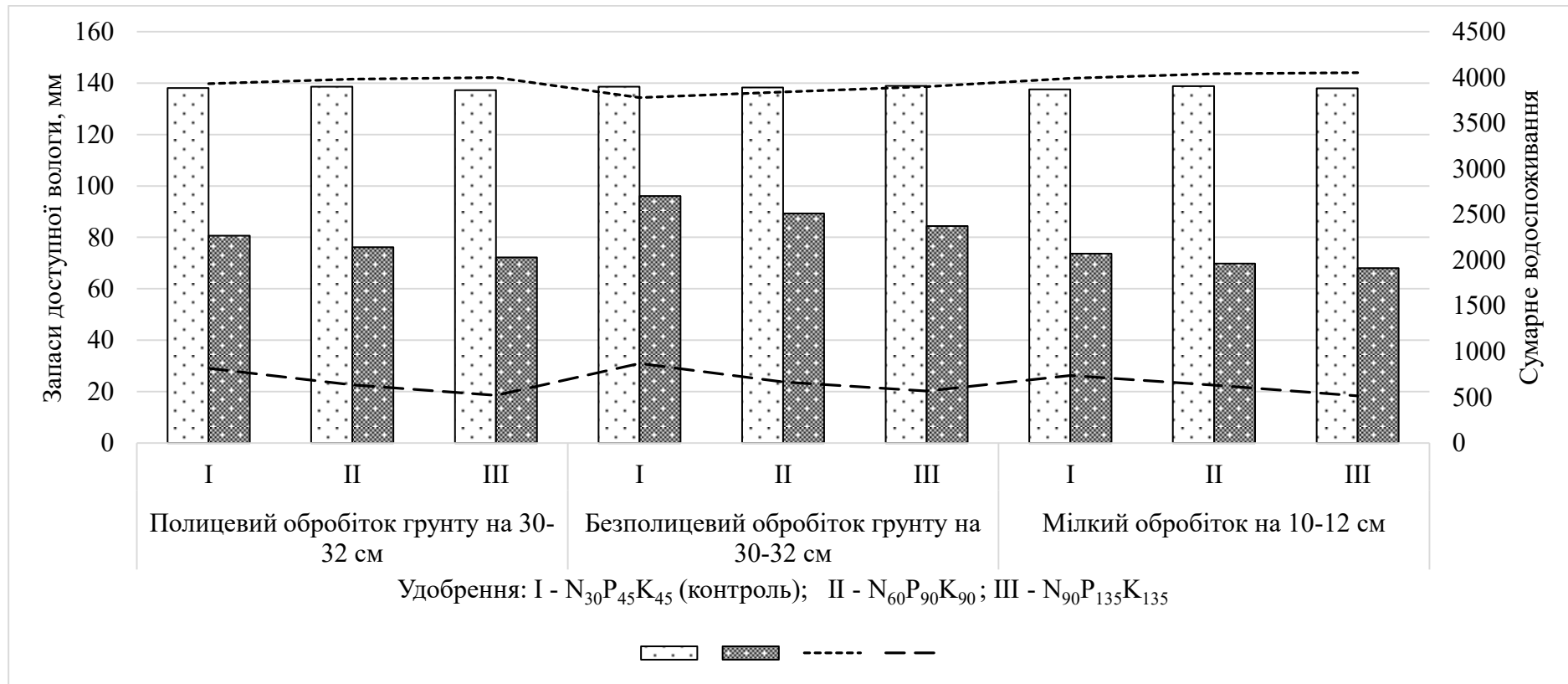


Рис. 3.4 Використання води під буряками цукровими в метровій товщі за різних рівнів удобрення і обробітку ґрунту

3.4 Біологічна активність ґрунту

Кількість «вуглекислого газу, що виділяється з ґрунту, використовується багатьма вченими як кумулятивний показник інтенсивності розкладання органічної речовини. Адже утворення CO₂ пов'язане з життєдіяльністю ґрунтових мікроорганізмів. Зміни концентрації вуглекислого газу в ґрунті безпосередньо залежать від інтенсивності біологічних процесів та швидкості повітро- та газообміну. У науковій літературі виділено чимало результатів досліджень впливу метеорологічних показників (атмосферного тиску, освітлення, температури, вітру та вологості) на виділення CO₂ з ґрунту» [56, 57].

Важливу «роль у регулюванні біологічної активності ґрунту відіграють основні системи обробітку ґрунту. Однак на сьогоднішній день недостатньо експериментальних даних про стан мікробіоти та спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунтовому середовищі за різних систем, методів, засобів та глибини обробітку». Польові «досліди свідчать про те, що обробіток ґрунту з перевертанням оброблюваного шару посилює мікробіологічні процеси, оскільки верхній шар, будучи переміщеним вниз плугом, не втрачає своєї біогенності протягом вегетаційного періоду». Нижні шари, «при переміщенні їх на поверхню ґрунту плугом, збільшують біогенність, інтенсивність якої не завжди досягає рівня верхнього шару. За безоранкового та мілкового безоранкового обробітку кількість мікробіоти у верхньому шарі збільшується, а в нижніх шарах зменшується». У дослідях «Інституту землеробства НААН, при оранці до поверхні підзолистого та ілювіального горизонтів, що проводилася на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті, її біогенність значно зростала, але навіть при внесенні високих доз органічних та мінеральних добрив вона не досягала гумусового горизонту». За «мілкового (10–12 см) обробітку найвища біологічна активність

зафіксована у верхньому шарі, а за оранки на глибину 25–27 см – у шарах 10–20 та 20–30 см. Обробіток на глибину 20–25 см плоскорізом займав проміжне положення».

Важливу «роль у регулюванні біологічної активності ґрунту відіграють основні системи обробітку ґрунту. Однак на сьогоднішній день недостатньо експериментальних даних про стан мікробіоти та спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунтовому середовищі за різних систем, методів, засобів та глибини обробітку». Польові «досліди свідчать про те, що обробіток ґрунту з перевертанням оброблюваного шару посилює мікробіологічні процеси, оскільки верхній шар, переміщаючись плугом вниз, не втрачає своєї біогенності протягом вегетаційного періоду. Нижні шари, переміщаючись плугом на поверхню ґрунту, збільшують біогенність, інтенсивність якої не завжди досягає рівня верхнього шару». Під час «безоранкового та мілкового безоранкового обробітку кількість мікробіоти у верхньому шарі збільшується, а в нижніх шарах зменшується». У «дослідах Інституту землеробства НААН, під час оранки поверхні підзолистого та ілювіального горизонтів на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті, її біогенність значно зростала, але навіть при внесенні високих доз органічних та мінеральних добрив вона не досягала гумусового горизонту». За «неглибокого (10–12 см) обробітку ґрунту найвища біологічна активність зафіксована у верхньому шарі, а за оранки на глибину 25–27 см – у шарі 10–20 та 20–30 см. Обробіток ґрунту на глибину 20–25 см плоскорізом займав проміжне положення».

