

НУБІП України

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**05.09 – МР. 1643 «С» 2021.10.07. 15 ПЗ**

**Сривастава Микита Радживович**

**2021 р.**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ФАКУЛЬТЕТ АГРОБІОЛОГІЧНИЙ

УДК 631.452  
**ПОГОДЖЕНО**  
Декан агробіологічного факультету

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
В.о. завідувача кафедри  
грунтознавства  
та охорони ґрунтів

\_\_\_\_\_ доц. О.Л. Тонха

\_\_\_\_\_ доц. Ю.С.Кравченко

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: **“Зміна показників родючості чорнозему типового за застосування  
вертикального обробітку”**

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

Освітня програма: « Агрохімія і ґрунтознавство»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми: доктор с.-г наук,  
професор

В.О.Забалуєв

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

доктор с.-г. наук, проф. \_\_\_\_\_

О.Л.Тонха

Виконав

М.Р. Срівастава

КИЇВ – 2021

# НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

д.с.-г.н., проф. А.Д. Балаєв

(підпис)

20 року

## ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ

**Сривастава Микита Радживович**

Спеціальність 201 “Агрономія”

Тема роботи : **“Зміна показників родючості чорнозему типового за  
застосування вертикального обробітку”**

2. Керівник роботи: д.с.-г.н. професор Тонха О.Л.

Затверджені наказом від «    » 20 року №

1. Термін подання студентом магістерської роботи 2021.11.11
2. Вихідні дані до магістерської роботи фондові матеріали господарства
3. Перелік питань, що підлягають дослідженню:

3.1. Підготувати огляд літератури за темою дослідження, а саме вплив вертикального обробітку на агрофізичні показники і урожайність сільськогосподарських культур.

3.2. Визначити і описати ґрунтову відміну.

3.3. Закласти польовий дослід і разом із господарством провести дослідження.

3.4. Визначити на варіантах обробітку щільність складення ґрунту, вміст доступної вологи, активну кислотність і вміст органічної речовини.

3.5. Оцінити урожайність кукурудзи на зерно за варіантами обробітку.

3.6. Розрахувати економічну ефективність вирощування кукурудзи на зерно за варіантами обробітку у тому числі за вертикальним обробітком.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ О.Л. Тонха

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

М.Р. Сривастава

# НУБІП України

## Анотація

Дипломна робота займає 59 сторінок друкованого тексту, складається з вступу 4-х розділів, списку використаних джерел, який охоплює 118 найменувань.

Дослідження вертикального обробітку і його впливу на родючість чорнозему вилугованого в умовах Чутівського району Полтавської області показало, що заміна традиційної оранки на вертикальний обробіток сприятиме утриманню доступної для рослин вологи у верхньому, орному і метровому шарі чорнозему вилугованого на 11-45%. Більше ущільнення шарів ґрунту 10-20 та 20-30 см у варіанті з вертикальним обробітком. На час посіву кукурудзи на зерно 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 кукурудзи на зерно і становив 1,24 г/см<sup>3</sup> за вертикального обробітку. Застосування Фон + N50 збільшило вміст рухомих фосфатів за вертикального обробітку на 13%, за традиційного обробітку різниця не перевищувала 5%. За внесення N30 і N50 перевага врожайності кукурудзи на зерно була за вертикальним обробітком на 0,5 і 0,6 т/га.

Найбільший умовно чистий дохід отримано за вертикального обробітку на варіанті Фон + N50 і становив 63750 грн/га, що на 8250 грн більше, ніж за традиційного.

За вирощування кукурудзи на зерно на чорноземі вилугованому рекомендовано застосування вертикального обробітку ґрунту за використання N140 P52K52

## Зміст

Анотація .....	4
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ОБРОБІТКУ VERTI-TILL І ВПЛИВ НА ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ) .....	9
1.1 Підходи до оцінки системи землеробства .....	9
1.2 Вплив вертикального обробітку на фізичні показники ґрунту .....	12
1.3 Зміна властивостей ґрунтів і урожайності сільськогосподарських культур за використання ґрунтозахисних обробітків .....	14
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	24
2.1. Програма, методика та умови проведення досліджень .....	24
2.2. Погодно-кліматичні умови в роки проведення досліджень .....	26
2.3. Ґрунтові умови проведення дослідів .....	28
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	31
3.1. Запаси доступної вологи в ґрунті .....	31
3.2. Зміни щільності ґрунту за вертикального обробітку .....	32
3.3 Зміна активної кислотності ґрунту за вертикального обробітку .....	35
3.4. Зміна вмісту рухомого фосфору і обмінного калію за застосування різних обробітків ґрунту .....	36
3.5. Урожайність кукурудзи на зерно .....	39
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО .....	42
ВИСНОВКИ .....	45
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ .....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	47

## 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?

Сільськогосподарське виробництво повинно було компенсувати зростаючий попит через швидке людство зростання та підвищення рівня життя в країнах, що розвиваються протягом останніх 60 років. Застосовувані сільськогосподарські методи, особливо інтенсивне обробіток і внесення добрив, пов'язані з якістю ґрунту деградація. Втрата органічного вуглецю ґрунтом внаслідок культивації сильно вплинула на родючість сільськогосподарські угіддя[1]. Органічна речовина ґрунту покращує фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту (гідролітичні характеристики ґрунту, органічних доповнень (ОА), таких як компости, гній, рослинні залишки та біотверді речовини, можуть сприяти родючості ґрунту відновлення [2,3]. Поряд із застосуванням ОА на сільськогосподарських ґрунтах, більш стійкі сільськогосподарські методи (консервативне обробіток, без обробітку, сівозміна) може призвести до підтримки та збільшення вмісту SOC, а отже родючість ґрунту [1,2].

Стаматі та ін. [4], концептуалізував зв'язок між SOC та структурою ґрунту та розробив зв'язаний вуглець, модель агрегації та обороту структури ґрунту (CAST), яка може моделювати SOC та динаміку структури. Оновлений версія цієї моделі, яка включає вплив обробітку на структуру ґрунту, була використана для моделювання сценаріїв ґрунту відновлення родючості шляхом додавання органічного вуглецю на сільськогосподарські поля за різних методів

НУБІП УКРАЇНИ

обробки. Вміст/доступність поживних речовин, формування ґрунтових агрегатів, підтримання біорізноманіття ґрунту). В результаті інкорпорація. 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,

НУБІП УКРАЇНИ

деякі аграрії останніми роками впроваджують технологію обробітку ґрунту Verti-till, або ж вертикальний обробіток. Це ґрунтозаписна технологія безплужного обробітку полів, яка, як і деякі інші технології, прийшла в Україну з Північної Америки кілька років тому.

