

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

05.09. – ВР. 312 «З» 29.04.2023. 33 ПЗ

НУБІП України

ТАВЕНЧУК ОЛЕГ СЕРГІЙОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ФАКУЛЬТЕТ АГРОБІОЛОГІЧНИЙ

УДК 631.452:631.527.5:633.85

ПОГОДЖЕНО ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Декан агробіологічного факультету Завідувач кафедри ґрунтознавства  
та охорони ґрунтів

\_\_\_\_\_ проф. О.Л. Тонха

\_\_\_\_\_ проф. В.О. Забалуєв

« \_\_\_\_\_ » 2023 р. « \_\_\_\_\_ » 2023 р.  
МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА  
на тему:

«Оцінка впливу ресурсощадних технологій вирощування пшениці озимої  
на родючість чорнозему типового»

Спеціальність \_\_\_\_\_ 201 «Агрономія»

Освітня програма «Агрономія»

Освітньо- професійна програма

Гарант програми \_\_\_\_\_ С.М.Каленська

Виконав \_\_\_\_\_ О.С.Гавенчук

Науковий керівник, \_\_\_\_\_  
канд. біол. наук, доц. О.Ю.Паренюк

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Агробіологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

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

(підпис)

2022 року

ЗАВДАННЯ

до виконання кваліфікаційної магістерської роботи  
Гавенчуку Олегу Сергійовичу

Спеціальність 201\* Агроніомія

Тема роботи: «Оцінка впливу ресурсощадних технологій вирощування  
пшениці озимої на родючість чорнозему типового»

2. Керівник роботи: к.б.н. доц. Паренюк О.С.

Затверджені наказом від «29» 04 2023 року №312 «З»

1. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 2023.10.25

2. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: стаціонарний дослід в умовах МХП  
Агрокряж Вінницька область смт. Вендичани

3. Перелік питань, що підлягають дослідженню:

3.1. Метеорологічні умови в районі проведення досліджень.

3.2. Охарактеризувати зміну форм мінерального азоту, рухомого фосфору,  
обмінного калію за різного основного обробітку ґрунту.

3.3. Охарактеризувати урожайність сільськогосподарських культур і  
економіну ефективність.

Студентка  
Керівник роботи

О.С. Гавенчук  
О.Ю. Паренюк

## Анотація

Дипломна робота займає 61 сторінці друкованого тексту, складається з вступу 4-х розділів, списку використаних джерел, який охоплює 119 найменувань.

Дослідження вертикального обробітку і його впливу на родючість чорнозему типового в умовах МХП Агрокріяж Вінницька область смт. Вендичани показало, що заміна традиційної оранки на вертикальний обробіток сприятиме утриманню доступної для рослин вологи у верхньому, орному і метровому шарі чорнозему типового на 11-45%. Більше ущільнення шарів ґрунту 10-20 та 20-30 см у варіанті з вертикальним обробітком. На час посіву пшениці озимої ґрунт був пухкий по всіх обробітках і щільність варіювала в межах 1,03-1,18 г/см<sup>3</sup> залежно від шару ґрунту та обробітку. Під кінець вегетації рослин цей показник значно збільшувався і в шарі 20-30 см виходив за межі, які є сприятливими для пшениці озимої і становив 1,24 г/см<sup>3</sup> за вертикального обробітку. Застосування Фон + N30 збільшило вміст рухомих фосфатів за вертикального обробітку на 13%, за традиційного обробітку різниця не перевищувала 5%. За внесення N20 і N30 перевага врожайності пшениці озимої була за вертикальним обробітком на 0,4-0,5 т/га.

Найбільший умовно чистий дохід отримано за вертикального обробітку на варіанті Фон + N30 і становив 19850 грн/га, що на 3950 грн більше, ніж за традиційного.

За вирощування пшениці озимої на чорноземі типового рекомендовано застосування вертикального обробітку ґрунту за використання №60P26K26.

Анотація .....	2
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ОБРОБІТКУ VERTI-TILL І ЇЇ ВПЛИВ НА ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ) .....	8
1.1 Підходи до оцінки системи землеробства .....	8
1.2 Вплив вертикального обробітку на фізичні показники ґрунту .....	15
1.3 Зміна властивостей ґрунтів і урожайності сільськогосподарських культур за використання ґрунтозахисних обробітків .....	17
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	25
2.1. Програма, методика та умови проведення досліджень .....	25
2.2. Погодно-кліматичні умови в роки проведення досліджень .....	27
2.3. Ґрунтові умови проведення дослідів .....	29
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	32
3.1. Запаси доступної вологи в ґрунті .....	32
3.2. Зміни щільності ґрунту за вертикального обробітку .....	34
3.3 Зміна активної кислотності ґрунту за вертикального обробітку .....	37
3.4. Зміна вмісту рухомого фосфору і обмінного калію за застосування різних обробітків ґрунту .....	39
3.5. Урожайність пшениці озимої .....	42
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ .....	45
ВИСНОВКИ .....	49
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ .....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	51

## ВСТУП

Проблема ущільнення ґрунтів досить гостро стоїть у всьому світі, а для України ця проблема може стати вирішальною в агровиробництві. На сьогодні близько за дослідженнями С.Ю. Булигіна [40] 67% усіх ґрунтів в Україні переущільнені, причому лише 20% мають ознаки легкого ущільнення, 40% мають середній ступінь ущільнення, та 7% — значний. Вертикальний обробіток ґрунту, про який в Україні заговорили порівняно нещодавно, може стати достойною альтернативною класичній технології та сприяти покращенню стану ґрунтів, а отже і підвищенню продуктивності рослинництва. Чому саме слід звернути на нього увагу і чим він може допомогти при ущільненні та ерозії ґрунтів?

До проблеми ущільнення додається ще посуха, яка також не сприяє здоров'ю ґрунтів, а також не завжди раціональне управління сільгоспвиробництвом. За словами Йогана Татцбера в Україні на 1 мм отриманих опадів виробляється 10 кг пшениці, тоді як є усі можливості отримувати 20 кг, як це відбувається у деяких країнах Європи [17]. Ущільнення ґрунтів щорічно забирає до 15-25% врожаю. А зменшення врожайності основних культур (пшениці, сої, кукурудзи) лише на 15% — це втрата прибутку в середньому близько 164 тис. євро для господарства із земельним банком 1 тис. га. Отже близько 4-4,5 млн грн щорічно втрачатимуть господарства через ущільнення ґрунтів.

За різними експертними оцінками, недобір врожаю на площах, де утворилася плужна підшва, може становити і більше, до 30-40%. Тож, щоб не допустити такого зниження продуктивності рослинництва та покращити стан ґрунтів, деякі аграрії останніми роками впроваджують технологію обробітку ґрунту Verti-till, або ж вертикальний обробіток. Це ґрунтозахисна технологія безплужного обробітку полів, яка, як і деякі інші технології, прийшла в Україну з Північної Америки кілька років тому.

Вертикальний обробіток є однією із найбільш перспективних технологій обробітку ґрунту і у випадку тих земель, що страждають від вітрової та водної



ерозії. Адже це також значна проблема для сучасного агровиробництва. Зокрема, від вітрової ерозії систематично втрачає понад 6 млн га земель, а від пилових бурь – до 20 млн га. Крім того, 13,5 млн га сільськогосподарських угідь, зокрема 10 млн га орних земель, зазнають згубного впливу водної ерозії.

Концепція вертикального обробітку полягає у системному запобіганні формуванню глибоких надмірно ущільнених прошарків ґрунту, що погіршують капілярність ґрунтів та обмін вологи, а також перешкоджають нормальному розвитку кореневої системи рослин. У технології Verti-tilл застосовуються агрегати вертикального обробітку ґрунту. Вертикальна вібрація пружинних стійок агрегату дробить ґрунт, залишаючи мікротріщини, через які в землю потрапляють волога і повітря. Таким чином поступово формується однорідна структура без ущільнень та твердих прошарків. Крім того, такі агрегати добре подрібнюють та загортають рослинні рештки і вирівнюють поверхню поля.

Ця технологія може бути єдиною, але вона може ефективно доповнювати класичну та мінімальну технологію. Експерти у галузі землеробства вже давно кажуть, що класична технологія обробітку ґрунту окрім створення плужної підшви також порушує роботу ґрунтової біоти і створює проблеми із мінералізацією рослинних решток. Адже загорнута на глибину оранки солома зазвичай не розкладається роками і знаходиться у ґрунті практично в незмінному стані. Так відбувається тому, що мікроорганізми ґрунту, які сприяють розкладанню решток, «живуть та працюють» переважно на глибині 10-12 (максимум 15) см, тоді як солону загортають мінімум на 10 см глибше. Тож змінювати підходи до обробітку і задля покращення стану ґрунтів, і задля збільшення прибутковості та ефективності власного бізнесу, таки потрібно.

Але досліджень з впливу вертикального обробітку на фізичні властивості ґрунту в Україні недостатньо, що і стало основою нашої дипломної роботи.

НУБІП України

## РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ОБРОБІТКУ VERTI-TILL І ЇЇ ВПЛИВ НА ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

### Підходи до оцінки системи землеробства

Деградація ґрунтів внаслідок агрофізичних впливів розглядається як проблема важлива в контексті сільського господарства. Зокрема, визнається, що інтенсивний механічний обробіток з обертанням скиби є ключовим чинником, що призводить до втрати структурної і фізичної цілісності ґрунтового профілю [43]. Метод полицевого обробітку, хоча традиційно використовується в сільському господарстві, у сучасних умовах відзначається високими енергетичними витратами та значними затратами людського ресурсу, внаслідок чого стає неефективним з економічного і екологічного погляду.

Рациональне зменшення інтенсивності обробітку ґрунту та перехід до технологій мінімального обробітку обґрунтоване не лише економічними перевагами, але й демографічними тенденціями, зокрема, зменшенням працездатного населення в сільських регіонах [40]. Зазначено, що впровадження таких технологій вимагає подальшого вивчення та оптимізації з метою досягнення оптимального балансу між збереженням родючості ґрунтів та раціональним використанням ресурсів.

Необхідно відзначити, що ефективність вертикальної технології обробітку залежить від особливостей сівозміни, більше ніж від кліматичних умов України. Також, в контексті вертикального обробітку, різниця в ефективності може виникнути на полях з великою кількістю залишків поживних культур, особливо тих, що збереглися у вертикальному стані. Отже, оптимальне використання цієї технології може бути доцільним після вирощування зернових та бобових культур з урахуванням специфічних агроекологічних умов. [17].

Фахівці рекомендують проводити щорічний поверхневий обробіток ґрунту вертикальними агрегатами, а також раз на 4-6 років виконувати глибокорозпушування на глибину не менше 40 см. Цей підхід спрямований на ефективне управління ґрунтовим профілем та знищення плужної підшви, що



традиційно утворюється на глибині приблизно 25 см та простягається вглиб на приблизно 10-12 см.

Проведення глибокорозпушування спрямоване на "зірвання" плужної підшви, яка може обмежувати проникнення кореневої системи рослин та впливати на їхній рост і розвиток. Важливо зауважити, що оптимальна глибина обробітку, яка становить не менше 40 см, визначається як ефективна для подолання цієї проблеми.

Крім того, під час заробляння поживних решток рекомендується залишати на поверхні ґрунту приблизно 20-30% подрібнених залишків у якості мульчі. Це сприяє збереженню вологи, запобігає ерозії та забезпечує поступовий розклад органічної речовини, що природно впливає на структуру та родючість ґрунту. Такий підхід сприяє сталому управлінню агроєкосистемою та збереженню її продуктивності в довгостроковій перспективі. [34].

Впровадження вертикальної технології обробітку ґрунту на сучасних сільськогосподарських угіддях виникає з труднощів, пов'язаних із технічною аспектною областю господарювання, що передбачає значні витрати на придбання відповідної агротехнічної апаратури. Спроби уникнути цього обмеження шляхом обмеження вибору лише кількома розрекламованими агрегатами, запропонованими конкретними виробниками, науково неперспективні, оскільки це може призвести до упущення перспективних інновацій та оптимальних рішень для конкретного аграрного контексту.

Наукове обґрунтування підтримує включення до категорії "вертикальної технології" всіх агрегатів, що реалізують вертикальний обробіток, особливо тих, які використовують турбодиски та циліндричні чизельні плуги. Зокрема, новаторський підхід компанії BEDNAR, втілений у бороні STRIEGEL-PRO PE, визначається здатністю до ефективного подрібнення, вирівнювання та розпушування верхнього ґрунтового шару, а також докладним подрібненням та рівномірним розподілом рослинних залишків на поверхні поля. Ці функції суттєво сприяють виконанню основних завдань "вертикальної технології", зокрема в контексті безпліцевого обробітку ґрунту, де збереження та

раціональне розподіл рослинних залишків є ключовими аспектами. Подальші варіації та налаштування борони STRIEGEL-PRO PE роблять її ефективним інструментом для весняного та літнього періодів агротехнічних робіт [17].

Система землеробства Verti-till репрезентує собою концептуальний каркас, базований на принципах, визначених наступним чином:

1. Значна частина типів ґрунтів, демонструючи фізичні властивості, гармонійні з основними еколого-агротехнічними вимогами культурних рослин, виявляється невимагаючою до механічного втручання з метою модифікації фізичних характеристик у сприятливому для культурній продукції напрямку.

2. Управління бур'янами у агроценозах досягається із застосуванням ефективних методів, відмовляючись від механічних прийомів обробітку ґрунту.

3. Присутність рослинних залишків на поверхні ґрунту виконує функцію регулятора водної та вітрової ерозії.

4. Забезпечення збереження та підвищення родючості ґрунту оптимально досягається шляхом залишення всіх побічних аграрних виробітків на поверхні ґрунту.

5. Розгляд ґрунту як живого організму акцентує на мінімальних втручаннях людини, що сприяють його гармонійному розвитку.

Ці концептуальні принципи визначають стратегічний фундамент Verti-till, покладаючи під собою основи для збереження родючості та ефективного управління ґрунтовим ресурсом в перспективі сталого розвитку сільського господарства. Крім цього, після вибору найбільш доцільної системи треба провести оцінку придатності і готовності господарства до переходу на нову систему.