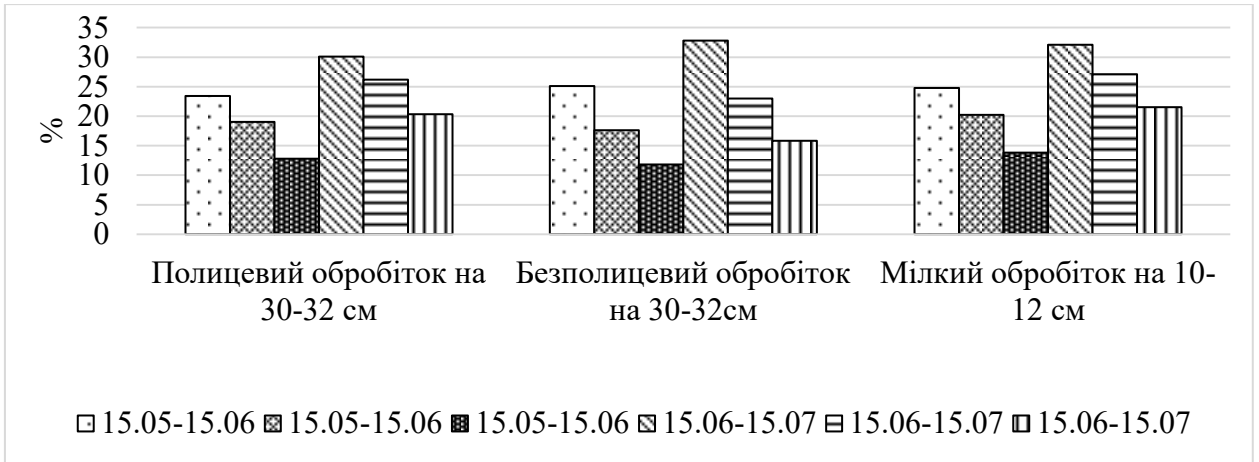


Рис. 3.5 Розклад лляної тканини залежно від його обробітку ґрунту, %

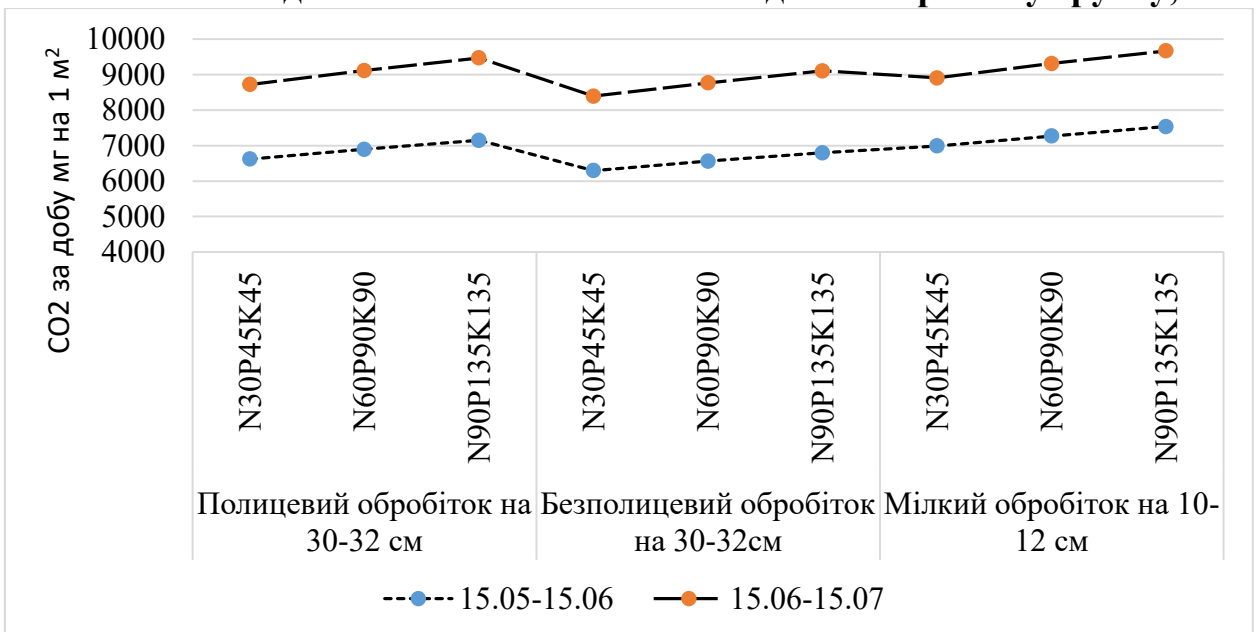


Рис. 3.6 Виділення вуглекислого газу ґрунтом залежно від обробітку і удобрення, CO_2 за добу, мг на 1 м^2

Дослідження «свідчать, що традиційна оранка посилює інтенсивність процесів амоніфікації та нітрифікації в ґрунті у порівнянні з безполицейвим обробітком. На противагу цьому, поверхневий обробіток має тенденцію до зниження рівня біологічної активності» [58, 59].

Експериментальні «роботи, проведені в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, продемонстрували, що на чорноземах Лівобережного Лісостепу обробіток на глибину 20–22 см призводив до підвищення чисельності ключових фізіологічних груп мікроорганізмів порівняно з мілким (8–10 см)

та поверхневим (6–8 см) обробіткою» [60]. Подальші «дослідження того ж колективу засвідчили, що використання плуга забезпечувало вищу мікробіологічну активність, ніж обробіток плоскорізом, що пов'язують із більшою кількістю рослинних решток у орному шарі. Максимальна кількість мікробіоти за глибокої оранки (28–30 см) була зафіксована в шарі 20–40 см, що обумовлено глибинним внесенням органічних і мінеральних речовин, які слугують субстратом для мікроорганізмів» [61].

Однак, «під час вегетації цукрових буряків (15.05–15.06) спостерігалася протилежна тенденція для верхнього шару ґрунту: найінтенсивніша біологічна активність відмічалася при поверхневому обробітку, тоді як найнижча – при постійному безполицевому». Це «підтверджується даними про ступінь розкладання лляної тканини: 16,2%, 16,0% та 17,7% відповідно для постійного полицевого, безполицевого та мілкого поверхневого обробітку (табл. 3.4). Аналогічна динаміка зберігалася і для більш тривалого періоду спостереження (15.05–15.07)» [62].