НУБІП УКРАЇНИ

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 потерпає 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.

НУБІП УКРАЇНИ

Концепція вертикального обробітку полягає у системному запобіганні формуванню глибоких надмірно ущільнених прошарків ґрунту, що погіршують

НУБІП УКРАЇНИ

капілярність ґрунтів та обмін вологи, а також перешкоджають нормальному розвитку кореневої системи рослин. У технології Verti-till застосовуються агрегати вертикального обробітку ґрунту. Вертикальна вібрація пружинних стійок агрегату дробить ґрунт, залишаючи мікротріщини, через які в землю

НУБІП УКРАЇНИ

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.

НУБІП УКРАЇНИ

Ця технологія може бути єдиною, але вона може ефективно доповнювати класичну та мінімальну технологію. Експерти у галузі землеробства вже давно

НУБІП УКРАЇНИ

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 соломі загоргають мінімум на 10 см глибше.

Тож змінювати підходи до обробітки і задля покращення стану ґрунтів, і задля збільшення прибутковості та ефективності власного бізнесу, такі потрібно.

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

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



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

## 1.1 Підходи до оцінки системи землеробства

Загально визнано, що основною причиною агрофізичної деградації ґрунтів є їх інтенсивний механічний обробіток з обертанням скиби [43]. Полицевий обробіток вимагає високих витрат палива та людської праці, що в сучасних умовах є неприйнятним як з економічної, так і екологічної точки зору.

Крім цього, зниження інтенсивності обробітку ґрунту та поширення технологій мінімального обробітку доцільно хоча б з тієї причини, що чисельність працездатного населення у сільській місцевості прогресуюче скорочується [40].

Ефективність вертикальної технології наряду навіть більше залежить від сівозміни, ніж від кліматичних зон України. Складність в обробітку може виникати на тих полях, де після збирання врожаю залишилась значна маса пожнивних решток, і особливо, якщо ця маса «стояча». Тобто, найефективніше буде використання після зернових та бобових культур [17].

Фахівці радять проводити щорічний поверхневий обробіток ґрунту вертикальними агрегатами, а раз на 4-6 років виконувати обробіток глибокорозпушувачами на глибину не менше 40 см, щоб ефективно «зірвати» плужну підшви, яка зазвичай утворюється на глибині приблизно 25 см та простягається вглиб на приблизно 10-12 см. При цьому під час заробляння пожнивних решток близько 20-30% подрібнених залишків варто залишати на поверхні ґрунту у якості мульчі [34].

Головною проблемою у впровадженні вертикальної технології може стати лише технічна забезпеченість господарств, адже доведеться вкладати кошти, щоб купувати агрегати для вертикального обробітку. Проте, каже Михайло

Кришко, помилкою було б вважати придатними лише ті кілька розрекламованих агрегатів, які сьогодні пропонують певні компанії-виробники техніки.

«Я б відносив до цієї технології всі агрегати, які здійснюють вертикальний, а не горизонтальний, обробіток, в основному це агрегати, на яких використовуються турбодиски та лінійні чизельні плуги

(глибокорозпушувачі). Зокрема, BEDNAR має у своєму портфелі таку новинку, як борона STRIEGEL-PRO PE. Цей агрегат, який дозволяє подрібнювати,

вирівнювати і розпушувати верхній шар ґрунту, при цьому подрібнюючи та рівномірно розподіляючи рослинні рештки на поверхні поля. Власне, це головні завдання, які стоять перед «вертикальною технологією», тому борона

STRIEGEL-PRO PE точно може бути в нагоді при безполицевому обробітку ґрунту. Завдяки ж варіаціям комплектацій та налаштуванням дану борону

можна ефективно використовувати і під час весняного, і під час літнього обробітку [17].

Системи землеробства Verti-till базується на наступних загальних концептуальних положеннях:

1. Значна частина типів ґрунтів за фізичними властивостями повністю відповідає вимогам основних сільськогосподарських культур і тому не потребує механічного обробітку як засобу зміни фізичних властивостей у сприятливому для культур напрямі.

2. Контроль бур'янів в агрофітоценозах можна з успіхом виконувати без застосування механічних заходів обробітку ґрунту.

3. Наявність рослинних решток на поверхні ґрунту -- засіб контролю водної і вітрової ерозії.

4. Найкращим засобом збереження і підвищення родючості ґрунту є залишення всієї побічної продукції на поверхні ґрунту.

5. Ґрунт як живий організм найкраще розвивається при мінімальному його порушенні людиною.

Крім цього, після вибору найбільш доцільної системи треба провести оцінку придатності і готовності господарства до переходу на нову систему. Це можна зробити, оцінивши кілька моментів, виходячи з наступного:

НУБІП УКРАЇНИ

умов:

- кожна система найбільш ефективна за певних ґрунтово-кліматичних умов;
- кожна система висуває певні вимоги до початкового стану поля;

господарства;

- кожна система вимагає наявності необхідного матеріального забезпечення;

НУБІП УКРАЇНИ

- кожна система вимагає відповідного технічного оснащення

Завдання для аграріїв полягає у правильному виборі відповідного типу

робочих агрегатів, здатних розпушити верхній шар ґрунту, поліпшити його водо- і повітропроникність та не створювати ущільненої плужної підшви. За різними оцінками вчених, недобір врожаю на полях із проявом плужної

НУБІП УКРАЇНИ

підшви може становити до 30–40%. З метою не допущення появи негативних

явищ під час обробітку ґрунту в останні роки набуває поширення технологія ґрунтообробітку Verti-till. Концепція вертикального обробітку полягає у системному підході, заснованому на методах, спрямованих на запобігання формування глибоких надмірно ущільнених прошарків ґрунту, які погіршують

НУБІП УКРАЇНИ

капілярність ґрунтів та обмін вологи і розвиток кореневої системи [34, 35].