Системний аналіз ефективності різних технологій обробітку ґрунту враховує різноманітні аспекти, оцінюючи їхню пристосованість до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, вимоги до початкового стану поля, технічне

забезпечення господарства, матеріальне забезпечення та рівень кваліфікації робітників.

# НУВБІП УКРАЇНИ

## 1. Ефективність у контексті ґрунтово-кліматичних умов:

- Кожна технологія обробітку ґрунту виявляє максимальну продуктивність при певних ґрунтових і атмосферних умовах. Цей аспект обумовлює раціональний вибір системи в залежності від текстури ґрунту, його гідрофізичних характеристик, а також розподілу кліматичних факторів.

# НУВБІП УКРАЇНИ

## 2. Вимоги до початкового стану поля:

- Кожна методологія передбачає конкретні вимоги до структури та характеристик ґрунту на початковому етапі. Оптимізація земельних ресурсів та адаптація їх до вибору відповідної технології стають пріоритетним завданням.

# НУВБІП УКРАЇНИ

## 3. Технічне оснащення господарства:

- Враховання технічних елементів передбачає використання відповідного агротехнічного обладнання. Синергія різних машин та механізмів визначає результативність системи обробітку.

# НУВБІП УКРАЇНИ

## 4. Матеріальне забезпечення:

- Кожна технологія передбачає специфічні матеріальні ресурси для ефективного функціонування. Економічна ефективність та доступність необхідних матеріалів обумовлюють раціональний вибір системи.

# НУВБІП УКРАЇНИ

## 5. Рівень кваліфікації робітників:

- Компетентність робітників визначає успішність впровадження обраної технології. Забезпечення необхідними знаннями та навичками для оптимального використання агротехнічних засобів є пріоритетом в контексті забезпечення ефективного робочого процесу.

# НУВБІП УКРАЇНИ

# НУВБІП УКРАЇНИ

Високі втрати врожаю, пов'язані з утворенням ущільненої плужної підшви, підкреслюють актуальність використання технології Verti-till, що базується на вертикальному підході до обробітку ґрунту. Ця концепція спрямована на запобігання утворенню глибоких ущільнених шарів ґрунту, що деградують капілярні властивості та сприяють нормальному розвитку кореневої системи рослин.

В сфері сільського господарства, вибір відповідного обладнання для обробітку ґрунту стає стратегічним завданням аграріїв з метою оптимізації урожайності та запобігання втратам, пов'язаним із утворенням ущільненої плужної підшви. Науковці оцінюють, що такі втрати можуть досягати 30–40%.

В останні роки технологія ґрунтообробітку Verti-till отримує все більше застосування як ефективний інструмент для запобігання утворенню глибоких ущільнених прошарків ґрунту, що може погіршувати його водопровідні та аеропермеабельні характеристики, а також обмежувати розвиток кореневої системи [34, 35].

Технологія Verti-till ґрунтується на системному підході, спрямованому на запобігання утворенню глибоких ущільнених прошарків. Для реалізації цієї концепції використовуються спеціальні агрегати вертикального обробітку ґрунту. Робочі органи цих агрегатів створюють вертикальні розломи та тріщини у ґрунті, сприяючи ефективному помієбленню та обміну вологою. Такий підхід сприяє формуванню однорідної структури ґрунту без ущільнень та твердих прошарків, що, в свою чергу, сприяє позитивному росту та розвитку рослин [34, 35].

Агрегати вертикального обробітку ґрунту володіють здатністю ефективно подрібнювати та обробляти рослинні залишки, вирівнювати поверхню поля, а також забезпечують якісний передпосівний обробіток ґрунту. Ці заходи сприяють не лише підвищенню родючості ґрунту, а й узагальненому покращенню умов для оптимального вирощування сільськогосподарських культур. Серед представлених на ринку агрегатів для вертикального обробітку

грунту зупинимося на деяких моделях — RTS Salford, Turbo-Max Great Plains, Supercoulter Summers

Агротехнічний комплекс RTS Salford, представлений у модельному ряді Salford RTS, визначається своєю універсальністю та адаптабельністю до різних ґрунтово-кліматичних умов України. Цей комбінований агрегат для вертикального безполицевого обробітку ґрунту розроблений для використання як у стандартних умовах, так і для обробітку мерзлого ґрунту в зимовий період, демонструючи при цьому оптимальну продуктивність при швидкості роботи від 15 до 20 км/год.

Модельний ряд Salford RTS включає п'ять модифікацій, що відрізняються ступенем агресивності обробітку в залежності від типу застосовуваних стійок та дисків. Моделі RTS I-1100 та RTS I-2100 відзначаються міцною рамою, чотирма рядами хвилеподібних дисків та трьома рядами пружинної борони, що має планчасті котки для додаткового збагачення ґрунту.

RTS I-1100 оснащена хвилеподібними дисками діаметром 510 мм, встановленими на індивідуальних стійках. Вони працюють без кута атаки, забезпечуючи вібрацію вверх-вниз. Важливим аспектом є використання хвилеподібних дисків із шириною хвилі 55 мм та можливість регулювання відстані між ними від 130 до 170 мм. Для оптимального навантаження передбачено встановлення додаткових вантажів з розрахунку 111 кг/м агрегату, роблячи цю модель ідеальною для розпушування ґрунту на глибину не більш як 50 мм.

RTS I-2100 додатково обладнана двома передніми тринадцятихвильовими рядами дисків та двома задніми восьмихвильовими, забезпечуючи ефективну роботу навіть у важких умовах щільних та пересушених ґрунтів. Збільшення навантаження досягається за рахунок додаткових вантажів з розрахунку 111 кг/м агрегату, що підкреслює рекомендований застосунок цієї моделі у складних агрокліматичних умовах [34]. Дисківа борона Supercoulter Summers складається із рами з опорно-ходовими колесами, двох рядів дисківих батарей, зубової борони та прокочувального котка, гідросистеми та механізму приєднання до

енергозасобу. Supercolter Plus оснащується передньою батареєю із суцільними дисками та задньою із тринадцятихвильовими дисками. Така комбінація робочих органів найбільш ефективна в умовах великої кількості та на важких поживних залишках за різних польових умов.

Для досягнення однорідного шару ґрунту важливо враховувати оптимальні параметри глибини обробітку та ширини міжряддя. У конкретному випадку, щоб сформувати однорідний шар ґрунту, глибина обробітку повинна становити половину ширини міжряддя. Наприклад, при глибині обробітку 17,5 см ширина між робочими органами в ряду повинна бути виставлена на рівні близько 35 см.

Важливо враховувати, що чим пізніше виконується вертикальний обробіток ґрунту, тим коротший тривалий період часу потрібно відводити для проведення цієї операції. Застосування різних типів глибокорозпушувачів, таких як дискові глибокорозпушувачі, дискові чизелі та чизельні плуги, також впливає на тривалість проведення обробітку. Наприклад, дискові глибокорозпушувачі можуть працювати у вологіших умовах, що може збільшити строки проведення обробітку.

Сергій Кривошеєнко з "Аграрної індустріальної компанії" (Salford) підкреслює основні ідеї технології вертикального обробітку ґрунту. Головною метою є боротьба з ущільненням ґрунтів, створення сприятливих умов для вертикального розвитку кореневої системи рослин та збереження вологи. Ця технологія також спрямована на відновлення родючості ґрунтів шляхом прискорення перегнивання рослинних решток. Завдяки наявності рослинних решток на поверхні ґрунту, вертикальний обробіток допомагає локалізувати воду та вітрову ерозію, а також зменшує витрати на обробку землі. Агрегати RTS відрізняються тим, що не забиваються через надмірну вологу чи рослинні залишки та ефективно працюють при засухах завдяки ефекту відбійного молотка, який розбиває ущільнення в ґрунті. Отже, численні декларації, щодо високої ґрунтозахисної ефективності системи землеробства Verti-till, ні в націй країні, ні в роботах закордонних спеціалістів не базуються на кількісних та



комплексних оцінках такої ефективності, що затримує впровадження нових систем землеробства у виробництво, зокрема, в Україні.

### **Вплив вертикального обробітку на фізичні показники ґрунту.**

Наукові дослідження, проведені в Україні та світі, зосереджуються на системі землеробства нульового та вертикального обробітку, приділяючи особливу увагу агрономічним аспектам. У монографіях і статтях, де узагальнені багаторічні дослідження впровадження цієї технології, освітлено такі питання, як запаси вологи в ґрунті, фільтраційна здатність ґрунту, твердість і щільність ґрунту, динаміка елементів живлення, баланс гумусу та інші [1-15].

Дослідження агрегатного складу верхнього шару ґрунту, в основному, проводилося з точки зору агрономічних критеріїв, зосереджуючись на агрономічно-цінних складових. У роботі W.D. Reynolds, X.M. Yang, C.F. Drury, T.Q. Zhang, C.S. Tan зазначено високий ґрунтозахисний ефект системи верті-тілл, який пояснюється значною кількістю рослинних решток, що залишаються на поверхні ґрунту [12]. Дослідження, проведені в Донецькій області на звичайних чорноземах, показали, що технологія вертикального обробітку не впливає істотно на структурно-агрегатний склад ґрунту порівняно з контролем та не призводить до погіршення вмісту водостійких агрегатів. Щодо протиерозійних властивостей ґрунту, наведені дані не включають вплив цієї технології на вітростійкість. Автор констатує високу ґрунтозахисну ефективність обробітку, пояснюючи це великим вмістом поживних решток на поверхні ґрунту. На думку С. Г. Чорного [42] технологія, яка ґрунтується на обробітку із залишенням на поверхні ґрунту рослинних залишків, наближається до природного ґрунтоутворного процесу, який стабілізує родючість ґрунту, створюється можливість замкнутого кругообігу речовин і енергії в землеробстві [42]. Проте такі закономірності спостерігаються не завжди. Часто вплив різних способів основної обробки на зміст вологи в ґрунті істотно не розрізняється [38, 39]. Значне накопичення вологи після безвідвальних обробок, передусім, спостерігається в степових районах. Способи обробітку впливають і на інші властивості ґрунту, зокрема щільність. При надмірному ущільненні

утруднюється проникненні в глиб ґрунту коренів рослин, погіршується водний, повітряний, тепловий і поживний режим, знижується біологічна активність ґрунту і зрештою врожайність сільськогосподарських культур. Тільки на чорноземах підвищення щільності 20 на 0,2 г/см<sup>3</sup> знижувало врожайність зернових колосових культур на 15%, а на 0,3 г/см<sup>3</sup> на 50% [25]. Тому підтримка оптимальної щільності ґрунту залишається важливим завданням землеробів. Для різних культур вона індивідуальна і визначається біологічними особливостями рослин [29]. Найбільш вимогливим до щільності ґрунту є соняшник і картопля

(оптимальна щільність 1,0–1,1 г/см<sup>3</sup>), менш вимогливі цукровий буряк і кукурудза (оптимальна щільність 1,1–1,4 г/см<sup>3</sup>), а зернові культури займають проміжне положення – від 1,1 до 1,2 г/см<sup>3</sup> [19]. Більшість дослідників дійшли висновку, що щільність ґрунту підвищується при застосуванні поверхневих основних обробок до 0,94–1,26 г/см<sup>3</sup>, тоді як при відвальній і безвідвальній обробках вона нижча – 0,86–1,17 г/см<sup>3</sup> [13, 21, 22].

Дослідження, проведене А.А.С.Аl-Shammary та А.З. Kouzani в напіваридовій області Мексики, спрямоване на аналіз фізичних властивостей глинисто-суглинкового ґрунту та врожайності культури *Avena sativa* L. в контексті різних методів обробітку ґрунту, таких як без обробітку ґрунту (NT), вертикальний обробіток ґрунту (VT) та звичайний обробіток ґрунту (KT). Значення щільності, проникності та стійкості до руйнування були визначені для кожного методу.

Виявлені різниці у щільності між методами були незначні, проте відмітна тенденція зниження щільності відзначилася в методах KT (6,7%), NT (5,6%) та VT (0,7%). Збільшення проникності спостерігалось для KT (6%), NT (5%) та VT (0,5%). Стійкість до руйнування зменшилася для KT на 6%, більше, ніж для NT і VT. У випадку врожайності, NT показала зменшення на 13% порівняно з KT та VT.

Важливість врахування кількості вегетаційних періодів перед зміною системи управління була підкреслена результатами 8-річного дослідження на суглинках гренади. "No-till" протягом 4 років призвело до статистично значущих

відмінностей порівняно з КТ, збільшуючи рівні органічної речовини, обмінного Ca та екстрагуючих P, Mn, Zn та знижуючи екстрагуючі K, Fe та Cu на поверхні 2,5 см порівняно з КТ.

Результати також підтверджують, що практика "no-till" може покращити деякі властивості ґрунту та збільшити його стійкість. Попередні дослідження Yenish, J., Doll, J., & Buhler, D. (1992) та Anderson R. L. (2004) свідчать, що обробіток ґрунту не впливає на вміст обмінного магнію і реакцію середовища ґрунту. Дослідженнями [11] встановлено, що наявність в умовах реалізації системи верті-тілл серед рослинних решток великої частки «вертикальної» складової призводить до підсилення протидефляційної ефективності технології розташування «вертикальних» рядків у поперек головного напрямку ерозійних вітрів.

### **1.3 Зміна властивостей ґрунтів і урожайності сільськогосподарських культур за використання ґрунтозахисних обробітків**

Традиційний метод обробітку ґрунту (ЗТ) в Китаї, використовуваний для вирощування цукрової тростини, залишається основною сільськогосподарською практикою, але тривалий застосунок цього методу може спричинити ущільнення ґрунту, негативно впливаючи на його властивості та врожайність. З метою подолання цих проблем, дослідники, зокрема Li, Y.R. та Yang, L.G., вивчають новий метод обробітку ґрунту - глибокий вертикальний роторний обробіток ґрунту (DVRT), який сприяє полегшенню ущільнення та створенню сприятливого середовища для росту рослин.