З «15 травня по 15 червня масу виділеного вуглекислого газу під посівами цукрових буряків було скориговано на інтенсивність розкладання тканин льону, тобто, порівняно з постійним обробітком, обробіток без обробітку спричинив зменшення кількості виділеного CO₂ на 351 мг на 1 м² на добу, а з 15 червня по 15 липня на -334 мг на 1 м² на добу, порівняно з контролем відповідно - на 214 та 64,0, а мілкий обробіток - на 379,0 та 219 мг/м² на добу» (рис. 3.6).

Під «посівами цукрових буряків з тривалим мілким обробітком чорнозему типового цей показник збільшився порівняно з контролем».

Збільшення «рівня внесених добрив забезпечує збільшення інтенсивності виділення вуглекислого газу з ґрунту. Так, при використанні одного рівня добрив маса виділеного вуглекислого газу збільшилася на 12,7%, вдвічі, та на 18,4%, втричі порівняно з контролем».

Висновки з розділу 3.

Щільність нижньої частини орного шару значно зростає за постійного безоранкового обробітку порівняно з контролем. Об'ємна щільність та загальна пористість орного шару суттєво не відрізняються на ділянках безоранкового та поверхневого обробітку.

Загальний об'єм пор орного шару був на 3-4% меншим за безоранкового обробітку, ніж за поверхневого обробітку.

Коефіцієнт водоспоживання був найнижчим за поверхневого обробітку, а під рештою культур - за тривалого безоранкового обробітку. Зі збільшенням норм внесення добрив коефіцієнт водоспоживання зменшується.

РОЗДІЛ 4

УРОЖАЙНІСТЬ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ

Основним критерієм для об'єктивного аналізу різних систем, способів та глибин механічної обробки ґрунту слугує рівень урожайності та загальної продуктивності культур у сівозміні. Урожай як індикатор результативності рослинних угруповань формується під впливом комплексу умов і чинників. Отже, будь-які зміни цих умов закономірно впливають на кінцевий обсяг врожаю конкретної культури.

Як відзначають численні вітчизняні та іноземні дослідники, у регіонах із достатнім зволоженням можна досягти не лише запланованих показників врожайності, але й високої якості рослинницької продукції [63].

Однак у наукових джерелах також містяться відомості про зниження врожайності окремих культур при переході на систему безвідвального обробітку ґрунту [64].

Важливо «підкреслити, що небажані наслідки безвідвальної обробки можна мінімізувати, а його переваги – посилити. Згідно з численними вітчизняними та міжнародними дослідженнями, найбільш раціональною є диференційована система обробітку ґрунту в сівозміні, яка враховує біологію культур, стан ґрунту та ступінь забур'яненості поля, варіюючи глибину та способи впливу» [65].

Результатом «багаторічних комплексних досліджень вчених Інституту землеробства НААН стало обґрунтування використання ресурсозберігаючих технологій основного обробітку ґрунту в зерно-просапних сівозмінах. Такі технології базуються на чіткішій градації глибини та способів обробітку ґрунту. Раціональне поєднання різних заходів основного обробітку ґрунту за групами культур є основою отримання стабільного врожаю всіх культур та економного витрачання енергетичних ресурсів у сільському господарстві» [66].

Встановлено, «що різні системи обробітку ґрунту мають певний вплив на врожайність сільськогосподарських рослин, продуктивність сівозмін, економічну та енергетичну ефективність досліджуваних агрозаходів».

Найвищий «урожай коренеплодів цукрових буряків спостерігався за борошеного обробітку ґрунту і становив 60 т/га на удобреному N30P45K45, 72 т/га на удобреному N60P90K90 та 84 т/га на удобреному N90P135K135» (рис. 4.1).

Постійне застосування безвідвальних методів обробітку ґрунту супроводжується значним падінням врожайності цукрових буряків. Дослідження показали, що підвищення норм внесення добрив посилює розрив у зборі коренеплодів між ділянками з глибоким оранням і ділянками, обробленими плоскорізом. Зокрема, при підживленні культури мінеральними добривами вищезгаданими нормами, плоскорізна обробка давала менший урожай: з кожного гектара недобір становив 6,0, 7,0 та 8,0 тонн порівняно з контрольним варіантом.

Мілкий (поверхневий) обробіток також призводив до значної втрати врожаю буряків. Різниця із контролем коливалася в межах 16–27 т/га, що перевищує поріг статистичної похибки.

Обробка плоскорізом також спричиняє формування більш розвиненої підземної частини рослини порівняно з надземною. Це підтверджується більш високим співвідношенням маси коренів до маси ботви. Даний показник має тенденцію до зростання із збільшенням норм добрив. Наприклад, за базового удобрення він дорівнював 0,208, а після внесення підвищеної дози N90P135K135 зріс до 0,222 (див. таблицю 4.1).

Найнижчий показник співвідношення головної та побічної продукції зафіксовано при полицевому обробітку ґрунту (0,198), тоді як за умов мілкого обробітку це значення зростає до 0,218, що на 7,9 % перевищує контрольний рівень.

Підвищення норм внесення добрив призводило до зростання даного показника у всіх дослідних варіантах. Зокрема, після застосування добрив у нормах $N_{30}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{90}K_{90}$ та $N_{90}P_{135}K_{135}$ співвідношення основної та побічної продукції становило: за полицевого обробітку – 0,198; 0,205 та 0,215; за мілкого обробітку – 0,202; 0,209 та 0,218; за безполицевого обробітку – 0,208; 0,215 та 0,222.