Для реалізації технології Verti-till застосовуються агрегати вертикального обробітку ґрунту. Робочі органи їх утворюють вертикальні розломи та тріщини у ґрунті, що сприяє доброму поглинанню та обміну вологи, формування

НУБІП УКРАЇНИ

однорідної структури ґрунту без ущільнень та твердих прошарків, а це

позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. Агрегати вертикального обробітку ґрунту виконують ефективне подрібнення та загортання рослинних решток, вирівнюють поверхню поля та виконують якісний передпосівний обробіток ґрунту[34, 35].

НУБІП УКРАЇНИ

На думку Сергія Кривошеєнко («Аграрна індустріальна компанія»,

Salford)[34]: Головна ідея технології вертикального обробітку ґрунту – це боротьба з ущільненням ґрунтів, створення умов для вертикального розвитку кореневої системи (щоб вона мала доступ до вологи та поживних речовин) та

НУБІП УКРАЇНИ

для накопичення вологи. Ця технологія також націлена на відновлення родючості ґрунтів – за рахунок прискорення перегнивання рослинних решток (їх мінералізації). Адже верті-тілл передбачає загортання рослинних решток

неглибоко в ґрунт, на оптимальну глибину 5-6 см, де якраз багато всіляких бактерій, де більше кисню. Окрім вказаних вище переваг, верті-тілл завдяки наявності рослинних решток на поверхні ґрунту локалізує водну та вітрову його ерозію, а також скорочує експлуатаційні витрати на обробку землі.

Агрегати RTS мають дві основні переваги у порівнянні з нашими умовними конкурентами: 1) не забиваються через надмірну вологу у ґрунті чи рослинними рештками (за умови швидкого руху агрегату, щоб диски вібрували), 2) ефективно працюють при засухах, завдяки ефекту відбійного молотка вони розбивають ущільнення в ґрунті [34, 35].

Отже, численні декларації, щодо високої ґрунтозахисної ефективності системи землеробства Verti-till, ні в нашій 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.

## 1.2 Вплив вертикального обробітку на фізичні показники ґрунту.

За останній час в Україні та Світі вийшло досить багато публікацій, присвячених системі землеробства нульового і вертикального обробітку. В монографіях та статтях, де узагальнений багаторічний дослід впровадження цієї технології, значну увагу зосереджено на агрономічних аспектах, а саме на запасах вологи в ґрунті, фільтраційну здатність ґрунту, твердість та щільність ґрунту, динаміку елементів живлення, баланс гумусу тощо [1-15].

Вивчення агрегатного складу верхнього шару ґрунту часто проводилося лише з точки зору агрономічних критеріїв, зокрема, визначення лише агрономічно-цінної складової. В публікації W.D. Reynolds, X.M. Yang, C.F.Drury, T.Q. Zhang, C.S. Tan констатується високий ґрунтозахисний ефект

системи верті-тілл, пояснюючи значною кількістю рослинних решток, які залишаються на поверхні ґрунту [12]. Дослідження, які були проведені [17] на звичайних чорноземах в Донецькій області показали, що технологія вертикального обробітку не створює умов для погіршення структурно-агрегатного складу ґрунту, порівняно з контролем, та істотно не впливає на вміст водостійких агрегатів ґрунту. Що стосується протидіаляційних властивостей ґрунту, то автор не приводить даних щодо впливу цієї технології на вітростійкість, проте констатує високу ґрунтозахисну ефективність обробітку, яку пояснює великим вмістом поживних решток на поверхні ґрунту.

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 А.А.С.Аl-Shammary, А.З. Көззани різних обробітків, а саме: без обробітку ґрунту (NT), вертикального обробітку ґрунту (VT) та звичайного обробітку ґрунту (КТ) за фізичними властивостями ґрунту глинисто-суглинкового ґрунту та врожайності (*Avena sativa* L.), у напіваридовій області Мексики показали дефіцитні відмінності між системами обробітку ґрунту. Значення щільності варіювалися між 1,21 – до 1,39 г/ см<sup>3</sup>. Незважаючи на те, що відмінності між методами обробітку не були істотними,  $\rho_d$  знизився на 6,7% для КТ, на 5,6% для NT і 0,7% для VT.  $\rho$  збільшився на 6% для КТ, на 5% для NT і на 0,5% для VT. КС для КТ зменшилася на 6% більше, ніж для NT і VT. Середній вихід був на 13% менший у NT порівняно з КТ та VT.

Довгострокове дослідження є необхідними для того, щоб визначити вплив методів обробітку ґрунту в наших особливих екологічних умовах.

Перед зміною систем управління слід враховувати кількість вегетаційних періодів, необхідних для практичних заходів щодо покращення властивостей

грунту. Для оцінки цього коефіцієнта часу було проведено 8-річне обробіток ґрунту на суглинках гренати за вирощування бавовни (*Gossypium hirsutum* L.), сорго зерна [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] -кукурудзи (*Zea mays* L.) і соя [*Glycine max* (L.) Merr.] - пшениця (*Triticum aestivum* L.) як дослідних культур.

Застосування протягом 4-х років "no-till" (NT) призвів до статистично значущих ( $P$  менше 0,05) різниць порівняно зі звичайним обробітком ґрунту (KT). На поверхні 2,5 см NT отримані більш високі рівні SOM, обмінний Ca та екстрагуються P, Mn, Zn, але нижчі екстрагуючі K, Fe та Cu [2].

Обробіток ґрунту, як зазначали Yenish, J., Doll, J., & Buhler, D. (1992), Anderson R. L. (2004) не впливав на вміст обмінного магнію і реакцію середовища ґрунту. Отримано різниця за вмістом від обробітків ґрунту органічної речовини. Доведено, що практика NT може поліпшити декілька властивостей цієї ґрунту протягом двох років та підвищити її стійкість та підвищити її стійкість [3, 44].

Дослідженнями [11] встановлено, що наявність в умовах реалізації системи верті-пілл серед рослинних решток великої частки «вертикальної» складової призводить до підсилення протидефляційної ефективності технології розташування «вертикальних» рядків упоперек головного напрямку ерозійних вітрів.

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

Традиційний обробіток ґрунту (ЗТ) є основною сільськогосподарською практикою виробництва цукрової тростини у Китаї як зазначають Li, Y.R.; Yang, L.T [48]. Однак ущільнення ґрунту, утворене тривалим обробітком, шкідливо впливає на властивості ґрунту і врожайність сільськогосподарських культур.