В ході досліджень встановлено, що DVRT призводить до зниження об'ємної щільності та підвищення пористості ґрунту на глибині 0–40 см. Також виявлено, що ґрунт, оброблений DVRT, має вищий рівень зберігання води порівняно із традиційним обробітком ґрунту (СТ) через покращену водоудримуючу здатність та зменшене споживання води рослинами. Надземна

та підземна біомаса, а також висота рослин виявилися значно вищими при використанні DVRT порівняно з СТ.

Дослідження також підтверджує, що DVRT є ефективним методом обробітку ґрунту для сталого сільського господарства в богарних регіонах.

Порівняно із СТ, DVRT приніс значні позитивні результати у вирощуванні цукрової тростини, підвищуючи надземну біомасу на 68,90% (за 1 рік) та 50,14%

(за 2 роки). Такий метод може слугувати рекомендацією для сталого використання земельних ресурсів та збереження екосистем. Альтернативні

методи обробки ґрунту, такі як скорочений обробіток ґрунту (RT) або без обробітку ґрунту (NT), які створюють менше ерозії та стоку, ніж СТ (Lopez et al.,

2000; Basic et al., 2004; He et al., 2011), як правило, розглядаються як більш стійкі системи вирощування для майбутнього (Hobbs, et al., 2008). Ключова роль

ґрунтових мікробних спільнот в екосистемах висунута на перший план; тому багато досліджень були зосереджені на впливі обробки ґрунту на мікробні

спільноти ґрунту та виявили, що методи консерваційного обробітку ґрунту збільшують кількість мікробів (або біомасу) (Valpassos et al., 2001; Mathew et al.,

2012; Guo et al., 2016). ), мікробне різноманіття (Sheibani and Ahangar, 2013; Habig and Swanepoel, 2015) та активність ферментів (Nivelle et al., 2016; Zuber and

Villamil, 2016).

Дослідження обробітку ґрунтових ділянок у різних місцевостях США підтверджує, що методи обробітку, зокрема, безоранковий обробіток (NT),

впливають на мікробний склад ґрунту. В поверхневих шарах ґрунту (0–7 см) здійснювані заходи NT сприяли більшому розвитку аеробних мікроорганізмів,

факультативних анаеробів та денітрифікаторів порівняно з традиційним обробітком (СТ). Однак у глибших шарах ґрунту (7–30 см) спостерігалася зміна

цієї тенденції. Додаткові дослідження, проведені в Ірландії, вказують на те, що обробіток із застосуванням обертових агрегатів (RT) сприяє збільшенню

загальної біомаси бактерій та грибів у верхньому шарі ґрунту (0–5 см), але може зменшити біомасу бактерій на глибині 5–20 см.

Виділяється концепція "глибинного розпаду", яка дозволяє оцінювати зміни в поживних речовинах ґрунту та мікробних спільнотах, викликані різними методами обробітку ґрунту. Визначимо, що обробіток ґрунту також впливає на розміщення рослинних решток, що може покращити якість ґрунту та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, порівняно із спалюванням решток. Введення рослинних залишків допомагає підвищити вміст вуглецю в ґрунті, покращує ефективність поживних речовин та сприяє врожайності сільськогосподарських культур.

Дослідження впливу методів обробітку ґрунту, зокрема, ротаційного обробітку ґрунту (RT) і глибокої оранки, на його властивості вказують на те, що цей вплив залежить від глибини шару. Наприклад, дослідження Chen et al. (2017) показали, що вміст азоту при RT із поверненням соломи був вищим у верхньому шарі ґрунту (0–10 см), але нижчим у глибокому шарі (нижче 20 см), порівняно з глибокою оранкою з поверненням соломи. Повернення соломи при оранці спричинило зменшення загального та розчиненого органічного вуглецю у певних шарах ґрунту, але збільшило вміст розчиненого органічного вуглецю на глибині 14–21 см.

Активність ґрунтових ферментів також змінюється в залежності від методів обробітку ґрунту. За результатами Chen et al. (2017), RT із поверненням соломи викликає більш високу активність сахарози, протеази та уреаз, у верхньому шарі ґрунту (0–10 см), але меншу активність у глибших шарах (10–30 см).

Важливим фактором, що впливає на мікробну активність, є рівень кисню в ґрунті. Обробіток ґрунту, порівняно з безоранковим (NT), може підвищити пористість та аерацію ґрунту, що сприяє швидкості дифузії кисню. Гіпероксичні умови, викликані низьким рівнем кисню, можуть призводити до деградації органічних речовин та вищих викидів CO<sub>2</sub>, що впливає на мікробне біорізноманіття, хоча точні механізми цього взаємозв'язку залишаються неясними. (Кейлувейт та ін., 2017).

Дослідження ефективності вертикального обробітку ґрунту на вирощуванні Redgram свідчать про більшу врожайність насіння та покращене поглиблення поживних речовин. В конкретному дослідженні, застосування вертикального обробітку ґрунту з глибоким розпушувачем до 60 см з інтервалом 1 м, разом з використанням 125% рекомендованої дози добрив та позакореневим внесенням  $KNO_3$  1% двічі з інтервалом у 15 днів на 50% стадії цвітіння, привело до позитивних результатів [78].

Деякі дослідження в області впливу обробітку ґрунту на мікроорганізми вказують на те, що хоча цей вплив широко вивчено, деякі методи дослідження, такі як хлороформний метод фумігації-інкубації, прямий підрахунок мікроорганізмів, аналіз фосфоліпідних жириих кислот, денатуруючий градієнтний гел-електрофорез та моніторинг метаболічних характеристик, можуть не надавати достатньо детальної та вичерпної філогенетичної чи таксономічної інформації про мікробні спільноти.

Важливо враховувати, що кореляції між вертикальним розподілом поживних речовин у ґрунті та мікробними спільнотами можуть залишатися неясними, і докладніші дослідження, які враховують функціональні мікробні групи та філогенетичні характеристики, можуть бути необхідні для повного розуміння цього взаємозв'язку.

Дослідження, проведене Lichao Zhai, Ping Xu, Zhengbin Zhang, Shackun Li, Rufzhi Xie, Lifang Zhai, Benhui Wei, підтверджує, що вертикальний розподіл бактеріальних та грибових спільнот у ґрунті визначається детермінованими факторами, такими як рН ґрунту, провідність та вміст органічного вуглецю [Hu et al., 2015]. ґрунтові мікроорганізми виконують ключову роль у ґрунтових екосистемах і вважаються важливим показником якості ґрунту [Sharma et al., 2011]. Проте, ці спільноти легко піддаються впливу інтенсивних сільськогосподарських методів [Girvan et al., 2004; Mueller et al., 2015; Sun et al., 2015, 2016].

Вказане дослідження показало, що різні методи обробітку ґрунту суттєво впливають на вертикальний розподіл бактеріальних та грибових угруповань.



Зокрема, глибина обробітку ґрунту виявилась більш впливовою на бактеріальні спільноти порівняно з грибовими. Це свідчить про те, що гриби можуть охоплювати ширший діапазон вертикальних середовищ існування, а бактерії можуть бути більш чутливі до змін навколишнього середовища та сільськогосподарських практик [Girvan et al., 2004; Barnard et al., 2013; Zhang et al., 2015].

Результати дослідження вказують на різний внесок ґрунтових та стохастично-нейтральних процесів у структуруванні вертикального розподілу бактеріальних та грибових спільнот у ґрунті. Попередні дослідження головним чином фокусувалися на поясненні горизонтального розподілу ґрунтових мікробних спільнот, проте вказане дослідження розглядає вертикальний аспект (Dumbrell et al., 2010; Nemergut et al., 2013; Kivlin et al., 2014; Liao et al., 2016; Hu et al., 2015).

Інші дослідження Zhang, J., Bian, Q., Miao, Q., Jiang, X., Wang, Y., Wang, H. and Cui, Z. (2021) демонструють, що комплексний підхід із комбінованим обробітком ґрунту та мульчуванням може бути ефективнішим для зниження засолення ґрунту та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур у прибережних солончаках. Це включає різні методи обробітку, такі як ротаційний обробіток ґрунту (RT), глибокий обробіток ґрунту (DT) з подальшим RT, плоский обробіток із застосуванням мульчі (DM) та гребнево-борозенна посадка разом із пластиковим мульчуванням (DMF).

Ці обробки мають на меті покращити властивості ґрунту та врожайність кукурудзи, одночасно знижуючи засолення ґрунту. Внаслідок застосування такого комплексного підходу виявлено покращення урожайності зерна, часткової факторної продуктивності азоту (ПФЛН) та чистого прибутку порівняно з традиційним ротаційним обробітком ґрунту (RT). Також відзначено зниження електропровідності ґрунту та концентрації  $\text{Na}^+$  порівняно з RT, що сприяє покращенню умов для росту сільськогосподарських культур. Концентрація EC і  $\text{Na}^+$  також зменшилася на 6,41–64,4% та 11,1–53,7% порівняно з DT. Ці результати демонструють, що комбінований обробіток ґрунту

та мульчування є ефективним комплексним підходом до управління для покращення властивостей ґрунту, підвищення продуктивності кукурудзи та збільшення фінансових переваг у прибережних солончаках [44].

Вплив різних рівнів обробки ґрунту та боротьби з бур'янами на популяцію, розподіл і проростання насіння бур'янів оцінювався в дослідженнях Amato, G., Ruisi, P., Frenda, A.S., Di Miceli, G., Saia, S., Plaia, A. and Giambalvo, D. (2013) [117]. Понад 60% усіх насіння бур'янів було виявлено у верхній частині (1 см) ґрунту при нульовому обробітку на обох ділянках. Зі збільшенням глибини концентрація насіння бур'янів логарифмічно зменшувалася порівняно з

нульовим обробітком. Під час чизельної оранки понад 30% насіння було у верхній частині 1 см, і концентрація насіння лінійно зменшувалася з глибиною. Відвальна оранка мала рівномірний розподіл насіння бур'янів у верхніх 19 см ґрунту. Досходовий метолахлор плюс атразин зменшили популяцію насіння

бур'янів на 50% порівняно з відсутністю обробки на всіх системах обробки ґрунту. Один рік обробки гербіцидом плюс ручна прополка для забезпечення умов без бур'янів не призвели до зменшення кількості насіння під час чизельної оранки або відвальної оранки порівняно з одним гербіцидом. Кількість насіння в

умовах без обробки ґрунту та без бур'янів зменшилася на 40% порівняно з одним лише гербіцидом. Схожість ягяти звичайних була на 40% вищою при оранці відвалом та чизельною оранці порівняно з безобробітком. Найвища схожість була у насіння, заглибленого від 9 до 19 см при відвальної оранці та від 0 до 9 см при чизельній оранці [117].

Вивчення руху води та розчинених речовин у ґрунтах є важливою складовою для визначення екологічного впливу сільськогосподарських методів. У даному дослідженні проведено порівняльний аналіз впливу традиційного обробітку ґрунту з відвальною оранкою (30) та ґрунтозахисного обробітку ґрунту з дисковим боронуванням (MT) на фракцію нерухомої води у ґрунті.

При застосуванні методу MT фракція нерухомої води варіювала від 0,216 до 0,882 з середнім значенням 0,631 (коефіцієнт варіації = 30%). Виявлено, що зміна структури ґрунту внаслідок оранки суттєво впливає на фракцію нерухомої

води при традиційному обробітку, тоді як у випадку ґрунтозахисного обробітку ця фракція має більш рівномірний розподіл.

Досліджено вплив обробітку ґрунту, який є ключовою агротехнічною операцією, на властивості ґрунту та ріст сільськогосподарських культур.

Застосування техніки DVRT призвело до зменшення насипної щільності ґрунту та збільшення його пористості, особливо в глибших шарах (20–40 см), що може сприяти покращенню структури ґрунту та оптимальним умовам для росту рослин.

Отримані результати підкреслюють важливість вибору ефективних методів обробітку ґрунту для збереження екологічної стійкості агроecosystem та підтримання високої продуктивності [39].

Вологість ґрунту визначає ключові аспекти гідрологічних, екологічних та кліматичних процесів на різних просторових та часових масштабах [41–44].

Зберігання ґрунтової води протягом вегетаційного періоду є критично важливим для підвищення врожайності зерна.

Протягом понад 50 років впровадження інтенсивної оранки в субгумідних і напівзасушливих аргентинських Пампасах призвело до значної деградації ґрунту через ерозію вітром та водою. Досліджено, що використання консервативних методів обробітку покращує більшість фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунту. Важливо зауважити, що різниця впливу обробітку ґрунту зазвичай виявляється більшою на вологих ділянках із суглинковими ґрунтами, ніж на сухіших ділянках з піщаними ґрунтами.

Зокрема, висока потреба культур у азоті може призвести до меншої врожайності при ґрунтозахисному обробітку порівняно із традиційним [118].

Хоча використання консервативного обробітку ґрунту може покращити або стабілізувати умови ґрунту в регіоні, вирішення потреб у поживних речовинах сільськогосподарських культур може вимагати додаткового використання азотних добрив для досягнення оптимальної врожайності [119].

На рівнині Хуан-Хуай-Хай (ННП) в Китаї сільськогосподарська практика нульового обробітку під кукурудзу після збирання озимби пшениці визнана

основною. Тривалий застосунок цього методу обробітку ґрунту без використання глибокого безполицевого обробітку відзначається впливом на властивості ґрунту, що призводить до небажаного впливу на ріст та врожайність літньої кукурудзи.

У порівнянні із смуговим обробітком, нульовий обробіток (НТСС), застосований з використанням глибокого вертикального розпушувача (ДВРТ), виявився ефективним у збільшенні вмісту вологи в ґрунті на глибинах від 20 до 60 см. Вміст сухої речовини в пагонах (DMA) та насінні, а також індекс урожаю за методом ДВРТ, значно перевищували аналогічні значення в методі НТСС, переважно через велике збільшення DMA після антези.