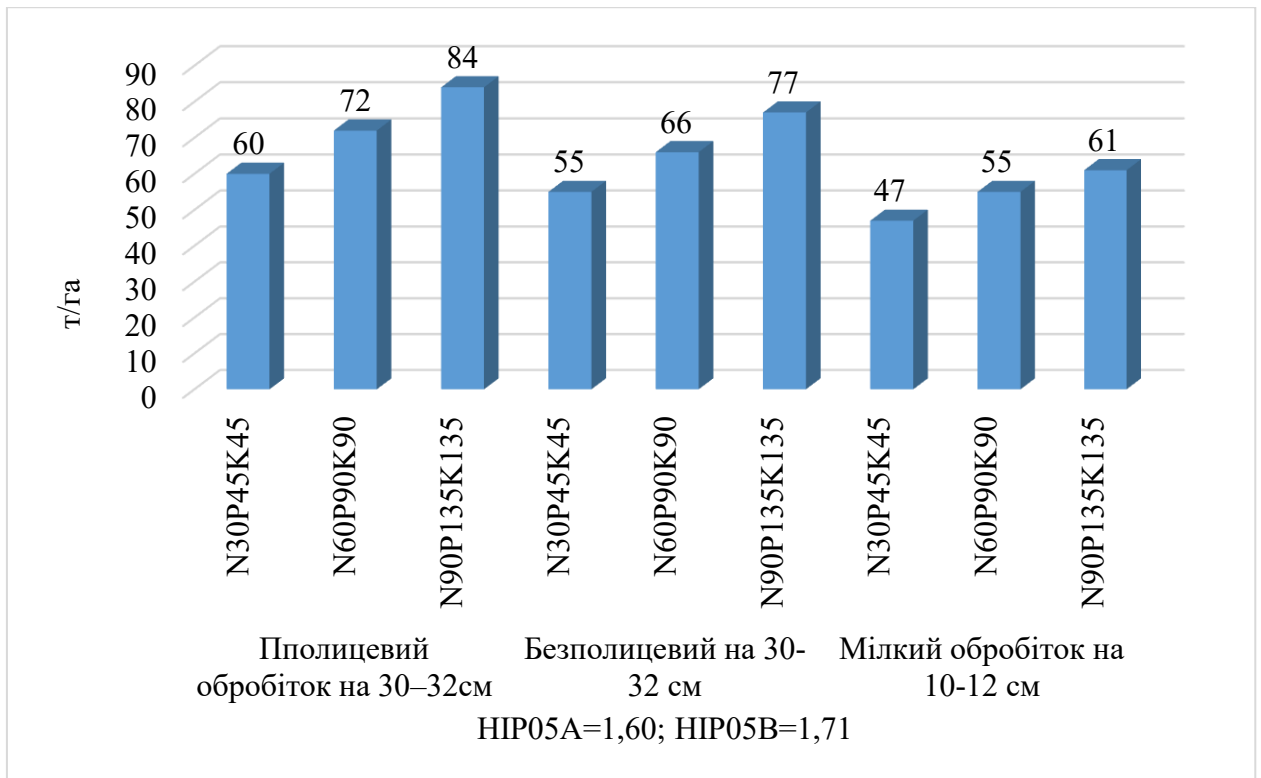


Рис. 4.1 Урожайність коренеплодів буряків цукрових залежно від обробітку ґрунту і удобрення, т/га

Таблиця 4.1

Вплив обробітку ґрунту і удобрення на відношення коренеплодів до гички буряків цукрових

Варіант обробітку ґрунту	Рівні удобрення	Співвідношення коренеплодів до гички	Маса гичка
Полицевий обробіток ґрунту на 30–32	1	0,198	15,9
	2	0,205	19,1
	3	0,215	22,4
Безполицевий обробіток на 30–32 см	1	0,208	14,6
	2	0,215	17,5
	3	0,222	20,4
Мілкий обробіток на 10-12 см	1	0,202	12,0
	2	0,209	16,5
	3	0,218	18,8

Максимальний урожай ботви цукрових буряків отримано за використання полицьового способу обробітку ґрунту – 22,4 т/га. За безполицьового обробітку цей показник був дещо нижчим – 20,4 т/га, а найменший збір гички зафіксовано на варіанті з поверхневим безполицьовим обробітком – 18,8 т/га.

Підвищення норм внесених мінеральних добрив позитивно впливало на урожайність гички за всіх досліджуваних систем обробітку. Так, при внесенні добрив у нормах $N_{30}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{90}K_{90}$ та $N_{90}P_{135}K_{135}$ збір ботви становив:

- на полицьовому обробітку – 15,9; 19,1 та 22,4 т/га відповідно;
- на безполицьовому обробітку – 14,6; 17,5 та 20,4 т/га;
- на поверхневому безполицьовому обробітку – 12,0; 16,5 та 18,8 т/га.

За допомогою дисперсійного аналізу було встановлено ступінь впливу кожного фактора на врожайність досліджуваних культур, що візуалізовано на рис. 4.2.

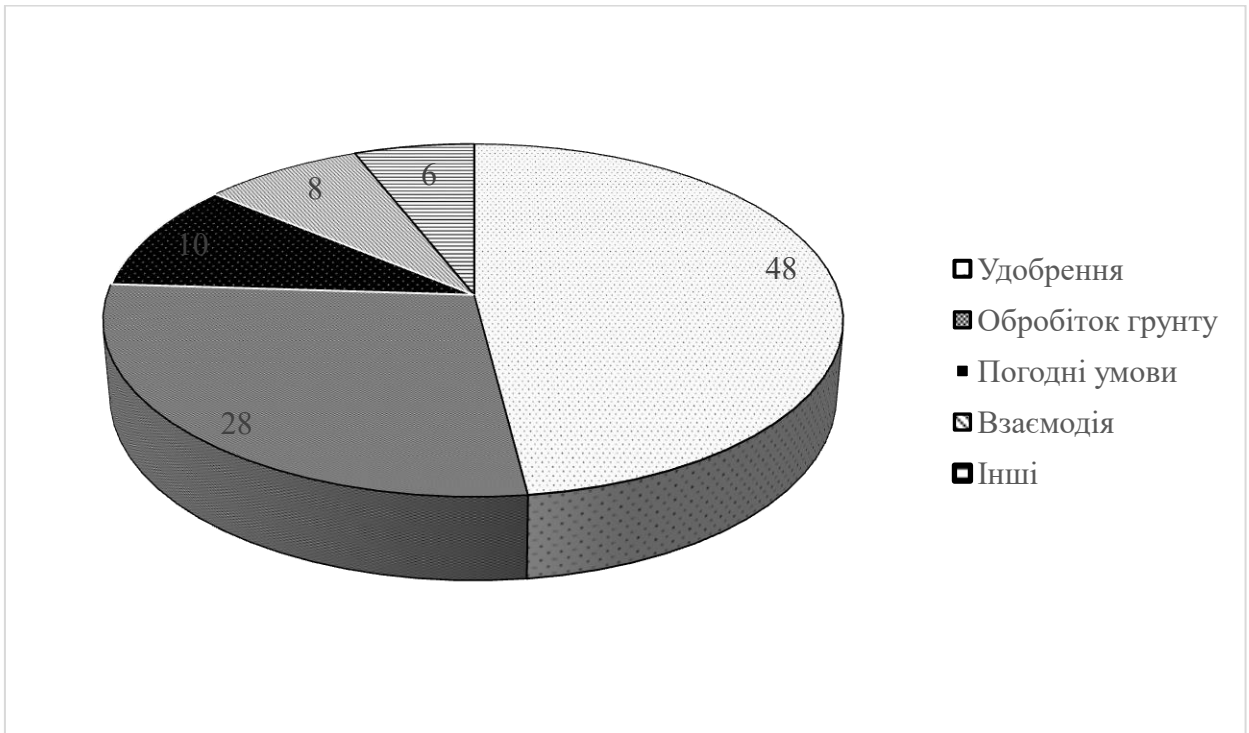


Рис. 4.2. Частка впливу факторів на врожайність буряків цукрових

Висновки з розділу 4.