Глибокий вертикальний роторний обробіток ґрунту (DVRT) є новою практикою обробки ґрунту, яка може поліпшити ущільнення ґрунту та створення більш сприятливого ґрунтового середовища для росту

сільськогосподарських культур. За результатами досліджень Li, Y.R.; Yang, L.T., доведено, що DVRT зменшив об'ємну щільність ґрунту та до певної міри збільшив пористість ґрунту в ґрунтовому профілі 0–40 см. Зберігання води в ґрунті DVRT було відносно вищим порівняно з СТ через сукупний вплив водоутримуючої здатності ґрунту та споживання води рослинністю. Кінцева надземна біомаса, підземна біомаса та висота рослин значно вища від DVRT порівняно з СТ ( $p < 0,05$ ), але не було відмінностей у кінцевій довжині кореня між прийоми обробки ґрунту. Порівняно з КТ, ДВРТ з 1 та 2 роками зростання значно зросла надземної біомаси на 68,90% та 50,14% відповідно. Як правило, властивості ґрунту і цукрової тростини характеристики суттєво не відрізнялися між DVRT з різними роками зростання. DVRT є рекомендований як практика обробки ґрунту для сталого сільського господарства в ботанічних регіонах [48, 49].

Методи обробки ґрунту можуть впливати на фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту та продуктивність сільськогосподарських екосистем. Звичайна оранка ґрунту (ЗТ) використовувалася протягом століть як основний метод підготовки посівного ложа та боротьби з бур'янами; однак це може спричинити сильну ерозію на ранній стадії врожаю, що вважається основною екологічною загрозою для стійкості та продуктивності сільського господарства (Pimentel et al., 1995; Montgomery, 2007) [89, 94]. 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; Basie 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;

Nabig and Swanepoel, 2015) та активність ферментів (Nivelle et al., 2016; Zuber and Villamil, 2016).

Дослідження обробітку ґрунтових ділянок у семи місцевостях США показало, що аеробні мікроорганізми, факультативні анаероби та денітрифікатори були більш розвинуті в поверхневих ґрунтах (0–7 см) із NT, ніж із СТ; однак у більш глибоких шарах ґрунтів (7–30 см) тенденція змінилася (Doran, 1980). Інше дослідження в Ірландії показало, що RT збільшує загальну біомасу як бактерій, так і грибів у шарі ґрунту 0–5 см; однак це зменшило біомасу бактерій у шарі ґрунту 5–20 см (van Groenigen et al., 2010).

Встановлено, що способи обробітку ґрунту можуть впливати на вертикальний розподіл ґрунтових мікробних угруповань; однак лише кілька досліджень зосереджувалися на тому, наскільки змінювався розподіл мікробних спільнот у ґрунтовому профілі за різних режимів обробітку ґрунту. З цією метою ми розробили нову концепцію, яка називається глибинним розпадом, за допомогою якої можна було б оцінити ступінь змін як поживних речовин ґрунту, так і мікробних спільнот, викликаних різними методами обробітку ґрунту [48, 50, 69].

Обробіток ґрунту впливає на розміщення рослинних решток, що вважається способом покращення якості ґрунту та зменшення впливу на навколишнє середовище, спричиненого спалюванням решток. Було доведено, що внесення рослинних залишків підвищує вміст вуглецю в ґрунті, ефективність поживних речовин та врожайність сільськогосподарських культур (He et al., 2009; Lu et al., 2009; Lehtinen et al., 2014; Reiter, 2015; Song et al., 2016; Chen та ін., 2017) [78, 87, 83, 95, 101]. Однак цей вплив залежить від глибини, наприклад, Chen et al. (2017) виявили, що вміст азоту при ротаційному обробітку ґрунту (RT) із поверненням соломи був вищим, ніж при глибокій оранці з поверненням соломи у верхній шар ґрунту (0–10 см), але був нижчим у шарі нижче 20 см. Під час повернення соломи оранка призвела до зниження загального органічного вуглецю та розчиненого органічного вуглецю у шарах ґрунту 0–7 та 7–14 см відповідно, але більшого вмісту розчиненого органічного



вуглецю у шарі ґрунту 14–21 см (Zhi et al., 2014). На активність ґрунтових ферментів впливають також методи обробки ґрунту. Повідомлялося, що RT із поверненням соломки індукував більш високу активність сахарози, протеази та уреази, ніж глибока оранка в шарі ґрунту 0–10 см; однак менша активність спостерігалась у шарах ґрунту 10–20 та 20–30 см (Chen et al., 2017). Oxygenis є ключовим параметром, який впливає на мікробну активність ґрунту та кругообіг вуглецю та азоту. У порівнянні з NT, обробіток ґрунту може збільшити пористість аерації ґрунту та швидкість дифузії кисню (Khan, 1996).

Гіпероксичні умови можуть посилити деградацію органічних речовин і спричинити вищі викиди вуглекислого газу та меншу секвестрацію вуглецю (Stępniewski and Stępniewska, 2009), що тісно корелює з мікробним біорізноманіттям ґрунту, але внесок мікробних груп з різною перевагою кисню все ще неясний. (Кейлувейт та ін., 2017).

Хоча вплив обробітку ґрунту на мікроорганізми ґрунту широко вивчено, більшість цих досліджень було засновано на традиційних методах, таких як клороформний метод фумігації-інкубації (Carter, 1986), прямий підрахунок мікроорганізмів (Norstadt and Mccalla, 1969; Linn та Doran, 1984), аналіз фосфоліпідних жирних кислот (Sipilä et al., 2012), аналіз денатуруючого градієнтного гел-електрофорезу (Ibekwe et al., 2002; van Groenigen et al., 2010) та моніторинг деяких метаболічних характеристик, включаючи використання вуглецю візерунок (Guo et al., 2016) або дихання (Jiang et al., 2011). Ці дослідження не змогли надати детальну та вичерпну філогенетичну чи таксономічну інформацію про мікробні спільноти, що вкрай необхідно при зв'язуванні динаміки поживних речовин із функціональними мікробними групами. Крім того, кореляції між вертикальним розподілом поживних речовин у ґрунті та мікробними спільнотами ґрунту досі не ясні.