Додатково, застосування глибокого вертикального розпушувача (ДВРТ) сприяло підвищенню максимальної та середньої швидкості наповнення зерна, що значно збільшило максимальну масу зерна під час збирання. У порівнянні з нульовим обробітком (НТСС), ДВРТ відзначився значним підвищенням урожайності зерна на 21,3% та 27,8% при щільності рослин 6,75 пл м<sup>-2</sup> і 9 пл м<sup>-2</sup> відповідно в Луанчені, а також збільшив урожай на 12,3% в Гуояні. Отримані результати свідчать про можливість використання ДВРТ як методу глибокого обробітку ґрунту для поліпшення його фізичних властивостей та підвищення врожайності зерна літньої кукурудзи.

Аналіз наукової літератури підтвердив обмежену кількість досліджень, присвячених оцінці переваг і недоліків використання верті-тілл як основного методу обробітку ґрунту. Існують суперечливі точки зору щодо впливу цих факторів на фізичні властивості ґрунту. Таким чином, ці питання є недостатньо дослідженими та недостатньо висвітленими в літературі. З цієї причини мета нашого дослідження полягає в оцінці доцільності використання технологій верті-тілл для вивчення їх впливу на окремі фізичні властивості ґрунту.

НУБІП України

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Програма, методика та умови проведення досліджень

Дослідження, проведені в рамках теми дипломної роботи, охоплюють польовий експеримент у п'ятипільній сівозміні на території МХП "Агрокряж" у Вінницькій області, смт. Вендичани. Структура сівозміни включає озиму пшеницю, кукурудзу на зерно, горох, озиму пшеницю і сою.

Стационарне дослідження спрямоване на вивчення різних заходів основного обробітку ґрунту, зокрема традиційного (в ролі контролю) та вертикального. Варіанти польового дослідження розміщені за допомогою методу розщеплених ділянок. Кожна ділянка має посівну площу 560 м<sup>2</sup> (16 м на 35 м), облікова площа становить 450 м<sup>2</sup> (32,1 м на 14 м).

Ці дослідження спрямовані на детальний аналіз впливу різних методів обробітку ґрунту на агрокультури в умовах вказаної сівозміни та можуть внести вагомий внесок у вивчення оптимальних методів обробітку ґрунту для підвищення врожайності та стійкості екосистеми.

Система основного обробітку в польовому досліді подано в таблиці 2.2.1.

Таблиця 2.2.1. Система основного обробітку ґрунту в польовому досліді

Обробіток ґрунту	Дискунання БДТ-7	Культивація КНН-4 до основного обробітку	Оранка ІЛН-5-35	Обробіток Salford RTS 1-2100	Культивація КНН-4 Після основного заходу
1. Традиційний (контроль)	8-10 (2р)		+		5-6 (2р)
2. Вертикальний				+	5-6 (2р)

Для виконання основного обробітку ґрунту використовували Salford RTS 1-2100 (фото 2.1).





Диски на пружинній стійці COIL TECH



Навісне обладнання



Фото 2.1. Salford RTS 1-2100 [35].

Так як в огляді літератури зазначено, що ефективність обробітку з впливу на властивості ґрунту та урожайність культур залежить від норм азоту, то ми дослідили вплив різних норм удобрення на властивості ґрунту та урожайність пшениці озимої. Варіанти удобрення. 1. Фон +  $N_{40}P_{20}K_{26}$ ; 2. Фон +  $N_{20}$ ; 2. Фон +  $N_{40}$ ;

Для виконання поставленої мети і завдань упродовж роботи над виконанням досліджень були проведені наступні аналізи:

1. Водні показники ґрунту на початку та в кінці вегетації рослин;  
2. ДСТУ ISO 11272-2001 Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу (ISO 11272:1998, IDT);

3. ДСТУ ISO 11465-2001 Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT)



4. Визначення активної кислотності ґрунту – ДСТУ 7862:2015 Якість ґрунту. Визначення активної кислотності.

5. ДСТУ 4115-2002 Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова

6. Урожайність та якісні показники;

7. Економічна оцінка заходів обробітку ґрунту.

**. Погодно-кліматичні умови в роки проведення досліджень.**

Розташування дослідної станції характеризується помірно-континентальним кліматом. Середньорічна температура коливається в межах 6,5-7,0°C, а відносна вологість повітря становить приблизно 80,4%. Багаторічні дані опадів свідчать про річну кількість від 540 до 560 мм. Розподіл опадів на різні періоди року представлений наступним чином: зимою випадає 90-100 мм, навесні – 120-130 мм, влітку – 105-200 мм, восени – 130-135 мм. Вегетаційний період характеризується великою кількістю опадів, приблизно 335-340 мм, що визначається як достатньо для нормального росту та розвитку сільськогосподарських культур.

Таблиця. 2.1. Погодні умови вегетаційного сезону (метеостанція Вінницького району)

Роки	Місяці								Сума за вегетаційний сезон
	4	5	6	7	8	9	10		
Сума активних температур вище 10°C									
2023	312	386	402	512	561	359	310	2862	
Багаторічна норма	252	459	548	528	567	410	225	2989	
Атмосферні опади, мм									
2023	37	78	44	28	104	105	65	461	
Багаторічна норма	46	48	64	83	57	34	36	368	

# НУБІП УКРАЇНИ

Згідно таблиці 2.2.1. і рис. 2.1, 2.2 погодні умови 2023 року не відрізняються від багаторічної норми за сумою активних температур, але за кількістю атмосферних опадів вони були значно більші за норму особливо з 8 до 10 місяця.



Рис. 2.1 Сума активних температур за вегетаційний період, 2023 р.

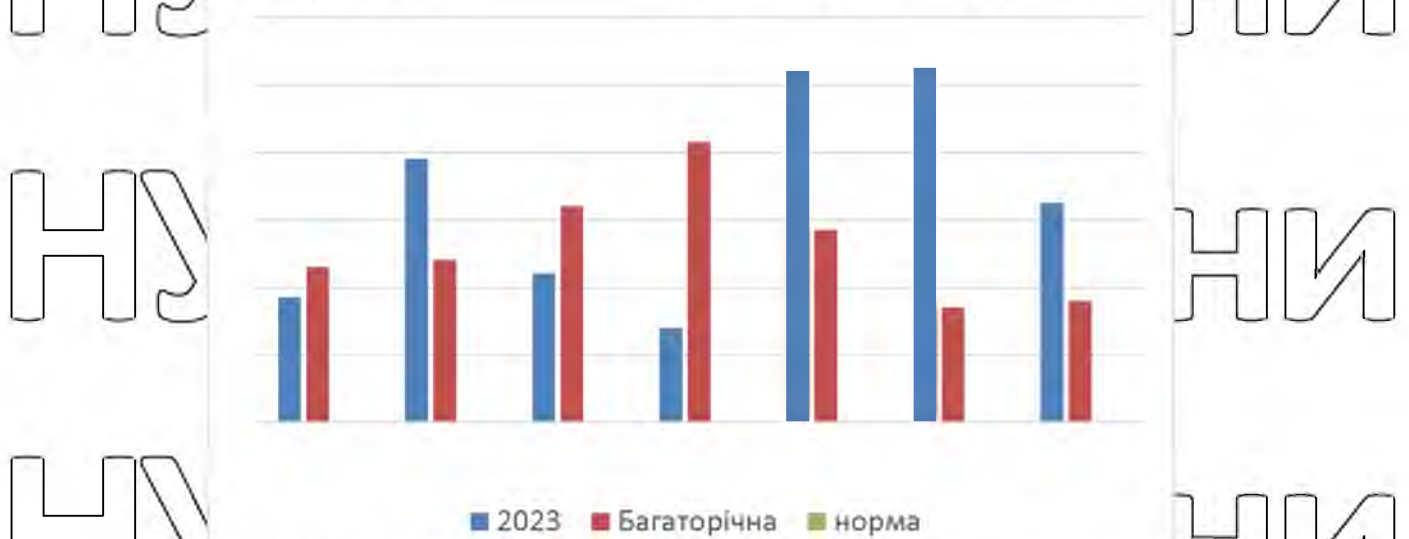


Рис. 2.2 Кількість атмосферних опадів за вегетаційний період, 2023 р.

Останні весняні заморозки в умовах Чутівського району спостерігаються в першій декаді травня, осінні – в кінці вересня. Зима помірно холодна з частими відлигами. Сніговий покрив не стійкий. Тривалість періоду з температурою вище  $+9^{\circ}\text{C}$  складає 210-215 днів і 155-180 днів з температурою вище  $+10^{\circ}\text{C}$ .

# НУБІП УКРАЇНИ

В цілому погодні умові вегетаційного сезону у період проведення дослідів були типовими для зони Лісостепу.

### . Грунтові умови проведення дослідів

Під впливом різних факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, організмів і господарської діяльності людини на процеси ґрунтоутворення на території господарства сформувалися чорноземи вилугзовані середньосуглинкові на лесовидному суглинку.

Перед закладкою польового дослідів було проведено ґрунтове обстеження ділянки. Приводимо опис ґрунтового розрізу:

$H(k) \frac{0}{62}$  Гумусовий, свіжий, темно-сірого кольору, середньосуглинковий, розпушений, зернисто-грудочкуватої структури, пронизаний коріннями рослин, червороїни, капроліти. Орний шар виділяється на фоні гумусного горизонту світлим кольором,

злегка ущільненим складом і пилювато-грудочкуватою структурою. Лінія карбонатів — нерівна, перехід поступовий.

$Prk63-95/32$  Верхній гумусовий перехідний горизонт. Свіжий, сірий жовтуватим відтінком, розпушеного складу, грудочкуватої структури, пронизаний поодинокими корінцями, тріщинами, переритий кротовинами, червороїни, капроліти. Карбонати у вигляді білуватого нальоту “цвілі” по тріщинах. Перехід помітний за кольором, складом і структурою.

$Phk 96-126/30$  Нижній перехідний горизонт, свіжий, сіро-жовтого кольору (брудний), злегка ущільнений, переритий кротовинами і червороїнами, капроліти, корінці. Карбонати у вигляді білуватого нальоту, виражені слабкіше ніж у верхньому горизонті. Перехід до породи поступовий по загумусованості і структурою.

Рк <sup>126-200</sup>/<sub>74</sub> Грунтоутворююча порода - лес, Грубопилувато-середньосуглинковий, світло-палевого кольору, однорідний пористий з карбонатами у вигляді "трубочок" і "жилок".

Грунт: чорнозем типовий середньосуглинковий на лесовидному суглинку.

На період закладки досліду грунт характеризувався наступними показниками (табл. 2.2)

За результатами досліджень гранулометричний склад однорідний по профілю. Грунт характеризується високим вмістом часточок грубого пилу 51,16-65,38%, мулуватих часточок - 16,83-16,69%. Таке співвідношення структурно-інертних часточок в цих грунтах не сприяє утворенню водостійких макроагрегатів.

Таблиця 2.1 – Гранулометричний склад чорнозему типового.

Генетичний горизонт і глибина взяття зразка, см	Вміст фракцій механічних елементів, %						Фізична глина <0,01
	0,25-1	0,05-0,25	0,01-0,05	0,005-0,01	0,001-0,005	<0,001	
H <sub>0-20</sub>	0,63	15,96	51,16	7,42	7,99	16,83	32,24
H <sub>20-50</sub>	0,45	3,39	65,38	7,65	6,44	16,69	30,78

Вміст гумусу в орному шарі ґрунту дослідного поля становив  $3,57 \pm 0,13$ , а в підорному  $3,32 \pm 0,14$ . Реакція ґрунтового середовища у верхніх горизонтах рН водної витяжки 6,2-6,5 (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Фізико-хімічні і агрохімічні показники чорнозему типового

Гори-зонти	Глибина взяття зразка, см	Вміст гумусу, %	Вміст в 100 г ґрунту абсолютно сухого ґрунту, мг			Сума увіораних основ	Активна кислотність
			Легко розчинні азоту	Рухомого фосфору	Рухомого калію		
Н	0-15	3,57±0,12	4,5-4,8	8,4	14,0	24,9	6,3
Н	35-40	3,32±0,14	2,8-3,1	6,2	10,3	22,0	6,2
Нр	70-80	1,38±0,14	-	1,7	10,0	19,0	5,8
Ph	130-140	0,86±0,14	-	1,5	8,9	19,1	6,7
Рк	210-220	-	-	1,3	7,7	15,3	7,3

Отже за фізико-хімічними і агрохімічними показниками чорнозему типового і район дослідження відповідає умовам для вирощування сільськогосподарських культур.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Занаси доступної вологи в ґрунті

У контексті змін клімату та збільшення посушливості, вологість ґрунту стає критичним фактором для формування високих врожаїв. Надходження вологи у вигляді опадів не є єдиним важливим аспектом, також важлива здатність ґрунту утримувати та зберігати цю вологу. В цьому контексті ключове значення набуває основний обробіток ґрунту.

В зоні Лісостепу акцент робиться на накопиченні запасів вологи у ґрунті, яка стає доступною для кореневої системи рослин. Мета полягає в створенні максимально сприятливих умов для ефективного абсорбції талої води, особливо у період осінньо-зимово-весняного танення снігу. Зазначено, що ґрунти Лісостепу після танення снігу не мають повного запасу вологи, що підкреслює важливість розробки систем основного обробітку ґрунту, спрямованих на накопичення вологи в ньому.

Такі системи обробітку мають за мету збільшити водоприймальність та водоутримуючі властивості ґрунту, забезпечуючи ефективну збереженість вологи для рослин протягом вегетаційного періоду. Такі заходи можуть включати в себе оптимізацію структури ґрунту, застосування методів, які зменшують ерозію та втрату вологи, а також інші техніки, спрямовані на підвищення водоутримуючих властивостей ґрунту в умовах зміни клімату. [16, 32].

Відмічається, що кукурудза, яка призначена для вирощування на зерно, демонструє значну адаптацію до регіонів з високою відносною вологістю повітря, і вона негативно реагує на різко континентальний клімат. Особливо важливою для росту є наявність опадів у квітні. Вказується, що рослини слабо розвиваються в умовах відсутності дощів у цьому періоді.

Описується оптимальний сценарій для кукурудзи на зерно, включаючи потребу в теплом та помірно вологому періоді появи сходів, прохолодну та дощову першу половину літа, а також наступ життєво важливого етапу з

помірною сухою погодою. Ці умови визначаються як важливі для нормального росту та розвитку культури, забезпечуючи оптимальні умови для формування високих врожаїв [11, 33].