Безполицева система обробітку ґрунту при тривалому застосуванні викликає суттєве зниження врожайності цукрових буряків.

Врожайність коренеплодів цукрових буряків за безполицева обробітку перевищує контрольні показники, що особливо помітно на ділянках з внесенням добрив. Продуктивність культури демонструє схожі результати як за безполицева, так і за безполицева способів обробітку.

Найбільш високе співвідношення основної продукції (коренеплодів) до побічної (ботви) у цукрових буряків відзначається при постійному безполицева обробітку, тоді як найнижче – при поверхневому обробітку.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

Сучасні економічні та екологічні реалії аграрного сектору обумовлюють необхідність розробки інноваційних технологій вирощування культур та створення машинних комплексів нового покоління. Такі технології мають бути спрямовані на збереження та відтворення ґрунтової родючості, мінімізацію енерговитрат і трудовитрат, а також гарантувати високу якість виконання усіх технологічних операцій. Саме тому в останній час активно досліджуються різні підходи до обробітку ґрунту (способи, глибина, системи) з використанням прогресивної техніки. У фермерських господарствах набувають поширення чизельні знаряддя, фрези та комбіновані агрегати, які мають різний вплив на ґрунтову структуру та дають змогу об'єднувати кілька операцій або здійснювати прямий посів [67].

Інтенсифікація агропромислового виробництва передбачає нарощування обсягів сільгосппродукції з одиниці орної площі. При цьому доведено, що отримання кожної додаткової одиниці врожаю потребує зростання споживання енергоресурсів у галузі.

Найбільш енерговитратною технологічною операцією залишається обробіток ґрунту, особливо його глибоке орання.

Згідно з думкою багатьох науковців, застосування поверхневих та мілких (безвідвальних) методів обробітку на науковій основі дозволяє знизити витрати енергії, палива та інших ресурсів на гектар без шкоди для врожайності сільгоспкультур [68].

Хоча традиційна оранка є більш енергоємною порівняно з, наприклад, плоскорізним обробітком, частина дослідників вважає, що ці додаткові витрати окупаються за рахунок підвищення врожайності. Крім того, у більшості випадків безвідвальний обробіток без гербіцидів збільшує забур'яненість посівів [69].

5.1 Економічна та енергетична ефективність вирощування буряків цукрових

У зв'язку «зі зростанням вартості енергетичних ресурсів, науковий пошук енерго- та ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур є одним із найважливіших завдань сучасного сільського господарства».

У «період різкого зростання вартості енергетичних ресурсів та диспропорції цін на сільськогосподарську та промислову продукцію виникає потреба в енергетичному аналізі технологій вирощування сільськогосподарських культур сівозміни. Введення енергетичного еквівалента дозволяє об'єктивно оцінити витрати на вирощування сільськогосподарської продукції».

Найвища «рентабельність на всіх рівнях удобрення (150%) спостерігалася при полицевому вирощуванні арахісу на глибину 30-32 см. Вона на 27,1% вища порівняно з контролем (118%). Заміна полицевого вирощування в агроценозах цукрових буряків на безперервне безполицеве спричинила зниження рентабельності на 10,2–12,3%» (табл. 5.1).

Зі «збільшенням норм добрив зростають витрати на отримання продукції рослинництва. Найбільша частка витрат припадає на добрива, обробіток ґрунту та збирання продукції рослинництва. Низьку рентабельність можна пояснити диспропорцією цін на продукцію рослинництва та промислову сільськогосподарську продукцію».

Умовно «чистий прибуток зростає зі збільшенням норми добрив за всіх варіантів обробітку. Найвищий умовно чистий прибуток у розмірі 77 524 грн виявлено за полицевого та безполицевого обробітку з періодичною оранкою ґрунту за найвищою нормою добрив». Найвищу «рентабельність (150%) отримано в досліді за полицевого обробітку ґрунту з внесенням N60P90K90

на гектар».

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування буряків цукрових залежно від системи обробітку ґрунту і доз добрив

Варіант обробітку ґрунту	Доза добрив, кг/га	Економічна ефективність				
		Вартість урожаю, грн	Затрати на вирощування, грн.	Умовно чистий прибуток	Собівартість 1 т, грн	Рівень рентабельності, %
Полицевий обробіток на 30-32 см	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	608328	44321	52240	734	118
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	728280	46185	69415	639	150
	N ₉₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	848232	57116	77524	679	136
Безполицевий обробіток на 30-32 см	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	556920	43098	45302	780	105
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	668304	44925	61155	678	136
	N ₉₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	779688	55925	67835	723	121
Мілкий обробіток на 10-12 см	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	471240	39337	35463	841	90
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	556920	44295	44105	802	100
	N ₉₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	616896	55144	42776	901	78

Для «повного розуміння сутності економічних процесів, що відбуваються під час вирощування сільськогосподарських культур, необхідно чітко розуміти динаміку зміни витрат на їх вирощування, і зокрема – найбільш значну їх частину – витрати на обробіток ґрунту та збирання врожаю, витрати на придбання та внесення органічних і мінеральних добрив та витрати на насіння».

Варто «зазначити, що загалом у всіх варіантах дослідження витрати насінневого матеріалу були незмінними, оскільки цей фактор був фіксованим, а отже – в середньому на гектар було витрачено 5040 грн».

Крім того, «використовуючи різні системи мінерального удобрення, ми витратили в середньому 18900 грн/га для варіантів з N30P45K45, 20141 грн/га при використанні N60P90K90 та 30215 грн/га при внесенні

N90P135K135».