Вертикальний розподіл бактеріальних спільнот в основному зумовлений детермінованими процесами, пов'язаними з рН ґрунту, провідністю та вмістом органічного вуглецю (Hu et al., 2015). Ґрунтові мікрооби відіграють важливу роль у ґрунтових екосистемах і вважаються показником якості ґрунту (Sharma

et al., 2011). Однак їхні громади легко порушують інтенсивні сільськогосподарські методи (Girvan et al., 2004; Mueller et al., 2015; Sun et al., 2015, 2016). У цьому дослідженні ми виявили, що методи обробки ґрунту змінили вертикальний розподіл ґрунтових бактеріальних та грибкових угруповань, а ґрунтові бактеріальні та грибкові спільноти по-різному реагували на сільськогосподарський обробіток ґрунту. Таким чином, гриби охоплюють ширший діапазон вертикальних середовищ існування, ніж бактерії, а ґрунтові бактеріальні спільноти більш чутливі до змін навколишнього середовища або сільськогосподарських практик (Girvan et al., 2004; Barnard et al., 2013; Zhang et al., 2015). У дослідженні Lichao Zhai, Ping Xu, Zhengbin Zhang, Shaokun Li, Ruizhi Xie, Lifang Zhai, Benhui Wei було виявлено, що глибина обробітку ґрунту більше впливала на бактеріальне співтовариство порівняно з грибковим [116].

Результати цього дослідження також виявили різний внесок нішевих процесів та стохастично-нейтральних процесів у структуруванні вертикального розподілу бактеріальних та грибкових спільнот. Відносну роль нішевих і нейтральних процесів у структуруванні ґрунтових мікробних спільнот в основному вивчали, щоб пояснити горизонтальний розподіл ґрунтових мікробних спільнот (Dumbrell et al., 2010; Nemergut et al., 2013; Kivlin et al., 2014; Liao et al., 2016), при цьому кілька досліджень були зосереджені на вертикальному розподілі мікробних спільнот (Hu et al., 2015).

Дослідженнями Zhang, J., Bian, Q., Miao, Q., Jiang, X., Wang, Y., Wang, H. and Sun, Z. (2021) показано, що комплексний підхід із комбінованим обробітком ґрунту та мульчуванням може бути більш успішним, ніж єдина практика управління (наприклад, роторна обробка ґрунту) для зниження засолення ґрунту та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур у прибережних солончаках. Було використано чотири обробки: 1) ротаційний обробіток ґрунту до 15 см (RT, практика місцевих фермерів), 2) глибокий обробіток ґрунту на глибину 25–30 см з подальшим RT (DT), 3) плоский обробіток із застосуванням пластикової мульчі після DT (DM) та 4) гребнево-

борозенна посадка разом із пластиковим мульчуванням після ДТ (ДМФ). Ці обробки мали на меті покращити властивості ґрунту та врожайність кукурудзи, одночасно підвищивши чисту віддачу. Урожайність зерна значно підвищилася на 18,5–20,9% за ДМФ і ДМ, N часткова факторна продуктивність (ПФПН) на 18,5–20,8%, а чистий прибуток на 103–124 га–1 дол США порівняно з РТ.

Урожайність зернових з ДМФ і ДМ також покращилася на 12,7–15,0%, ПФПН на 12,8–15,0%, а чиста прибутковість на 39–60 га–1 доларів США порівняно з ДТ. Порівняно з РТ електропровідність (ЕС) ґрунту та концентрація  $\text{Na}^+$  з ДМФ та ДМ знижені на 16,2–75,4 % і 19,0–78,2 %; Концентрація ЕС і  $\text{Na}^+$

також зменшилася на 6,41–64,4% та 11,1–53,7% порівняно з ДТ. 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 обробітку 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. Досколовий металахлор 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 обробітку ґрунту та без бур'янів зменшилася на 40% порівняно з одним лише гербіцидом. Схожість

ягнати 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 [17].

Краще розуміння руху води та розчинених речовин у ґрунтах має вирішальне значення для обмеження впливу сільськогосподарських методів на навколишнє середовище. Порівняння традиційного обробітку ґрунту відвальною оранкою (3O) та ґрунтозахисного обробітку ґрунту з дисковим боронуванням (MT). При MT фракція нерухокої води коливалася від 0,216 до 0,882 із середнім значенням 0,631 ( $CV = 30\%$ ). Встановлено, що зміна структури ґрунту внаслідок оранки суттєво впливає на фракцію нерухокої води ґрунту при КТ, тоді як при MT вона була більш рівномірною.

Обробіток ґрунту є основною агротехнічною операцією в сільському господарстві через свій вплив на властивості ґрунту, ґрунтове середовище та ріст культур [36]. У цьому дослідженні DVRT зменшився насипна щільність ґрунту та певна збільшена пористість ґрунту порівняно з практикою КТ, що узгоджується з іншими дослідженнями [19,32,37,38]. Однак істотні відмінності насипна щільність ґрунту спостерігалася переважно в більш глибоких шарах ґрунту (20–40 см), що вказувало на те, що DVRT може розбити більш глибокий щільний шар ґрунту, створюючи тим самим більш сприятливу структуру ґрунту для зростання коренів і просторовий розподіл порівняно з КТ. Аналогічно може зменшитися обробіток ґрунту насипна щільність ґрунту на 10% порівняно з КТ протягом літнього сезону росту кукурудзи в с. Північно-Китайська рівнина [39].

Вологість ґрунту є ключовою змінною, що впливає на гідрологічні, екологічні та кліматичні процеси різноманітні просторові та часові масштаби [41–44]. Зберігання ґрунтової води протягом вегетаційного періоду є тому критично важливий для підвищення врожайності зерна.

У цьому дослідженні ми оцінювали вплив DVRT на властивості ґрунту та характеристики цукрової тростини порівняно з КТ. (4) Відмінності у властивостях ґрунту та характеристиках цукрової тростини істотно не

вдрізнялися між DVRT з різними роками зростання, якщо врахувати весь період вибірки, що вказує на те, що ефект DVRT може тривати щонайменше два роки 0,67% вище, ніж СТ-1 і КТ-2 відповідно. Подібні результати

спостерігалися в інших дослідженнях [24,32,37,49]. Це було повідомлено, що обробіток ґрунту на глибину 50 см значно прискорив розвиток коренів ярої кукурудзи особливо для пропорцій коренів у більш глибокому ґрунті [21]. Довжина кореня Щільність кукурудзи під глибокою

Виявлено, що оранка відвальна на глибину 30 см має більший вплив на фізичні показники в порівнянні з no-till [37]. Доведено, що DVRT забезпечував більш оптимальне фізичне середовище ґрунту для росту і розвитку коренів в порівнянні з КТ. Покращення ґрунтового середовища та росту коренів призвело до підвищення врожайності. Дослідженнями, що підґрунтування та глибока оранка підвищили урожай ярої кукурудзи на 13–16 % порівняно з КТ [50].