Аналізуючи дані, представлені в таблиці 3.1, можна зробити висновок, що заходи основного обробітку ґрунту, проведені на час посіву пшениці озимої, призвели до накопичення більшої кількості вологи в ґрунті, зокрема в метровому та орному шарі. Протягом вегетаційного періоду сільськогосподарських культур виявлено гостру потребу в волозі, особливо в кінці весни та на початку літа.

Підкреслюється, що за наявності заходів основного обробітку, які включають вертикальний обробіток без обертання скиби в ґрунті, спостерігалось більше накопичення вологи у порівнянні з контрольною групою (в середньому до 12-15 мм). Це може свідчити про ефективність цих заходів у забезпеченні оптимального рівня вологи для рослин протягом вегетаційного періоду. [5, 16].

На час збирання врожаю виявлено, що завдяки заходам основного обробітку децю більше вологи накопичувалося в орному та метровому шарах ґрунту. Застосування полицево-плоскорізного обробітку показало тенденцію до збільшення резервів вологи у порівнянні з контрольною групою.

Отримані результати свідчать про те, що обробіток ґрунту впливає на розподіл та збереження вологи в різних шарах ґрунту. Заходи, які включають полицево-плоскорізний обробіток, можуть бути ефективними для оптимізації вологового режиму під час збирання врожаю.

Таблиця.3.1. Динаміка запасів доступної вологи в чорноземі типового за вирощування пшениці озимої, мм (2023 рік)

Варіант обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Дослідження показника	
			на початку вегетації	в період збирання врожаю
Традиційний (контроль)	1.Фон – N <sub>30</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	0-10	8,5	26,0
		0-30	51,2	35,2
		0-100	201,0	227,0
	2.Фон + N <sub>20</sub>	0-10	10,9	27,0
		0-30	50,9	41,5
		0-100	198,0	234,0

Вертикальний	3. Фон + N <sub>30</sub>	0-10	12,0	28,1
		0-30	49,8	42,1
		0-100	202,0	230,0
	1. Фон + N <sub>30</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	0-10	17,3	29,8
		0-30	48,7	50,0
		0-100	216,5	241,0
	2. Фон + N <sub>20</sub>	0-10	19,3	20,6
		0-30	51,0	51,0
		0-100	215,5	240,0
	3. Фон + N <sub>30</sub>	0-10	18,8	32,8
		0-30	50,7	52,0
		0-100	217,4	243,0
НІР <sub>095</sub>			1,8	1,6

Отримані результати наукових досліджень свідчать про те, що за використання вертикального обробітку ґрунту в шарі 0-10 см формуються значно більші (на 45%) резерви вологи в типовому чорноземі на початку вегетаційного періоду. Порівняно з традиційним обробітком, цей метод також призвів до збільшення рівнів вологи в орному шарі (на 18%) і метровому шарі (на 7,7%).

Вплив обробітку на утримання вологи виявився помітним під час вегетаційного періоду і в кінці вегетації. Загалом, збільшення вологоутримання порівняно з традиційним обробітком, становило 63% у шарі 0-10 см, 15% в орному шарі і 8% в метровому шарі. Заміна традиційної оранки вертикальним обробітком мала більший вплив на вологовий режим, ніж внесення добрив.

Важливо відзначити, що лише застосування конкретного удобрення (Фон + N<sub>30</sub>) показало значущу різницю порівняно з фоновим удобренням у період збирання врожаю більше ніж на 5%. Це підкреслює важливість вертикального обробітку для збереження доступної для рослин вологи у різних шарах чорнозему видурованого типу.

### 3.2. Зміни щільності ґрунту за вертикального обробітку



Щільність ґрунту вирішується великим чином гранулометричним складом, структурою та взаємодією його частинок. У вирощуванні пшениці озимої важливо враховувати цей параметр, оскільки він безпосередньо впливає на аерацію ґрунту, водовміст, теплообмін, та інші фактори, які мають значення для врожайності.

Щільність ґрунту вимірюється об'ємною масою ґрунту при його природній непорушеній будові і виражається в грамах на кубічний сантиметр ( $\text{г/см}^3$ ). У контексті вирощування пшениці озимої оптимальна щільність зазвичай лежить у діапазоні від 1,1 до 1,22  $\text{г/см}^3$ . Зазвичай вважається, що щільність до 1,1  $\text{г/см}^3$  - це пухка щільність, від 1,19 до 1,35  $\text{г/см}^3$  - щільна, а понад 1,35  $\text{г/см}^3$  - дуже щільна.

Оптимальна щільність ґрунту грає важливу роль у вирощуванні пшениці озимої, забезпечуючи оптимальні умови для розвитку кореневої системи та зростання рослин. Ґрунт із відповідною щільністю має пухку структуру, що сприяє легкому проникненню коренів, а також зберігає необхідну вологу для рослин.

Установлена щільність в діапазоні від 1,1 до 1,22  $\text{г/см}^3$  вказує на те, що ґрунт зберігає оптимальну пористість, що важливо для забезпечення доступу коренів до кисню та поживних речовин. Це також сприяє утриманню необхідних ресурсів для росту та розвитку пшениці озимої протягом вегетаційного періоду.

Такі фізичні властивості ґрунту, як його пористість та вологоутримання, грають важливу роль у досягненні високих врожаїв та забезпеченні здоров'я рослин. [24].

Оптимальна щільність ґрунту забезпечує появу дружніх сходів, формування рослин з правильною, найбільш продуктивною формою і сильно розвиненою глибокою кореневою системою. Вона визначає водо- і повітропроникність ґрунту, а також його водний, повітряний, тепловий і поживний режим [5,15].

Дослідження, проведені Косолапом М.П. та Кротіною О.П., підтверджують, що оптимальні значення щільності ґрунту для пшениці озимої залежать від типу ґрунту. На чорноземах типових, які є основним типом ґрунту

для даної культури, оптимальна щільність становить 1,0-1,2. Для інших типів ґрунтів, таких як сірі лісові (1,2-1,3), дерново-підзолисті (1,2-1,4) та світло-каштанові (1,2-1,3), оптимальні значення також відрізняються.

Важливою висновком з досліджень є те, що збільшення щільності ґрунту понад оптимальні значення супроводжується зниженням продуктивності пшениці озимої, зокрема на чорноземах типових, де спостерігається зниження на 12-15%. Також вказується на те, що поверхневі обробки можуть сприяти ущільненню верхніх шарів ґрунту, що може впливати на умови росту та розвитку рослин. [1, 7,8, 11, 12, 13].

Результати вивчення впливу основного обробітку ґрунту в посівах пшениці озимої подані в таблиці 3.2.

Аналізуючи вплив заходів основного обробітку ґрунту на агрофізичні властивості, слід відзначити, що на початку вегетації пшениці озимої ґрунт був пухкий при всіх застосованих методах обробітку. Щільність коливалася від 1,03 до 1,17 г/см<sup>3</sup> в залежності від глибини та виду обробітку.

Наприкінці вегетації виявлено суттєве збільшення щільності ґрунту, зокрема в шарі 20-30 см, де вона досягала 1,38 г/см<sup>3</sup> при використанні вертикального обробітку. На час збирання врожаю відзначено значне ущільнення ґрунту під впливом обробіткових інструментів, атмосферних опадів та самоущільнення. Об'ємна маса на цьому етапі різнилася від 1,13 до 1,38 г/см<sup>3</sup> в залежності від варіанта обробітку ґрунту.

Отже, результати вказують на значний вплив заходів основного обробітку на фізичні властивості ґрунту, зокрема на його щільність, що може впливати на умови росту та розвитку пшениці озимої. Таблиця 3.2. Динаміка щільності складення в чорноземі типовому за вирощування пшениці озимої, г/см<sup>3</sup>, 2023 рік, МХП Агрокряж Вінницька область смт. Вендичани

Варіант обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Дослідження показника	
			на початку вегетації	в період збирання врожаю

Традиційний (контроль)	1. Фон — N <sub>30</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	0-10	1,03	1,13
		0-30	1,10	1,18
		0-100	1,17	1,22
	2. Фон + N <sub>20</sub>	0-10	1,06	1,11
		0-30	1,12	1,18
		0-100	1,18	1,24
	3. Фон + N <sub>30</sub>	0-10	1,03	1,11
		0-30	1,12	1,16
		0-100	1,18	1,24
Вертикальний	1. Фон — N <sub>30</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	0-10	1,08	1,22
		0-30	1,12	1,18
		0-100	1,16	1,24
	2. Фон + N <sub>20</sub>	0-10	1,08	1,22
		0-30	1,12	1,16
		0-100	1,16	1,24
	3. Фон + N <sub>30</sub>	0-10	1,12	1,22
		0-30	1,16	1,20
		0-100	1,18	1,22
НІР <sub>095</sub>			0,02	0,03

Отже, в усі періоди спостережень відмічається більше ущільнення шарів ґрунту 10-20 та 20-30 см у варіанті з вертикальним обробітком. Більше ущільнення у перші роки впровадження може негативно впливати на урожайність культур, тому треба змінювати систему удобрення. Застосування азотних добрив, збільшення норми покращувало щільність складення ґрунту, але істотних результатів поки не отримано.

### Зміна активної кислотності ґрунту за вертикального обробітку

Активна і обмінна кислотність є ключовими інтегральними показниками, які визначають інтенсивність фізико-хімічних процесів у ґрунті протягом вегетаційного періоду культури. Ці показники тісно пов'язані з рядом факторів, таких як вологість, реакція ґрунтового середовища, мікробіологічна активність і наявність свіжої органічної речовини у ґрунті.

Вологість ґрунту впливає на розчинення та переміщення різних хімічних сполук, включаючи кислоти. Реакція ґрунтового середовища також важлива, оскільки визначається концентрацією водніонів, що впливає на хімічні реакції у

грунті. Мікробіологічна активність, зокрема діяльність мікроорганізмів, впливає на перетворення органічних речовин та утворення кислот. Наявність свіжої органічної речовини також може впливати на процеси обміну кислотністю у ґрунті, оскільки органічні речовини можуть розкладатися на кислоти.

Динаміка активної і обмінної кислотності протягом вегетації культури відображає комплексні зміни у фізико-хімічних процесах ґрунту, які можуть впливати на гумусоутворення та доступність елементів живлення для рослин [11].

Дослідженнями Т.В. Євтушенко, О.Л. Тонха, О.В. Піковська [22] показано, що ґрунтозахисні технології вирощування у тому числі вертикальний обробіток сприяє підкисленню ґрунту і вивільненню рухомих сполук фосфору і калію.

Отже, застосування вертикального обробітку сприяло підкисленню на 0,15-0,24 одиниць рН. На початку вирощування культури різниця перевищувала помилку досліджень, а в кінці – наближалась до неї. Збільшення норми азотних добрив підкислювало ґрунтовий розчин, різниця порівняно з фоном становила 0,2-0,4 од. рН на початку вегетації. В період збирання врожаю показники спрямовані були до нейтральних.

Таблиця 3.3. Динаміка активної кислотності в чорноземі типовому за вирощування пшениці озимої, рН Н<sub>2</sub>O, 2023 рік, МХП Агроріжжя Вінницька область смт. Вендичани

Варіант обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Дослідження показника	
			на початку вегетації	в період збирання врожаю
Традиційний (контроль)	1. Фон – N <sub>30</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	0-10	6,5±0,15	6,7±0,15
		0-30	6,4±0,15	6,6±0,15
	2. Фон + N <sub>20</sub>	0-10	6,2±0,15	6,5±0,15
		0-30	6,4±0,15	6,5±0,15
	3. Фон + N <sub>30</sub>	0-10	6,2±0,15	6,4±0,15
		0-30	6,2±0,15	6,4±0,15

Вертикальний	1. Фон –	0-10	6,3±0,15	6,5±0,15
	N <sub>30</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	0-30	6,2±0,15	6,5±0,15
	2. Фон + N <sub>20</sub>	0-10	6,2±0,15	6,4±0,15
		0-30	6,2±0,15	6,3±0,15
	3. Фон + N <sub>30</sub>	0-10	5,9±0,15	6,3±0,15
		0-30	6,0±0,15	6,2±0,15

Але зафіксовано достовірне підкислення ґрунту на 0,2-0,4 од. рН за застосування вертикального обробітку.

## . Зміна вмісту рухомого фосфору і обмінного калію за застосування різних обробітків ґрунту

Фосфор (P) відіграє визначальну роль у фізіології рослин та процесах ґрунтоутворення. Його участь у фундаментальних біохімічних процесах, таких як фотосинтез, фосфорилування та структурна стабільність нуклеїнових кислот, свідчить про його важливість для забезпечення зростання та розвитку рослин.

В рамках наукового дослідження, проведеного Lampurlanés, J.; Angas, P.; Cantero-Martínez (2002), було виявлено, що належне забезпечення рослин фосфором сприяло покращенню хімічних та мікробіологічних властивостей ґрунту, а також збільшило вміст органічного та мікробного вуглецю, загального та мікробного азоту, а також активність ґрунтових ферментів.

У зв'язку із змінами клімату та зростанням посухості, оптимізація використання фосфору стає критично важливою для забезпечення високої продуктивності сільськогосподарських культур. Нові дослідження також підтверджують, що біологічний кругообіг фосфору є складним процесом, залучаючи мікроорганізми для ефективного використання різних форм фосфору в ґрунті.

Застосування принципу мінімізації обробітку ґрунту, як високоефективного методу управління фосфором, особливо на чорноземах, є стратегічно важливим. Дослідження, проведене Будьонним Ю.В. та Заяцем О.М.,

показало, що систематичне внесення фосфорних добрив збільшує кількість рухомих фосфатів під мінімальним обробітком в 4 рази порівняно з традиційною оранкою. Цей підхід сприяє не лише мобілізації, але й ефективному перенесенню фосфору з глибоких шарів ґрунту, що забезпечує оптимальні умови для зростання та розвитку рослин, підвищуючи продуктивність та стійкість до стресових умов [22].