За «обробітку ґрунту структура витрат на обробіток ґрунту та збирання врожаю є максимальною порівняно з усіма іншими варіантами систем обробітку ґрунту та становить від 20 381 грн/га до 21 861 грн/га залежно від варіантів удобрення, тоді як використання систематичного безорального обробітку дозволяє зменшити ці витрати на 19 158 до 20 670 грн/га відповідно». Мінімальні «витрати на обробіток ґрунту та збирання врожаю притаманні системі мілкого обробітку ґрунту – від 18 547 до 19 889 грн/га. Усі види трудових та виробничих витрат у сільському господарстві можна досить чітко виразити в енергетичних одиницях (еквівалентах)». Введення «в аналіз енергетичних еквівалентів дозволяє привести всі види робіт та матеріально-технічних засобів (техніку – у кілограмах маси, ручну працю – у людино-годинах, витрату палива – у літрах, кілограмах, використання електроенергії – у кіловат-годинах) до єдиного показника (ГДж) та з його допомогою визначити активну частину кожного елемента в технологічному процесі, його частку у формуванні врожаю». За «допомогою цього єдиного міжнародного показника можна порівнювати технології в сільському господарстві за енергоємністю технологічного процесу. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур завершується встановленням енергетичної оцінки врожаю – співвідношення кількості енергії, що міститься у вирощеному продукті, до кількості енергії, витраченої на формування врожаю». Це «співвідношення називається коефіцієнтом енергоефективності. Якщо він високий, то це свідчить про те, що технологія є ресурсо- та енергозберігаючою» (табл. 5.2).

Енергетичний «аналіз взаємодії систем обробітку ґрунту та норм добрив показує, що найвищий коефіцієнт енергоефективності (3,20) отримано за полицевого обробітку ґрунту та внесення N60P90K90».

Внесення «N₉₀P₁₃₅K₁₃₅ супроводжується незначним зменшенням на

(0,02) коефіцієнта енергетичної ефективності, хоча продуктивність буряків цукрових при цьому значно зростає».

Таблиця 5.2

Енергетична ефективність вирощування буряків цукрових залежно від системи обробітку ґрунту і доз добрив

Варіант обробітку ґрунту	Доза добрив мінеральні, кг/га д.р.	Енергетична ефективність		
		Енергоємність, ГДж/га		Коефіцієнт енергетичної ефективності
		витрати всього	одержано з урожаєм	
Полицевий обробіток ґрунту на 30-32 см	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	172	579	3,18
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	216	728	3,20
	N ₉₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	260	871	3,18
Безполицевий обробіток ґрунту на 30-32 см	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	182	572	2,98
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	230	737	3,05
	N ₉₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	276	874	3,01
Мілкий обробіток ґрунту на 10-12 см	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	177	506	2,71
	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	228	665	2,77
	N ₉₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	275	788	2,73

Енергоємність «культури відповідно зростає зі 172 до 276 ГДж на 1 га залежно від обробітку ґрунту та удобрення. Подальше зменшення доз добрив за всіма системами вирощування призвело до зниження продуктивності посівів цукрових буряків та енергоефективності». Заміна «полицевого обробітку на безполицевий призводить не тільки до зниження продуктивності культури, але й до зниження коефіцієнта енергетичної ефективності (на 0,20)». При «заміні контрольглі системи обробітку на безполицевий спостерігається незначне зниження продуктивності посівів буряків цукрових, але коефіцієнт енергетичної ефективності знижується на 0,17». Таким чином, «дослідами встановлено, що вищі показники продуктивності посівів цукрових буряків, енергетичної та економічної

ефективності забезпечується полицевим обробітком досліджуваного ґрунту. Найбільш економічно доцільними рівнями удобрення» є $N_{60}P_{90}K_{90}$ та $N_{90}P_{135}K_{135}$.

ВИСНОВКИ

1. Щільність структури нижньої частини орного шару значно зростає при безоранковому обробітку порівняно з контролем. Об'ємна щільність та загальна пористість орного шару суттєво не відрізняються на ділянках безоранкового та мілкового обробітку. Загальний об'єм пор орного шару на 4–5% менший при безоранковому обробітку, ніж при мілкому обробітку. При систематичному безоранковому обробітку капілярна пористість орного шару на дату збору врожаю на 5,0–6,2% нижча порівняно з контролем.

2. Найнижчий коефіцієнт водоспоживання спостерігався при тривалому безоранковому обробітку та триразовому рівні удобрення, найвищий – при безоранковому обробітку на неудобрених площах.

3. Урожайність коренеплодів цукрових буряків зростає при безоранковому обробітку порівняно з мілком, особливо на удобрених площах. Використання безоранкового та мілкового обробітку призвело до зниження врожайності цукрових буряків на 8,3 та 25% відповідно порівняно з оранням. Використання мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{135}K_{135}$ кг/га показало збільшення врожайності коренеплодів на 29,7–40,0% порівняно з контрольним варіантом.

4. Найвища економічна та енергетична ефективність досліджуваних агрозаходів отримана за обробітку ґрунту та внесення $N_{90}P_{135}K_{135}$ на 1 га, що також забезпечує найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (3,20).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИРОБНИЦТВА

Господарствам зони нестабільного зволоження Правобережного Лісостепу України слід використовувати обробіток ґрунту типового чорнозему в поєднанні з подвійним рівнем удобрення, який передбачає оранку на 30–32 см + $N_{60}P_{90}K_{90}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Павліченко А. А. Продуктивність плодозмінної сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення у Правобережному Лісостепу України. Автореферат дисертації канд. с.-г. наук. 2019. М. Біла Церква. 23 с.
2. Кірчук І.С. Ефективність попередників, добрив та способів основного обробітку ґрунту на врожайність озимої пшениці в сівозмінах південно-західного Степу: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук: спеціальність 06.01.01. «Загальне землеробство». І.С. Кірчук. К., 2003. 18 с.
3. Відновлення родючості ґрунту в ґрунтозахисному землеробстві: наукова монографія. М.К. Шикула, С.С. Антонець, В.О. Андрієнко та ін.; За редакцією М.К. Шикули. Київ. ОФ «Оранта», 1998. 680 с.
4. Шикула М.К., Димеденко О.В. Формування культурного ґрунту за мінімального обробітку чорнозему. Науковий вісник Національного аграрного університету: (Збірник наукових праць). Випуск 81. КИЇВ. Фенікс, 2005. С. 107–118.
5. Медведєв В.В., Лактінова Т.М. Ґрунтові та технологічні вимоги до ґрунтообробних знарядь та ходових систем машинно-тракторних агрегатів. Харків: КП "Друкарня № 13", 2008. 68 с.
6. Медведєв В.В., Ліндіна Т.Є. Наукові передумови мінімізації основного обробітку ґрунту та перспективи її впровадження в Україні. Вісник аграрної науки. 2001. № 7. С. 5–8.
7. Примак І.Д., Купчик В.І., Боканча А.П. Зміна доступних запасів вологи в ґрунті за різних систем основного обробітку в польовій короткоротаційній сівозміні. Агробіологія: Збірник наукових праць. Білоцерківський державний аграрний університет. Біла Церква, 2010. Випуск 2(69). С. 61–67.
8. Зубець М.В. Напрямки економічного зростання агропромислового комплексу України. Київ. Аграрна наука, 1999. 56 с.