Глибока оранка відвальна на глибину 30 см призвела до підвищення урожайності зерна пшениці на 6,0% та на кукурудзи 8,7% в порівнянні з оранкою на глибину 15 см [38].

Інтенсивний обробіток ґрунту може призвести до зменшення кількості макроагрегатів ґрунту та збільшення швидкості мінералізації азоту та вуглецю, а також збільшення ерозії ґрунтів [51,52]. Тут є також кілька негативних ефектів глибокого обробітку ґрунту, таких як більша витрата палива та вартість [53]. Тому це так необхідно оцінити, чи можуть наслідки DVRT тривати більше

одного року. Дослідження, однак, відмінності у властивостях ґрунту та характеристиках цукрової тростини не були суттєвими між лікуваннями DVRT-1 і DVRT-2 протягом усього періоду відбору проб. Наші результати свідчили про це вплив DVRT може тривати не менше двох років. Тим не менш, необхідно визначити, скільки років вплив DVRT на врожайність залишається

останнім у майбутніх дослідженнях. Наслідки впровадження DVRT може зменшити використання добрив, а також потенційне забруднення ґрунту та покращити якість ґрунту. DVRT може використовувати для поліпшення властивостей ґрунту та врожайності, особливо в богарному землеробстві.

Застосування інтенсивної оранки у субгумідних та напівзасушливих аргентинських Пампасах понад 50 років призвело до збільшення деградації ґрунту внаслідок ерозії вітром та водою. Доведено, що застосування консервативних обробітків покращило більшість фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунту. Причому різниця через обробіток ґрунту, як правило, була більшою на більш вологих ділянках із сутинковими ґрунтами, ніж на сухіші ділянки з піщаними ґрунтами. Культури з великою потребою в N дають менший урожай при ґрунтозахисному обробітку, ніж за традиційного

Zhai, L., Xu, P., Zhang, Z., Wei, B., Jia, X. and Zhang, L. (2021 ) [118].

Використання консерваційного обробітку ґрунту може покращити або стабілізувати умови ґрунту в регіоні, але потреби сільськогосподарських культур у поживних речовинах мають бути задоволені завдяки збільшенню використання азотних добрив для досягнення оптимальної врожайності при використанні консерваційного обробітку ґрунту Amato, G., Ruisi, P., Frenda, A.S., Di Miceli, G., Saia, S., Plaia, A. and Giambalvo, D. (2013); [117].

Нульовий обробіток під кукурудзу після збирання озимої пшениці є основною сільськогосподарською практикою на рівнині Хуан-Хуай-Хай (ННН) у Китаї. Однак тривалий такий обробіток ґрунту без глибокого безполицевого обробітку ґрунту впливає на властивості ґрунту, і цей ефект не є сприятливим для росту та врожайності літньої кукурудзи. Порівняно з смуговим обробітком, нульовий обробіток NTSS за умов ДВРТ збільшив вміст води в ґрунті 20–60 см. Вміст сухої речовини DMA пагонів і насіння та індекс урожаю DVRT були значно вищими, ніж у NTSS, насамперед через значне збільшення DMA після антези. Крім того, DVRT підвищив максимальну та середню швидкість наповнення зерна і таким чином значно збільшив максимальну масу зерна під час збирання. Порівняно з NTSS, DVRT значно підвищив урожай 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 і збільшився на 12,3% у Гуояні. Ці результати свідчать про те, що DVRT можна використовувати як практику глибокого обробітку ґрунту для покращення властивостей ґрунту та врожайності зерна літньої кукурудзи, і це

НУБІП України  
може дати вказівки щодо вимог щодо виконання різноманітних машин для глибокого обробітку ґрунту та розвитку сталого сільського господарства на рівнині ЧНН. Китаю.

Аналіз наукової літератури показав недостатність досліджень переваг і недоліків використання верті-тілл як основного обробітку ґрунту. Є цілком суперечливі думки вчених щодо впливу цих факторів на властивості ґрунту. Отже, ці питання недостатньо вивчені та мало висвітлені в літературі. Тому, ми поставили за мету вивчити доцільність використання технологій верті-тілл на окремі фізичні властивості.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

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

Дослідження по темі дипломної роботи проводились в польовому досліді п'ятипільній сівозміні в умовах ПСП «Дружба» село Вільхуватка Чутівського району Полтавської області. Чергування культур в сівозміні наступне: озима пшениця – кукурудза на зерно – горох – озима пшениця – соя. У стаціонарному досліді вивчаються різні заходи основного обробітку ґрунту 1) традиційний (контроль); 2) вертикальний.

Варіанти польового досліду розміщені методом розщеплених ділянок. Ділянки мають посівну площу 560 м<sup>2</sup> (16 м на 35 м), а облікову – 450 м<sup>2</sup> (32,1 м на 14 м).

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	Дискування БДТ-7	Культивація КРН-4 до основного обробітку	Оранка ПЛН-5-35	Обробіток Salford RTS I-2100	Культивація КРН-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 I-2100 (фото 2.1).





Диски на пружинній стійці COIL TECH



Навісне обладнання



Фото 2.1. Salford RTS I-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 кукурудзи на зерно. Варіанти удобрення:

1. Фон +  $N_{90}P_{52}K_{12}$
2. Фон +  $N_{30}$ ;

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. Визначення щільності складення на суху масу (ISO 11272:1998, IDT);
3. ДСТУ ISO 11465-2001 Якість ґрунту. Визначення 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 Грунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова

6. Урожайність та якісні показники,

7. Економічна оцінка заходів обробітку ґрунту.

## 2.2. Погодно-кліматичні умови в роки проведення досліджень.

Клімат розміщення дослідної станції помірно-континентальний. Середня температура за рік становила 6,5-7<sup>0</sup> С з відносною вологістю повітря 80,4%. За багаторічними даними опадів в середньому за рік випадає 540-560 мм, розподіл їх по періодах року наступний: зима 90-100 мм, навесні 120-130 мм, влітку 105-200 мм, восени 130-135 мм. За вегетаційний період випадає близько 65% опадів (335-340 мм, що в основному достатньо для нормального росту та розвитку сільськогосподарських культур).