припущення Т.В. Євтушенко, О.Л. Тонха, О.В. Ціковська [22], що більш висока рухливість фосфору при плоскорізному обробітку чорноземів визначається накопиченням в ґрунті підвищеної кількості  $CO_2$  та частково заміною увібраного кальцію воднем. При підкисленні ґрунтового розчину в чорноземах збільшується доступність фосфору рослинам.

В таблиці 3.4 представлені дані по вмісту рухомих фосфатів і калію за Чириковим.

Таблиця 3.4. Вміст рухомого фосфору і обмінного калію в чорноземі типовому за вирощування пшениці озимої, мг/100 г ґрунту, 2023 рік, МХП Агрокрай Вінницька область смт. Вендичани

Варіант обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Вміст, мг/100 г ґрунту	
			Рухомого фосфору	Обмінного калію
Традиційний (контроль)	1. Фон – $N_{30}P_{26}K_{26}$	0-10	6,3	11,2
		10-20	6,6	13,2
		20-30	7,8	12,8
		0-30	6,9	12,4
	2. Фон + $N_{20}$	0-10	6,5	12,4
		10-20	7,1	12,5
		20-30	6,9	12,9
		0-30	6,8	12,6
	3. Фон + $N_{30}$	0-10	6,8	12,6
		10-20	7	13,4
		20-30	7,4	13,4

Вертикальний	1. Фон + N <sub>30</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	0-30	7,1	13,1	
		0-10	10	13,4	
		10-20	8,2	13,2	
		20-30	6,1	12,4	
	2. Фон + N <sub>20</sub>	0-30	8,1	13,0	
		0-10	10,8	13,6	
		10-20	8,8	13	
		20-30	6	12,4	
	3. Фон + N <sub>30</sub>	0-30	8,5	13,0	
		0-10	11,2	13,6	
		10-20	9,2	13,2	
		20-30	7	12,8	
	НІР095		0-30	0,3	0,4

За нашими даними, в період інтенсивного росту сільськогосподарських культур значення рН при мінімальному обробітку падає до 6,5 і нижче, в той час як на оранці даний показник утримувався на позначці 7,0 і вище. Треба відмітити, що підкислення чорноземів при мінімальному обробітку носить сезонний характер. До кінця вегетації значення рН в наших дослідженнях збільшувалось і інколи було вище, ніж на оранці. У середньому в шарі 0-30 см вміст рухомого фосфору за застосування вертикального обробітку збільшився на 22%.

Застосування Фон + N<sub>30</sub> збільшило вміст рухомих фосфатів за вертикального обробітку на 13%, за традиційного обробітку різниця не перевищувала 5%.

Калій - третій, найбільш необхідний елемент мінерального живлення рослин. Відомо, що в ґрунті він зустрічається у вигляді іонів в структурних мінералах, гідратованих іонів в розчинах та вбирному комплексі. Його позитивний заряд забезпечує електричну нейтральність в ґрунтах та рослинах.

тому що він врівноважує від'ємні заряди нітрат-іонів, фосфат-іонів та інших аніонів.

На протязі всіх років досліджень здійснювались спостереження за режимом калію в ґрунті, проводились визначення обмінного калію у витяжці за Чириковим. В нашому досліді вертикальний обробіток не вплинув на вміст рухомого калію.

### 3.5. Урожайність пшениці озимої

Дослідження впливу різних методів обробітку ґрунту (звичайний обробіток ґрунту  $\ominus$  CT, скорочений обробіток ґрунту  $\ominus$  RT і система безпосереднього внесення - no-till - NT) на урожайність та якість пшениці в Середземноморському регіоні є значущим в контексті оптимізації сільськогосподарської продукції.

Виявлено, що система NT, в порівнянні з CT, викликала зменшення врожайності зерна, особливо при вирощуванні пшениці після сільськогосподарських культур. Попередники, такі як бобові боби (*Vicia faba* L.) – пшениця та конюшина (*Trifolium alexandrinum* L.) – пшениця, також впливали на величину урожайності.

Аналіз якості зерна вказав на суттєві відмінності у вмісті білка між різними системами обробітку ґрунту, де CT виявився лідером, а NT – мав найнижчі значення. Це свідчить про важливість вибору оптимального методу обробітку для досягнення високих показників якості продукції.

Окрім того, встановлено, що впровадження системи NT може вимагати уваги до ефективного управління добривами азоту, оскільки цей метод може призводити до втрат азоту в ґрунті. Такий підхід сприяє оптимізації виробництва та врахуванню екологічних та економічних аспектів сільськогосподарської діяльності в умовах Середземномор'я. Тривалі періоди одноразового обробітку ґрунту в поєднанні з надлишковим внесенням азоту (N) є основними факторами, які обмежують високу врожайність і високу ефективність виробництва на Північно-Китайській рівнині. Польові експерименти проводилися з



використанням розбитої ділянки. Основні ділянки включали три різні способи обробки ґрунту: без обробітку ґрунту (T1), обробіток ґрунту (T2) та глибокий вертикальний роторний обробіток (T3). Дослідженнями Zhai, L., Xu, P., Zhang, Z., Wei, B., Jia, X. and Zhang, L. (2021) показано агрономічну ефективність азоту (AEN), ефективність відновлення N (REN) та часткова факторна продуктивність застосовуваного N (PFPN) T3 та T2 були вищими, ніж у T1. Порівняно з T1, T2 збільшив AEN, REN та PFPN на 6,5, 139,2, 6,1% відповідно, а T3 збільшив AEN, REN та PFPN на 36,2, 82,1 та 20,1% відповідно. Рівні AEN, REN та PFPN знижувалися зі збільшенням норми внесення N у 2016 році, але N225 має найвищі AEN та REN у 2017 році. Взаємодія T × N показала, що урожай зерна T3–N225 був найвищим; однак T3–N150 (2016) та T2–N225 (2017) мали найвищі AEN та REN. З огляду на економічну вигоду, оптимальною стратегією управління була 225 кг N га<sup>-1</sup> у поєднанні з глибоким вертикальним ротаційним обробітком ґрунту.

Як показують результати наших досліджень, урожайність пшениці озимої значною мірою залежала від заходів основного обробітку ґрунту (таблиця 3.5!).

Таблиця 3.5. Урожайність пшениці, т/га

Варіант обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Середнє, т/га	±
Традиційний (контроль)	1. Фон – N <sub>30</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	7,1	
	2. Фон + N <sub>20</sub>	7,6	
	3. Фон + N <sub>30</sub>	8,1	
Вертикальний	1. Фон – N <sub>30</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	7,6	+0,5
	2. Фон + N <sub>20</sub>	8,1	+0,5
	3. Фон + N <sub>30</sub>	8,5	+0,4
НП <sub>095</sub>			0,16

Обробітки ґрунту і норми добрив мали суттєвий вплив на урожайність пшениці озимої. Спираючись на отримані нами результати по вивченню фізичних параметрів родючості ґрунту, можна зробити висновок, що саме вищевказана система основного обробітку ґрунту створює оптимальні умови для росту і розвитку пшениці озимої і цим самим сприяє одержанню найвищого врожаю даної культури. Суттєва перевага була за вертикальним обробітком за внесення на фоні N<sub>20</sub> і N<sub>30</sub> і становила 0,4-0,5 т/га.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ

### ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Пшениця, хоча не є найбільш вигідною культурою в агровиробництві на сьогоднішній день, все ще є важливою частиною сівозміни, необхідною для забезпечення раціонального використання земельних ресурсів. Впровадження нових агротехнологій може покращити урожайність і валовий збір зерна, але важливо залишати увагу на енергоефективності цих технологій.

Правильний підбір гібридів є одним із ключових напрямків для досягнення високих показників продуктивності. Науково обгрунтовані інтенсивні технології грають важливу роль у досягненні успіху в виробництві пшениці.

Економічний успіх сільськогосподарського виробництва значно залежить від фінансового забезпечення впровадження інноваційних підходів. Високий потенціал продуктивності та прибутковості можливий за умови використання ефективних технологій, які оптимально використовують ресурси.

Зростаючі витрати на техніку, добрива та інші матеріально-технічні ресурси у сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур підкреслюють важливість ретельного ведення господарства. Ефективність нових технологій повинна оцінюватися також з економічної точки зору, особливо в умовах складної економічної ситуації. [18,37].

Економічна ефективність виробництва сільськогосподарських культур характеризується такими показниками:

- урожайність з 1га;
- вартість валової продукції з 1га;
- витрати на 1га;
- затрати праці на 1ц продукції;
- умовно чистий дохід;
- рівень рентабельності.

Урожайність -це один з основних показників економічної ефективності. На рівень врожайності впливають ряд факторів: застосування добрив, хімічних засобів захисту рослин, системи обробітку ґрунту та ін. [18,37]. Різні заходи обробітку ґрунту по різному впливають на врожайність. Прикладом цього може бути наша робота.

Вартість валової продукції з 1га визначається виручкою від реалізації продукції з 1га. Цей показник в основному залежить від урожайності культури та ціни реалізації продукції. Так для розрахунку вартості продукції на жовтень 2023р.– 4000 грн.

Виробничі затрати на 1га - це сукупність всіх затрат, які понесені протягом періоду вирощування культури. Вони включають в себе затрати на паливно-мастильні матеріали, добрива, насіння, засоби захисту рослин, оплату праці, утримання основних засобів, організацію виробництва і управління, страхові платежі та ін. Для того, щоб підвищити економічну ефективність виробництва с./г. продукції потрібно створювати умови для оптимізації виробничих затрат і підвищення урожайності та виручки від реалізації продукції [18,37].

Наступним важливим показником, який характеризує ефективність є затрати праці на виробництво одиниці продукції. Цей показник є частка від ділення затрат праці на 1га на вихід основної продукції. Знизити його можна двома способами - підвищенням врожайності, зниженням затрат праці шляхом механізації виробничих процесів.

Собівартість продукції являє собою витрати, у грошовому еквіваленті, вирощування одиниці продукції, в даному випадку цукрових буряків. Для визначення собівартості виробничі витрати розраховують на одиницю продукції (1 ц). Собівартість одиниці продукції рослинництва залежить від виробничих витрат на 1га посіву і урожайності культури. З підвищенням урожайності на 1га собівартість одиниці продукції знижується.

Умовно чистий дохід з 1га визначається, як різниця між вартістю продукції і затратами понесеними на виробництво та реалізацію продукції.

Рівень рентабельності визначається процентним співвідношенням прибутку до собівартості продукції і показує, скільки ми отримаємо на кожну вкладену у виробництво гривню [18,37].

Аналіз розрахунку економічної ефективності застосування різних систем основного обробітку ґрунту при вирощуванні пшениці озимої (таблиці 4.1.) показав, що найбільш економічно доцільною виявився за вертикального обробітку. Так, найбільший умовно чистий дохід отримано за вертикального обробітку на варіанті Фон + N<sub>30</sub> і становив 19850 грн/га, що на 3950 грн більше, ніж за традиційного.

НУБІП | УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 4.1. Економічна ефективність вирощування пшениці озимої в залежності від різних систем основного обробітку

грунту

Варіанти обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Врожайність, т/га	Вартість продукції з 1га, грн	Виробничі затрати на 1га, грн	Собівартість 1т продукції, грн	Умовно чистий дохід з 1га, грн	Рівень рентабельності, %
Традиційний (контроль)	1. Фон – N <sub>30</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	7,1	28400	15600	2197	12800	6
	2. Фон + N <sub>20</sub>	7,6	30400	16000	2105	14400	7
	3. Фон + N <sub>30</sub>	8,1	32400	16500	2037	15900	8
Вертикальний	1. Фон – N <sub>30</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub>	7,6	30400	13100	1724	17300	10
	2. Фон + N <sub>20</sub>	8,1	32400	13700	1691	18700	11
	3. Фон + N <sub>30</sub>	8,5	34000	14150	1665	19850	12

## ВИСНОВКИ

1. Заміна традиційної оранки на вертикальний обробіток сприятиме утриманню доступної для рослин вологи у верхньому, орному і метровому шарі чорнозему типового на 11-45%.

2. Збільшення вологи порівняно з традиційним обробітком становило в шарі 0-10 см 63%, в орному – 15% і метровому 48%. Обробітки ґрунту мали більший вплив на запаси вологи ніж удообрення ґрунту. Лише за застосування Фон + N<sub>30</sub> була отримана достовірна різниця з фоном в період збирання врожаю більше 5%.

3. Більше ущільнення шарів ґрунту 10-20 та 20-30 см у варіанті з вертикальним обробітком. На час посіву пшениці озимої ґрунт був пухкий по всіх обробітках і щільність варіювала в межах 1,03-1,18 г/см<sup>3</sup> залежно від шару ґрунту та обробітку. Під кінець вегетації рослин цей показник значно

збільшувався і в шарі 20-30 см виходив за межі, які є сприятливими для пшениці озимої і становив 1,24 г/см<sup>3</sup> за вертикального обробітку.

4. Зафіксовано достовірне підкислення ґрунту на 0,2-0,4 од. рН за застосування вертикального обробітку.

5. Застосування Фон + N<sub>30</sub> збільшило вміст рухомих фосфатів за вертикального обробітку на 13%, за традиційного обробітку різниця не перевищувала 5%.

6. За внесення N<sub>20</sub> і N<sub>30</sub> перевага врожайності пшениці озимої була за вертикальним обробітком на 0,4-0,5 т/га.

7. Найбільший умовно чистий дохід отримано за вертикального обробітку на варіанті Фон + N<sub>30</sub> і становив 19850 грн/га, що на 3950 грн більше, ніж за традиційного.

**РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ**

**НУБІП України**

За вирощування пшениці озимої на чорноземі типовому рекомендовано застосування вертикального основного обробітку ґрунту за використання N<sub>60</sub>

P<sub>26</sub>K<sub>26</sub>.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Al-Shammary, A.A.G.; Kouzani, A.Z.; Kaynak, A.; Khoo, S.Y.; Norton, M.; Gates, W. Soil bulk density estimation methods: A review. *Pedosphere* 2018, 28, 581–596.

2. Anderson R. L. An ecological approach to strengthen weed management in the semiarid Great Plains// *Advances in Agronomy* – 2013. – v. 80. – P.33-62

3. Anderson R. L. Impact of sub-surface tillage on weed dynamics in the Central Great Plains// *Weed Technology*. – 2004. – v. 18. – P.186-192.