9. Бомба М. Проблеми та перспективи розвитку сільського господарства на початку третього тисячоліття. Пропозиція. 2002. № 10. С. 30–32.
10. Грицай А.Д. та ін. Сучасні технології вирощування зернових. Екологія та сільськогосподарське виробництво. Київ. 1992. С. 39–40.
11. Медведєв В.В. Структура ґрунту (методи, генезис, класифікація, еволюція, географія, моніторинг, охорона). Харків: Видавництво «13 типографія», 2008. 406 с.
12. Екологічні проблеми сільського господарства / І.Д. Примак, Ю.П. Манько, Н.М. Рідей та ін.; За ред. І.Д. Пісака. Київ. Центр навчальної літератури. 2010. 456 с.
13. Системи землеробства: Історія їх розвитку і наукові основи. Примак І.Д., Вергунов В.А., Рошко В.Г., та інші. За ред.Примака І.Д. Біла церква. 2004. 528 с.
14. Гумусовий баланс під сільськогосподарськими культурами в ґрунтах України. Агрохімія та ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник [«Ґрунти – основа добробуту держави. Турботи кожного»], (Харків, липень 2006 р.). УААН, ННЦ ІГА імені О.М. Соколовського. Книга 3. Харків: КП «Друкарня № 13». 2006. 359 с.
15. Акентьєва Л.І. Агроекономічна оцінка вирощування сільськогосподарських культур. Методичний посібник. Луганськ. 1998. С. 28–46.
16. Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Системи обробітку ґрунту в Україні. КИЇВ.ВД «ЕКМО». 2007. 44 с.
17. Адаптивні системи землеробства: З. М. Томашівський, П. Д. Завірюха. ЛДАУ. Львів, 2001. 184 с.
18. Циков В.С., Лоринець Ф.А. Ефективність основного обробітку ґрунту в зерно-просапній сівоzmіні. Вісник аграрної науки. 1997. № 10. С. 19–22.
19. Перчук В.В. Взаємодія рослин кукурудзи з бур'янами за

використання різних видів сидератів та систем основного обробітку ґрунту в Лісостепу України: Автореферат дисертації кандидата сільськогосподарських наук. Київ, 2008. 20 с.

20. Версія А. Обробіток ґрунту в довгостроковій монокультурі пшениці: Вплив на ґрунт, фізичні властивості ґрунту, хвороби рослин, забур'яненість та врожайність пшениці. У: Праці Міжнар. Ґрунтово-орієнтаційних досліджень організацій, 8-ї конф. 1979. т. 2. С. 263–269. Бібліогр.: с. 269.

21. Булигін С. Ю., Дегтярьов В. В., Крохін С. В. Гумусний стан чорноземів України. С. Ю. Булигін. Вісн. аграрної науки. 2007. №2. С. 13–16.

22. Юркевич Е. О., Валентюк Н. О., Албул С. І. Особливості формування структурного та агрегатного складу ґрунту під час вирощування кукурудзи за органічних систем землеробства в Придунайському степу України. Аграрні інновації. 2020. № 4. С. 79–86.

23. Танчик С. П., Цюк О.А., Центило Л.В. Наукові основи агросистем: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 314 с. 23. Гаврик С. В., Цюк О. А. Щільність складу та структурно-агрегатний склад ґрунту залежно від його обробітку. Аграрні інновації. 2024. № 28. С. 27–31.

24. Цюк О. А., Центило Л. В., Мельник В. І. Структурно-агрегатний склад ґрунту залежно від основного обробітку та удобрення. Біоресурси та природокористування. 2018. Т. 10. № 5-6. С. 139–145.

25. Циліорик О. І. Вплив методів основного обробітку чистої пари на агрофізичні властивості та водний режим ґрунту. Агрохімія та ґрунтознавство. 2009. № 71. С. 31-36.

26. Демиденко О. В., Булигін С. Ю., Величко В. А. та ін. Потенціал ґрунтової вологості агроценозів у Лісостепу України. Сільськогосподарська наука і практика. 2021. Т. 8. № 2. С. 49–61. doi: 10.15407/ agrisp8.02.049

27. Юркевич Є. О., Коваленко Н. П., Бакума А. В.

Агробіологічні основи сівозміни в Степу України: монографія. Одеса: Одеське видавництво «ВМВ», 2011. 240 с.

28. Шувар І. А., Снітинський В. В., Балковський В. В. Екологічні основи збалансованого природокористування: підручник. Львів-Чернівці: Книги-XXI, 2011. 760 с.

29. Тарарик Ю. О., Кудря С. І., Лукашук В. П. Вплив зміни гідротермічних умов на режим збирання врожаю типового чорнозему та ефективність побічної продукції як добрив. Вісник сільськогосподарської науки. 2021. № 8. С. 64–72. doi: 10.31073/agrovisnuk202108-08/

30. Косолап М. П., Кротінов О. П., Кремсал В. Г. Виробництво зерна в Україні з використанням технології No-Till. К., 2009. 140 с.

31. Демиденко О. В., Задубинна Є. В. Ефективність побічної продукції в перші роки застосування системи технології No-Till. Землеробство та рослинництво: теорія та практика. 2024. Випуск 1 (11). С. 31–41.

32. Дегодюк С. Є. Вплив тривалого внесення добрив на відтворення органічної речовини: збірник наукових праць. С. Є. Дегодюк, Л. В. Бобер, О. А. Вербицька. Інститут сільського господарства Української академії наук. Випуск 3. Київ. Фітосоціоцентр. 2001. С. 18–22.

33. ДСТУ 4744:2007. Якість ґрунту. Визначення структурного та агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н. І. Саввінова. [Актуально від 2008-01-01]. Київ, 2005. 15 с. (Державний споживчий стандарт України).

34. ДСТУ ISO 11272-2001 Якість ґрунту. Визначення насипної щільності на суху масу (ISO 11272:1998, IDT). [Актуально від 2003-01-07]. Київ, 2002. 14 с. (Державний споживчий стандарт України).

35. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ, Видавництво «Ніч-Лава». 2003. 320 с.

36. Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Єщенко В. О.,

Копитко В. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. [підручник]. За ред. Єщенко В. О. К. Дія. 2005. 288 с.

37. Манько Ю. П., Танчик С. П. та ін. Методичні рекомендації щодо підготовки магістерської дисертації випускниками освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» для вищих сільськогосподарських навчальних закладів за напрямом 1301 «Агрономія». КИЇВСЬКИЙ НАУ, 2002. 20 с.

38. Агрохімічний аналіз: М. М. Городний, А. П. Лісовал, А. В. Бикін та ін. За редакцією М. М. Городного. Київ. Арістей. 2005. С. 262–272.