Таблиця 2.2.1. Погодні умови вегетаційного сезону (метеостанція Чутівського району).

Роки	Місяці								Сума за вегетаційний сезон
	4	5	6	7	8	9	10		
	Сума активних температур вище 10 <sup>0</sup> С								
2021	312	386	402	512	561	359	310	2862	
Багаторічна норма	252	459	548	528	567	410	225	2989	
	Атмосферні опади, мм								
2021	37	78	44	28	96	43	25	351	
Багаторічна норма	46	48	64	83	57	34	36	368	

Згідно таблиці 2.2.1. і рис. 2.1, 2.2 погодні умови 2021 року не відрізняються від багаторічної норми за кількістю атмосферних опадів і сумою активних температур.

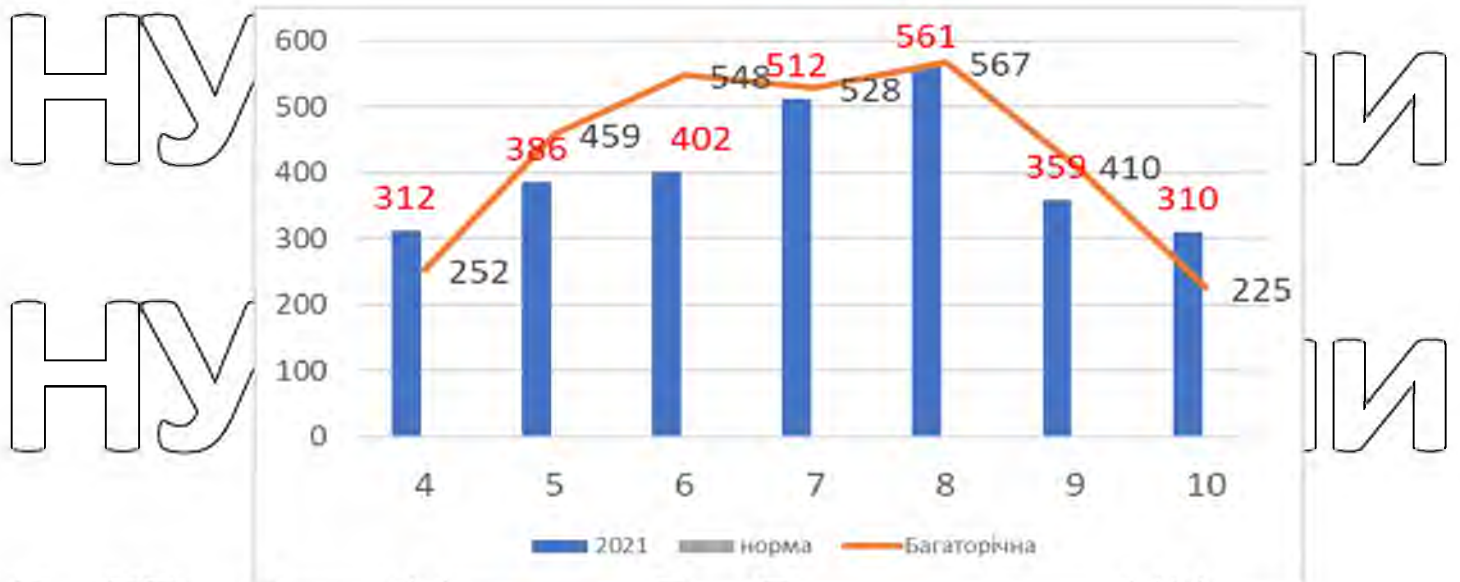


Рис. 2.1 Сума активних температур за вегетаційний період, 2021 р

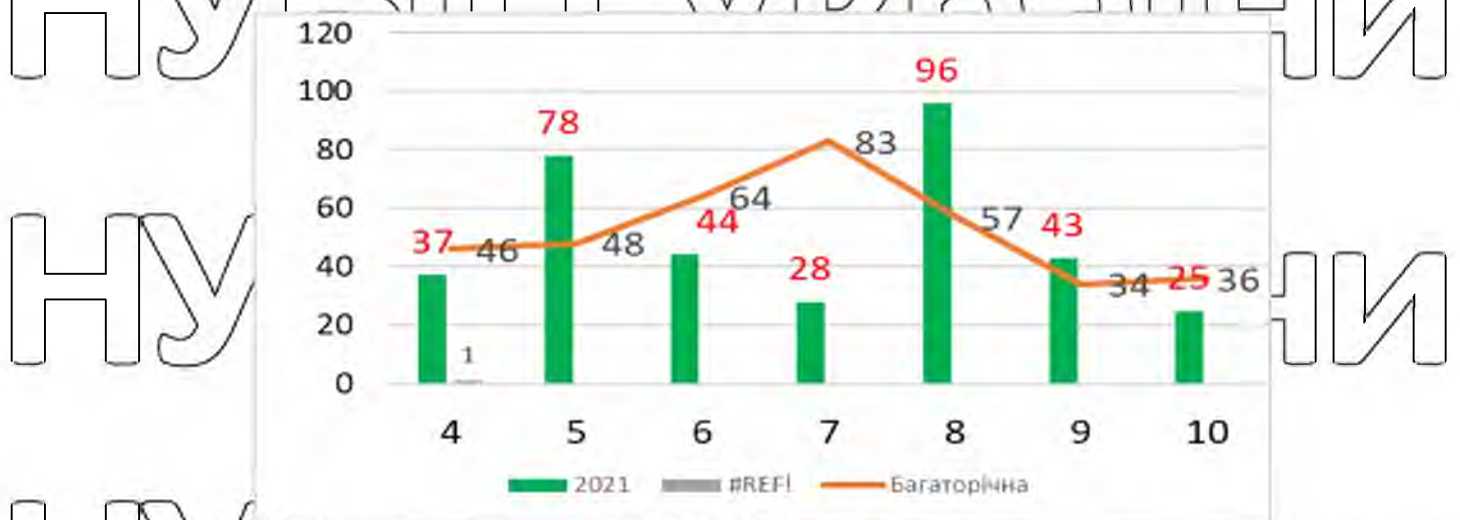


Рис. 2.2 Кількість атмосферних опадів за вегетаційний період, 2021 р

Останні весняні заморозки в умовах Чувівського 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  $+10^{\circ}\text{C}$ .