4. Banting J. D., Molberg E. S., Gephardt J. P. Seasonal emergence and persistence of green foxtail// *Can. J. Plant Sci.* – 1973. – v. 53. – P.369-376.

5. Bittman S., Kowalenko C.G., Hunt D.E. Mycorrhizae and early phosphorus nutrition in corn. *Canadian Society of Agronomy Abstracts Annual Meeting. AIC'98. Vancouver, B.C. July 5-8, 2018.*

6. Calegari A., Darolt M., Ferro, M. Towards sustainable agriculture with a no-tillage system // *Advances in GeoEcology* – 2018. – №31. – P. 1205-1209.

7. Castellanos-Navarrete, A.; Rodriguez-Aragones, C.; de Goede, R.G.M.; Kooistra, M.J.; Sayre, K.D.; Brussaard, L.; Pulleman, M.M. Earthworm activity and soil structural changes under conservation agriculture in central Mexico. *Soil Tillage Res.* 2012, 123, 61–70.

8. Crutchfield D. A, G. A. Wicks, O. C. Burnside. Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control// *Weed Science*. - 1986. – v.34. – P.110-114.

9. Darwent A.L. Kirkland K.J. Baig M.N. Lefkovitch L.P. Preharvest applications of glyphosate for Canada thistle (*Cirsium arvense*) control// *Weed Technology*. – 1994. – v. 8. – P. 477-482.

10. Haruna, S.I.; Anderson, S.H.; Nkongolo, N.V.; Zaibon, S. Soil Hydraulic Properties: Influence of Tillage and Cover Crops. *Pedosphere* 2018, 28, 430–442.

11. Nunes, M.R.; Denardin, J.E.; Pauletto, E.A.; Faganello, A.; Spinelli-Pinto, L.F. Mitigation of clayey soil compaction managed under no-tillage. *Soil Tillage Res.* 2015, 148, 119–126.

12. Reynolds, W.D.; Yang, X.M.; Drury, C.F.; Zhang, T.Q.; Tan, C.S. Effects of selected conditioners and tillage on the physical quality of a clay loam soil. *Can. J. Soil Sci.* 2013, 83, 318–393.

13. Topp, G.C.; Reynolds, W.D.; Cook, F.J.; Kirby, J.M.; Carter, M.R. Physical attributes of soil quality. In *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health*; Gregorich, E.G., Carter, M.R., Eds.; Elsevier: New York, NY, USA, 2017; pp. 21–58.

14. Verhulst, N.; Govaerts, B.; Verachtert, E.; Castellanos-Navarrete, A.; Mezzalama, M.; Wall, P.; Deckers, J.; Sayre, K.D. Conservation Agriculture, Improving Soil Quality for Sustainable Production Systems? In *Advances in Soil Science: Food Security and Soil Quality*; Lal, R., Stewart, B.A., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2010; pp. 137–208.

15. Verti-till — нові можливості [Електронний ресурс] // Механізація АПК. — 2018. — Режим доступу до ресурсу: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/12126-vertitill-novi-mozhlyvosti.html>

16. Будьонний Ю.В., Заяц О.М. Ефективність застосування безполицевого ґрунтозахисного обробітку у сівозміні на важкосуглинкових чорноземах Харківщини // *Земельні ресурси України. Зб. тезів.* - Дніпропетровськ.- 1996.- с.157-158.

17. Вертикальний обробіток ґрунту як спосіб боротьби з ущільненням та ефективного управління рослинними рештками [Електронний ресурс] // *Супер Агроном.* — 2020. — Режим доступу до ресурсу: <https://superagronom.com/blog/658-vertikalniy-obrobitek-gruntu-yak-sposib-borotbi-z-uschilnenniam-ta-efektivnogo-upravlinnya-roslinnimi-reshtkami>

18. Веселовський І.В., Бегей С.В. Ґрунтозахисне землеробство. К.: Урожай.- 2003.-304 с.

19. Вендичанський елеватор агрокряж [Електронний ресурс] // *Аграрії разом.* — 2022. — Режим доступу до ресурсу: <https://agrarii-razom.com.ua/elevators/vendichanskiy-elevator-agrokryaj>.

20. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Е.Г. Дегодок та ін. / За ред. Е.Г. Дегодока. — К.: Урожай, 1992. — 320 с.

21. ДСТУ 4362:2004 Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — С.23.

22. Євтушенко Т.В. Регулювання водних властивостей чорнозему типового за ґрунтозахисного землеробства / Т.В. Євтушенко, О.Л. Тонха, В.М. Козак // Вісник Харківського Національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів», 2017-№2. — С.110-116.

23. Євтушенко Т.В. Вплив ґрунтозахисних технологій вирощування на поживний режим чорнозему типового / Т.В. Євтушенко, О.Л. Тонха, О.В. Піковська // Вісник Харківського Національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів», 2017-№1. — С.133-140.

24. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті (за редакцією О.О.Бацули, О.Бацула, Є.А.Головачов, Р.Г. Дерев'янко, Г.И. Лактіонова, А.Д. Міхновська, В.В.Медведев, Б.С.Носко, Р.С.Трускавецький, Г.Я.Чесняк// К.- Урожай,-1997.- 127 с.

25. Кононенко М.П. Визначення витрат коштів на використання техніки при вирощуванні сільськогосподарських культур // Агроном. — 2024. — №1. — С. 126-131.

26. Косолап М.П., Кротінов О.П. Зміна водно-фізичних властивостей чорнозему типового при переході до технології No-till. Доповідь на міжнародній науково-практичній конференції з нагоди 100-річчя з дня народження проф. Горднього М.Г. - К.: НУБІПУ, 2008.

27. Косолап М.П., Кротінов О.П. Виробництво зерна в Україні за технологією No-till -2018.-230с.

28. Кротінов О.П., Косолап М.П., Аніскевич Л.В. і інші Землеробство України і проблема глобального потепління. - К., Науковий вісник НАУ, 2004, №75. — -27-30с.

29. Лебідь Є.М., Андрусенко І.І., Пабат І.А. Сівозміни при інтенсивному землеробстві. — К.: Урожай, 1992. — 224 с.

30. Лехман С.Д. Охорона праці і пожежна безпека. К.: Вища школа. -1983.- 172 с.

31. Лісовал А.П., Марченко В.М., Кравченко С.М. Система застосування добрив. : Підручник. -К.: Вища школа, 2002. -317 с.: іл.

32. Марчук І.У., Макаренко В.М., Розетальний В.Є. Добрива та їх використання. — К., 2002. - 245 с

33. Моргун Ф.Т., Шикуча Н.К. Почвозащитное безплужное земледелие. — М.: Колос, 1984. — 290 с.

34. Обробіток ґрунту в системі інтенсивного землеробства (за ред. В.М. Крутя) К.: Урожай. -1986.-136 с.

35. Перегони по вертикалі: як українські дистрибутори та дилери сільгосптехніки розуміють технологію vertical tillage? [Електронний ресурс] // Agro-day. — 2020. — Режим доступу до ресурсу:

<https://agroday.com.ua/2018/03/23/peregony-po-vertykali-yak-ukrayinski-dystrybutory-ta-dylery-silgosptechniky-rozumiyut-tehnologiyu-vertical-tillage/>.

36. Порівняльний огляд систем обробітку ґрунту [Електронний ресурс] // журнал "Пропозиція" — 2017. — Режим доступу до ресурсу:

<https://propozitsiya.com.ua/porivnyalniy-oglyad-system-obrobittku-gruntu>.

37. Примак І.Д., Єщенко В.О., Манько Ю.П. Ресурсозберігаючі технології обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України. — ІСВЦ, 2007- 270 с.

38. Примак І.Д., Єщенко В.О., Манько Ю.П. Сівозміни в землеробстві України. - КВШЦ, 2008. - 286с.

39. Примак І.Д., Рошко В.Г., Гудзь В.П. та ін. : За ред. І.Д. Примака Механічний обробіток ґрунту в землеробстві. — Біла Церква . 2008 — 320с.

40. Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Системи обробітку ґрунту в Україні. — Київ, 2007. -41с.

41. Формування екологічно сталих агроландшафтів. Підручник для підгот. фах. із спец. "Землепорядкування та кадастр", "Агрохімія та ґрунтознавство"

в аграр. вищих навч. закл. III-IV рівнів акредитації / С.Ю. Булигін та ін. . - К. : Урожай, 2005. – 298 с.

42. Чорний С. Г. Пілова буря 23–24 березня 2007 року на Півдні України: поширення, метеорологічні та ґрунтові чинники, втрати ґрунту. / С. Г. Чорний, О. М. Хотиненко, О. В. Письменний та ін. // Вісник аграрної науки. – 2008. – №9. – С.46-50.

43. Чорний С. Г. Протидефляційна стійкість ґрунтів Степу України: методика визначення та деякі результати / С. Г. Чорний, О. В. Письменний, О. В. Пилипенко // Регіональні проблеми України: географічний аналіз та пошук шляхів вирішення // 36. н. пр. – Херсон, 2011. – С. 365-369.

44. Шикула М.К. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. К., 1998. – 677 с.

45. Zhang, J., Bian, Q., Miao, Q., Jiang, X., Wang, Y., Wang, H. and Cui, Z. (2021), Maize productivity response to combined tillage and mulching in coastal saline zones. *Agron.* J. Accepted Author Manuscript. <https://doi.org/10.1002/agj2.20941>

46. Yenish, J., Doll, J., & Buhler, D. (1992). Effects of Tillage on Vertical Distribution and Viability of Weed Seed in Soil. *Weed Science*, 40(3), 429-433. doi:10.1017/S0043174500051869

47. Lionel Alletto, Yves Coquet, Pierre Vachier, Christophe Labat. Vertical and lateral variations of soil immobile water fraction in two tillage systems. *Soil Science Society of America Journal*, Soil Science Society of America, 2011, 75 (2), pp.498-508. <10.2136/sssaj2010.0267>. <hal-01019330>

48. Aguilar-Rivera, N.; Rodríguez, L.D.A.; Enríquez, R.V.; Castillo, M.A.; Herrera, S.A. The Mexican sugarcane industry: Overview, constraints, current status and long-term trends. *Sugar Tech* 2012, 14, 207–222 [CrossRef]

49. Li, Y.R.; Yang, L.T. Sugarcane agriculture and sugar industry in China. *Sugar Tech* 2015, 17, 1–8. [CrossRef]

50. Lin, L., Li, Z.Y.; Hu, C.J.; Zhang, X.C.; Chang, S.P.; Yang, L.T.; Li, Y.R.; An, Q.L. Plant growth-promoting nitrogen-fixing enterobacteria are in association

with sugarcane plants growing in Guangxi, China. *Microbes Environ.* 2012, 27, 391–398. [CrossRef]

51. Ou, Y.G.; Malcolm, W.; Yang, D.T.; Liu, Q.T.; Zheng, D.K.; Wang, M.M.; Liu, H.C. Mechanization technology: The key to sugarcane production in China. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2013, 6, 1–27.

52. Li, Y.R.; Wei, Y.A. Sugar industry in China: R & D and policy initiatives to meet sugar and biofuel demand of future. *Sugar Tech* 2006, 8, 203–216.

53. Sun, B.F.; Zhao, H.; Lv, Y.Z.; Lu, F.; Wang, X.K. The effects of nitrogen fertilizer application on methane and nitrous oxide emission/uptake in Chinese croplands. *J. Integr. Agric.* 2016, 15, 440–450. [CrossRef]

54. Zhai, L.C.; Xu, P.; Zhang, Z.B.; Wei, B.H.; Jia, X.L.; Zhang, L.H. Improvements in grain yield and nitrogen use efficiency of summer maize by optimizing tillage practice and nitrogen application rate. *Agron. J.* 2021, 111, 666–676. [CrossRef]

55. Lampurlanés, J.; Angás, P.; Cantero-Martínez, C. Tillage effects on water storage during fallow, and on barley root growth and yield in two contrasting soils of the semi-arid Segarra region in Spain. *Soil Tillage Res.* 2002, 65, 207–220. [CrossRef]

56. Gathala, M.; Dimsina, J.; Islam, S.; Rahman, M.; Hossain, D.; Ar-Rashid, H.; Ghosh, A.; Govaerts, B.; Mezzalama, M.; Sayre, K.D.; et al. Long-term consequences of tillage, residue management, and crop rotation on maize/wheat root rot and nematode populations in subtropical highlands. *Appl. Soil Ecol.* 2006, 32, 305–315.

57. SUN, Ruibo, et al. Tillage changes vertical distribution of soil bacterial and fungal communities. *Frontiers in microbiology*, 2018, 9: 699.

58. Allison, S. D., Wallenstein, M. D., and Bradford, M. A. (2010). Soil-carbon response to warming dependent on microbial physiology. *Nat. Geosci.* 3, 336–340. doi: 10.1038/ngeo846

59. Aronesty, E. (2011). *ea-utils: Command-line Tools for Processing Biological Sequencing Data*. Durham, NC: Expression Analysis.

60. Barnard, R. L., Osborne, C. A., and Firestone, M. K. (2013). Responses of soil bacterial and fungal communities to extreme desiccation and rewetting. *ISME J.* 7, 2229–2241. doi: 10.1038/ismej.2013.104

61. Basic, F., Kistic, I., Mesic, M., Nestroy, O., and Butorac, A. (2004). Tillage and crop management effects on soil erosion in central Croatia. *Soil Tillage Res.* 78, 197–206. doi: 10.1016/j.still.2004.02.007

62. Caporaso, J. G., Lauber, C. L., Walters, W. A., Berg-Lyons, D., Huntley, J., Fierer, N., et al. (2012). Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms. *ISME J.* 6, 1621–1624. doi: 10.1038/ismej.2012.8

63. Carter, M. R. (1986). Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties. *Soil Tillage Res.* 7, 29–40. doi: 10.1016/0167-1987(86)90005-X

64. Chen, J., Zheng, M. J., Pang, D. W., Yin, Y. P., Han, M. M., Li, Y. X., et al. (2017). Straw return and appropriate tillage method improve grain yield and nitrogen efficiency of winter wheat. *J. Integr. Agric.* 16, 1708–1719. doi: 10.1016/S2095-3119(16)61589-7

65. Chu, H., and Grogan, P. (2010). Soil microbial biomass, nutrient availability and nitrogen mineralization potential among vegetation-types in a low arctic tundra landscape. *Plant Soil* 329, 411–420. doi: 10.1007/s11104-009-0167-y

66. Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18, 117–143. doi: 10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x

67. Corder, G. W., and Foreman, D. I. (eds). (2009). “Comparing more than two unrelated samples: the Kruskal–Wallis H-test,” in *Nonparametric Statistics for Non-Statisticians: A Step-by-Step Approach* (Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc), 99–121.