39. Адаптивні системи землеробства. В. П. Гудзь, І. Д. Примак, М. Ф. Рибак та ін.; За редакцією В. П. Гудзя. Київ. Центр навчальної літератури. 2007. С. 148–158, 200–216, 241–250, 281–292.

40. Примак І. Д. Агротехнічні основи та шляхи вдосконалення механічного обробітку ґрунту за різних рівнів удобрення у кормових сівозмінах Лісостепу України: Автореферат дисертації доктора сільськогосподарських наук. К. 1993. 52 с.

41. Манько Ю.П. Потенційне забруднення поля. Захист рослин. 2000. № 4. 6 с.

42. Мазур Г.А. Проблема відтворення та регулювання родючості ґрунтів: збірник наукових праць Інституту землеробства АН УРСР. Випуск 4. Київ, Чабани: ЕКМО. 1999. С. 48–56.

43. Гордієнко В.П. Вологість ґрунту. Сімферополь: ПП «Підприємство Фенікс», 2008. 368 с.

44. Цвіктовський Б., Ябіоскі Б., Радомська М., Кркіел Р. Ogólna uprawaroli i roslin. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 1996. 405 стор.

45. Гумусовий баланс під сільськогосподарськими культурами в ґрунтах України. Агрохімія та ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний наук. збірник. [«ґрунти – основа добробуту держави. Турбота кожного»], (Харків, липень 2006 р.). УААН, ННЦ ІГА імені О.М. Соколовського. Книга 3.

Харків: КП «Друкарня № 13». 2006. 359 с. Міщенко Ю.Г., Полетаєва Н.С.
Післяжнивні сидерати та

46. Барнс Б., Ефекти Ф. Різні методи обробітку та прямого посіву, а також утилізація солом'яних залишків опи-популяцій дощових черв'яків. *J. Soil Sci.* 1979. 30. 669–679.

47. Центило Л. В. Біологічна активність ґрунту за різних систем удобрення соняшнику та обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник.* 2019. № 108. С. 117–122.

48. Будьонний Ю. В., Стрельцова І. Б. Розподіл поживних речовин в орному шарі чорнозему типового за різних способів обробітку ґрунту. *Агрохімія та ґрунтознавство. КИЇВ... Урожай, 1992.* Випуск 55. С. 67–71.

49. Центило Л. В. Біологічна активність ґрунту за різних систем удобрення соняшнику та обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник.* 2019. № 108. С. 117–122.

50. Вейль А.Н., МакКейс Г.Р. Вплив зменшення обробітку ґрунту та виду добрив на властивості ґрунту під час вирощування кукурудзи. *Soil oillage Res.*, 1990. Т. 17. № 5. С. 63–76.

51. Центило Л. В. Вплив систем удобрення та обробітку ґрунту на стан гумусу та біологічні процеси типового чорнозему. *Таврійський наук. вісник.* 2019. Т. 107. С. 171–177.

52. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні. Шикуча М.К., Антоненко С.С., Балаєв А.Д. та ін.: ред. М.К. Шикучи. Київ. Оранта, 2000. 389 с.

53. Гордієнко В.П., Сичевський С.М. Вплив різних систем обробітку ґрунту на біологічну активність ґрунту. *Науковий праць. Кримський державний аграрний університет.* Випуск 66. Сімферополь. 2000. С. 60–65.

54. Лінден Ф., Ферейдун Р., Мехді Г. та ін. Зв'язок між потоками CO₂ у ґрунті та вологістю ґрунту: анаеробні джерела пояснюють потоки при високому вмісті води. *Geoderma.* 2023. Т. 434.

55. Гаврилюк В.А., Ковальчук Н.С., Мелимука Р.Я., Долюк А.В. Емісія CO₂ як причина зниження продуктивності рекультивованих ґрунтів зони Західного Полісся в умовах зміни клімату та заходи щодо їх адаптації. Матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої пам'яті та 95-річчю з дня народження професора С.Т. Вознюк (Рівне, 29-30 вересня 2022 р.). Рівне: НУВГП, 2022. С. 86–90.

56. Слюсар І. Т., Сербенюк В. О., Повидало В. М., Тарасенко О. А., Сербенюк Г. А. Інтенсивність, емісія CO₂ та біологічна активність осушених органічних ґрунтів залежно від способів їх використання в умовах зміни клімату. Агроекологічний журнал. 2024. № 4. С. 178–191.

57. Волкогон В.В., Пиріг О.В., Дімова С.Б. та Волкогон К.І. Спрямованість процесів мінералізації-синтезу органічної речовини у вилугованому чорноземі при вирощуванні картоплі на різних фонах удобрення. Сільськогосподарська наука і практика. 2020. № 7 (1). С. 40–48.

58. Березівський П.С., Більський Б.В., Дудаш Я.Я. Організаційно-економічні параметри ресурсозберігаючих технологій виробництва продукції рослинництва та тваринництва. Львів: Українські технології. 2000. 219 с.

59. Павліченко А.А., Вахній С.П., Бондаренко О.М. Вплив систем обробітку ґрунту та рівня удобрення на його біологічну активність під озимою пшеницею. Збірник наукових праць «Агробіологія», № 2 (113). Біла Церква. 2014. С. 131–135.

60. Примак І.Д., Ткачук В.М., Демидас Г.І. та ін. Наукові основи підвищення продуктивності сільськогосподарських систем в Україні / за редакцією І.Д. Примака. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 190 с.

61. Медведєв В.В., Лісовал М.Б. Стан родючості ґрунтів України та шляхи їх покращення. Харків: Штрих, 2001. 98 с.

62. Доменек К., Кантоні-Гомес Е., Ворд П. та ін. Роль спостереження за Землею в оцінці та управлінні множинними (небезпечними) ризиками.

Відень, Австрія, 14–19 квітня 2024 р., EGU24-3392.

63. Порівняльна оцінка оранки та чизельного обробітку ґрунту під ячмінь ярий / В. С. Зуза та ін. Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво і зберігання. 2016. Вип. 2. С. 93–104.

64. Тараріко Ю. О., Несмашна О. Є., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур : метод. рекомендації. Київ : Норапринт, 2001. 59 с.

65. Grynyk S. I. Efficiency of the basic soil tillage and fertilizer system at growing spring wheat in the conditions of Precarpathian region. *Agrology*. 2019. No. 2 (2). P. 117–121.

66. Циліорик О. І., Шапка В. П. Забур'яненість ячменю ярого залежно від обробітку ґрунту та удобрення у сівозмінах короткої ротації. *Бюлетень Ін-ту зернових культур*. 2016. № 10. С. 25–31.