68. Crouch, S. R., and Malmstadt, H. V. (1967). Mechanistic investigation of molybdenum blue method for determination of phosphate. *Anal. Chem.* 39, 1084–1089. doi: 10.1021/ac60254a027



69. Dong, W., Hu, C., Chen, S., and Zhang, Y. (2008). Tillage and residue management effects on soil carbon and CO<sub>2</sub> emission in a wheat–corn double-cropping system. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 83, 27–37. doi: 10.1007/s10705-008-9195-x

70. Doran, J. W. (1980). Soil microbial and biochemical-changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 765–771. doi: 10.2136/sssaj1980.03615995004400040022x

71. Dumbrell, A. J., Nelson, M., Helgason, T., Dytham, C., and Fitter, A. H. (2010). Relative roles of niche and neutral processes in structuring a soil microbial community. *ISME J.* 4, 337–345. doi: 10.1038/ismej.2009.122

72. Edgar, R. C. (2010). Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST. *Bioinformatics* 26, 2460–2461. doi: 10.1093/bioinformatics/btq461

73. Edgar, R. C., Haas, B. J., Clemente, J. C., Quince, C., and Knight, R. (2011). UCHIME improves sensitivity and speed of chimera detection. *Bioinformatics* 27, 2194–2200. doi: 10.1093/bioinformatics/btr381

74. Fabian, J., Zlatanovic, S., Mutz, M., and Premke, K. (2017). Fungal-bacterial dynamics and their contribution to terrigenous carbon turnover in relation to organic matter quality. *ISME J.* 11, 415–425. doi: 10.1038/ismej.2016.131

75. Guo, L., Zheng, S., Cao, C., and Li, C. (2016). Tillage practices and straw-returning methods affect topsoil bacterial community and organic C under a rice–wheat cropping system in central China. *Sci. Rep.* 6:33155. doi: 10.1038/srep33155

76. He, J., Li, H. W., Rasaily, R. G., Wang, Q. J., Cai, G. H., Su, Y. B., et al. (2011). Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain. *Soil Tillage Res.* 113, 48–54. doi: 10.1016/j.still.2011.01.005

77. He, J., Wang, Q. J., Li, H. W., Liu, L. J., and Gao, H. W. (2009). Effect of alternative tillage and residue cover on yield and water use efficiency in annual double cropping system in North China Plain. *Soil Tillage Res.* 104, 198–205. doi: 10.1016/j.still.2008.08.015



78. Hobbs, P. R., Sayre, K., and Gupta, R. (2008). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 363, 543–555. doi: 10.1098/rstb.2007.2169

79. Hu, W., Zhang, Q., Tian, T., Li, D., Cheng, G., Mu, J., et al. (2015). Relative roles of deterministic and stochastic processes in driving the vertical distribution of bacterial communities in a permafrost core from the Qinghai-Tibet Plateau, China. *PLoS One* 10:e0145747. doi: 10.1371/journal.pone.0145747

80. Ibekwe, A. M., Kennedy, A. C., Frohne, P. S., Papiernik, S. K., Yang, C. H., and Crowley, D. E. (2002). Microbial diversity along a transect of agronomic zones. *FEMS Microbiol. Ecol.* 39, 183–191. doi: 10.1111/j.1574-6941.2002.tb00921.x

81. Jiang, X., Wright, A. L., Wang, J., and Li, Z. (2011). Long-term tillage effects on the distribution patterns of microbial biomass and activities within soil aggregates. *Catena* 87, 276–280. doi: 10.1016/j.catena.2011.06.011

82. Keiluweit, M., Wanzek, T., Kleber, M., Nico, P., and Fendorf, S. (2017). Anaerobic microsites have an unaccounted role in soil carbon stabilization. *Nat. Commun.* 8:1771. doi: 10.1038/s41467-017-01406-6

83. Khan, A. R. (1996). Influence of tillage on soil aeration. *J. Agron. Crop Sci.* 177, 253–259. doi: 10.1111/j.1439-037X.1996.tb00243.x

84. Lehtinen, T., Schlatter, N., Baumgarten, A., Bechini, L., Krüger, J., Grignani, C., et al. (2014). Effect of crop residue incorporation on soil organic carbon and greenhouse gas emissions in European agricultural soils. *Soil Use Manage.* 30, 524–538. doi: 10.1111/sum.12151

85. Liao, J., Cao, X., Zhao, L., Wang, J., Gao, Z., Wang, M. C., et al. (2016). The importance of neutral and niche processes for bacterial community assembly differs between habitat generalists and specialists. *FEMS Microbiol. Ecol.* 92:fiw174. doi: 10.1093/femsec/fiw174

86. Linn, D. M., and Doran, J. W. (1984). Aerobic and anaerobic microbial-populations in no-till and plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48, 794–799. doi: 10.2136/sssaj1984.03615995004800040019x

87. Lopez, M. V., Gracia, R., and Arrue, J. L. (2000). Effects of reduced tillage on soil surface properties affecting wind erosion in semiarid fallow lands of Central Aragon. *Eur. J. Agron.* 12, 191–199. doi: 10.1016/S1161-0301(00)00046-0

88. Lu, F., Wang, X. K., Han, B., Ouyang, Z. Y., Duan, X. N., Zheng, H., et al. (2009). Soil carbon sequestrations by nitrogen fertilizer application, straw return and no-tillage in China's cropland. *Global Change Biol.* 15, 281–305. doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01743.x

89. Meng, C., Kuster, B., Culhane, A. C., and Gholami, A. M. (2014). A multivariate approach to the integration of multi-omics datasets. *BMC Bioinformatics* 15:162. doi: 10.1186/1471-2105-15-162

90. Montgomery, D. R. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104, 13268–13272. doi: 10.1073/pnas.0611508104

91. Nekola, J. C., and White, P. S. (1999). The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *J. Biogeogr.* 26, 867–878. doi: 10.1046/j.1365-2699.1999.00305.x

92. Nemergut, D. R., Schmidt, S. K., Fukami, T., O'Neill, S. P., Bilinski, T. M., Stanish, L. F., et al. (2013). Patterns and processes of microbial community assembly. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 77, 342–356. doi: 10.1128/mmb.00051-12

93. Nilsson, R. H., Tedersoo, L., Ryberg, M., Kristiansson, E., Hartmann, M., Unterseher, M., et al. (2015). A comprehensive, automatically updated fungal ITS sequence dataset for reference-based chimera control in environmental sequencing efforts. *Microbes Environ.* 30, 145–150. doi: 10.1264/jsme2.ME14121

94. Orgiazzi, A., Lumini, E., Nilsson, R. H., Girlanda, M., Vizzini, A., Bonfante, P., et al. (2012). Unravelling soil fungal communities from different mediterranean land-use backgrounds. *PLoS One* 7:e34847. doi: 10.1371/journal.pone.0034847

95. Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., et al. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and

conservation benefits. *Science* 267, 1117–1123. doi:

10.1126/science.267.5201.1117

96. Reiter, L. (2015). *Effect of Crop Residue Incorporation on Soil Organic Carbon Dynamics: Changes in Carbon Stocks and Carbon Fractions in an Italian Long-Term Field Experiment*. Uppsala: Saint Louis University.

97. Romani, A. M., Fischer, H., Mille-Lindblom, C., and Tranvik, L. J. (2006). Interactions of bacteria and fungi on decomposing litter: Differential extracellular enzyme activities. *Ecology* 87, 2559–2569. doi: 10.1890/0012-9658(2006)87[2559:IOBAFO]2.0.CO;2

98. Schlesinger, W. H., and Andrews, J. A. (2000). Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry* 48, 7–20. doi: 10.1023/A:100624762

99. Sharma, S. K., Ramesh, A., Sharma, M. P., Joshi, O. P., Govaerts, B., Steenwerth, K. L., et al. (2011). “Microbial community structure and diversity as indicators for evaluating soil quality,” in *Biodiversity, Biofuels, Agroforestry and Conservation Agriculture*, ed. E. Lichtfouse (Dordrecht: Springer), 317–358.

100. Sheibani, S., and Ahangar, A. G. (2013). Effect of tillage on soil biodiversity. *J. Novel Appl. Sci.* 2, 273–281.

101. Six, J., Frey, S. D., Thiet, R. K., and Batten, K. M. (2006). Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 555–569. doi: 10.2136/sssaj2004.0347

102. Song, K., Yang, J., Xue, Y., Lv, W., Zheng, X., and Pan, J. (2016). Influence of tillage practices and straw incorporation on soil aggregates, organic carbon, and crop yields in a rice-wheat rotation system. *Sci. Rep.* 6:36602. doi: 10.1038/srep36602

103. Stępniewski, W., and Stępniewska, Z. (2009). Selected oxygen-dependent process—Response to soil management and tillage. *Soil Tillage Res.* 102, 193–200. doi: 10.1016/j.still.2008.07.006

104. Sun, R., Dsouza, M., Gilbert, J. A., Guo, X., Wang, D., Guo, Z., et al. (2016). Fungal community composition in soils subjected to long-term chemical

fertilization is most influenced by the type of organic matter. *Environ.*

*Microbiol.* 18, 5137–5150. doi: 10.1111/1462-2920.13512

105. Sun, R., Zhang, X. X., Guo, X., Wang, D., and Chu, H. (2015). Bacterial diversity in soils subjected to long-term chemical fertilization can be more stably maintained with the addition of livestock manure than wheat straw. *Soil Biol.*

*Biochem.* 88(Suppl. C), 9–18. doi: 10.1016/j.soilbio.2015.05.007

106. Tardy, V., Chabbi, A., Charrier, X., de Berranger, C., Reignier, T., Dequiedt, S., et al. (2015). Land use history shifts in situ fungal and bacterial successions following wheat straw input into the Soil. *PLoS One* 10:e0130672.

doi: 10.1371/journal.pone.0130672

107. Tokeshi, M. (1990). Niche apportionment or random assortment: species abundance patterns revisited. *J. Anim. Ecol.* 59, 1129–1146. doi: 10.2307/5036

108. Tucker, C. M., Shoemaker, L. G., Davies, K. F., Nemergut, D. R., and Melbourne, B. A. (2016). Differentiating between niche and neutral assembly in metacommunities using null models of beta-diversity. *OIKOS* 125, 778–789. doi: 10.1111/oik.02803

109. Valpassos, M. A. R., Cavalcante, E. G. S., Cassiolato, A. M. R., and Alves, M. C. (2001). Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 36, 1539–1545. doi: 10.1590/S0100-204x2001001200011

110. van Groenigen, K. J., Bloem, J., Bååth, E., Boeckx, P., Rousk, J., Bodé, S., et al. (2010). Abundance, production and stabilization of microbial biomass under conventional and reduced tillage. *Soil Biol. Biochem.* 42, 48–55. doi:

10.1016/j.soilbio.2009.09.023

111. Wang, Q., Garrity, G. M., Tiedje, J. M., and Cole, J. R. (2007). Naïve bayesian classifier for rapid assignment of rRNA sequences into the new bacterial taxonomy. *Appl. Environ. Microbiol.* 73, 5261–5267. doi: 10.1128/aem.00062-07

112. Wania, R., Ross, I., and Prentice, I. C. (2009). Integrating peatlands and permafrost into a dynamic global vegetation model: 2. Evaluation and sensitivity

of vegetation and carbon cycle processes. *Global Biogeochem. Cycles* 23:GB3015.  
doi: 10.1029/2008GB003413

113. Waring, B. G., Averill, C., and Hawkes, C. V. (2013). Differences in fungal and bacterial physiology alter soil carbon and nitrogen cycling: insights from meta-analysis and theoretical models. *Ecol. Lett.* 16, 887–894. doi: 10.1111/ele.12125

114. Zhang, J., Qin, J., Zhao, C., Liu, C., Xie, H., and Liang, S. (2015). Response of bacteria and fungi in soil microcosm under the presence of pesticide endosulfan. *Water Air Soil Pollut.* 226:109. doi: 10.1007/s11270-015-2309-6

115. Zhu, L., Hu, N., Yang, M., Zhan, X., and Zhang, Z. (2014). Effects of different tillage and straw return on soil organic carbon in a rice-wheat rotation system. *PLoS One* 9:e88900. doi: 10.1371/journal.pone.0088900

116. Zuber, S. M., and Villamil, M. B. (2016). Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities. *Soil Biol. Biochem.* 97, 176–187. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.03.011

117. Lichao Zhai, Ping Xu, Zhengbin Zhang, Shaokun Li, Ruizhi Xie, Lifang Zhai, Benhui Wei, Effects of deep vertical rotary tillage on dry matter accumulation and grain yield of summer maize in the Huang-Huai-Hai Plain of China, *Soil and Tillage Research*, Volume 170, 2017, Pages 167-174.

118. Amato, G., Ruisi, P., Frenda, A.S., Di Miceli, G., Saia, S., Plaia, A. and Giambalvo, D. (2013), Long-Term Tillage and Crop Sequence Effects on Wheat Grain Yield and Quality. *Agronomy Journal*, 105: 1317-1327. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0019>

119. Zhai, L., Xu, P., Zhang, Z., Wei, B., Jia, X. and Zhang, L. (2021 ), Improvements in Grain Yield and Nitrogen Use Efficiency of Summer Maize by Optimizing Tillage Practice and Nitrogen Application Rate. *Agronomy Journal*, 111: 666-676. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.05.0347>

НУБІП України