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

### 2.3 Ґрунтові умови проведення дослідів

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

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

$H \frac{0-62}{62}$  Гумусовий, свіжий, темно-сірого кольору, середньосуглинко-

вий, розпушений, зернисто-грудочкуватий структури, пронизаний коріннями рослин, червоної капроліти. Орний шар виділяється на фоні гумусового горизонту світлим кольором, злегка ущільненим складом і пилувато-грудочкуватою структурою. Лінія карбонатів – нерівна, перехід поступовий.

$Hr \frac{62-103}{43}$  Верхній гумусовий перехідний горизонт. Свіжий, сірий жовтуватим відтінком, розпушеного складу, грудочкуватої структури, пронизаний поодинокими корінцями, тріщинами, переритий кротовинами, червоної капроліти. Карбонати у вигляді білуватого нальоту “цвілі” по тріщинах. Перехід помітний за кольором, складом і структурою.

$Rh \frac{105-175}{70}$  Нижній перехідний горизонт, свіжий, сіро-жовтого кольору (брудний), злегка ущільнений, переритий кротовинами і червоної капроліти корінці. Карбонати у вигляді білуватого нальоту, виражені слабкіше ніж у верхньому горизонті. Перехід до породи поступовий по загумусованості і структурою.

$\frac{H_k}{25} = \frac{175-200}{25}$  Грунтоутворююча порода - лес, грубопилувато-середньосуглинковий, світло-палевого кольору, однорідний пористий з карбонатами у вигляді "трубочок" і "жилок".

Грунт: чорнозем вилугований середньосуглинковий на лесовидному суглинку.

На період закладки досліду грунт характеризувався наступними показниками (табл. 2.1)

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 вилугованого.

Генетичний горизонт і глибина взяття зразка, см	Вміст фракцій механічних елементів, %						Фізична глина
	0,25-	0,05-	0,01-	0,005-	<0,001		
1-0,25	0,25-	0,05-	0,01-	0,005-	<0,001	глина	
взяття	0,05	0,01	0,005	0,001	<0,01		
Н <sub>0-20</sub>	0,63	15,96	51,16	7,42	7,99	16,83	32,24
Н <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).

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 2.2. Фізико-хімічні і агрохімічні показники чорнозему вилугованого

Гори-зонти	Глибина взяття зразка, см	Вміст гумусу, %	Вміст в 100 г ґрунту абсолютно сухого ґрунту, мг			Сума увібраних основ	Активна кислотність
			Легко розчинні азоту	Рухомого фосфору	Рухомого калію		
Н	0-15	3,57±0,12	4,5-4,7	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 вилугованого і район дослідження відповідає умовам для вирощування сільськогосподарських культур.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Запаси доступної вологи в ґрунті

У зв'язку зі зміною клімату і посиленням посухості - вологість ґрунту часто є обмежувальним фактором у формуванні врожайності. Важливе не тільки надходження вологи у вигляді опадів, але і здатність ґрунту зберегти і накопичити її. У цьому випадку суттєвого значення набувають заходи основного обробітку.

Таблиця.3.1. Динаміка запасів доступної вологи в чорноземі типовому в посівах кукурудзи на зерно, мм (2021 рік)

Варіант обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Дослідження показника	
			на початку вегетації	в період збирання врожаю
Традиційний (контроль)	1. Фон – N <sub>90</sub> P <sub>52</sub> K <sub>52</sub>	0-10	8,5	6,0
		0-30	51,2	25,2
		0-100	201,0	127,0
	2. Фон + N <sub>30</sub>	0-10	10,9	7,0
		0-30	50,9	31,5
		0-100	198,0	134,0
	3. Фон + N <sub>50</sub>	0-10	12,0	8,1
		0-30	49,8	32,1
		0-100	202,0	130,0
Вертикальний	1. Фон – N <sub>90</sub> P <sub>52</sub> K <sub>52</sub>	0-10	17,3	9,8
		0-30	48,7	40,0
		0-100	216,5	141,0
	2. Фон + N <sub>30</sub>	0-10	19,3	10,6
		0-30	51,0	41,0
		0-100	215,5	140,0

3) Фон + N <sub>50</sub>	0-10	18,8	12,8
	0-30	50,7	42,0
	0-100	217,4	143,0
	НІР095	1,8	1,6

Отримані результати досліджень показують, що на початку вегетації за вертикального обробітку в шарі 0-10 см формуються більші на 45% запаси вологи в чорноземі вилугуваному. Відповідно за цього обробітку формуються більші показники в орному шарі на 18% і у метровому на 7,7%. Вплив обробітку, прикриття поверхні ґрунту сприяло збереженню вологи протягом вегетаційного періоду і на закінчення вегетації. Так, збільшення вологи порівняно з традиційним обробітком становило в шарі 0-10 см 63%, в орному – 15% і метровому -8%. Обробітки ґрунту мали більший вплив на запаси вологи ніж удобрення ґрунту. Лише за застосування Фон + N<sub>50</sub> була отримана достовірна різниця з фоном в період збирання врожаю більше 5%.

Отже заміна традиційної оранки на вертикальний обробіток сприятиме утриманню доступної для рослин вологи у верхньому, орному і метровому шарі чорнозему вилугуваного.

### 3.2. Зміни щільності ґрунту за вертикального обробітку

При вирощуванні кукурудзи велике значення має щільність ґрунту, яка залежить від гранулометричного складу ґрунту, його агрегатності і взаємодії розміщення ґрунтових часточок і грудочок. Визначається вона об'ємною масою ґрунту при його природній неперушеній будові в г/см<sup>3</sup> і вважається пухкою – до 1,1, щільною – 1,19-1,35, дуже щільною – понад 1,35. Для кукурудзи на зерно найбільш сприятливі умови створюються при загальній щільності 1,1-1,22 г/см<sup>3</sup>

[24]

Результати вивчення впливу основного обробітку ґрунту в посівах кукурудзи на зерно подані в таблиці 3.2.



Заходи основного обробітку ґрунту по-різному впливають на зміну цього показника агрофізичних властивостей ґрунту. На час посіву кукурудзи на зерно ґрунт був пухкий по всіх обробітках і щільність варіювала в межах 1,03-1,17

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 кукурудзи на зерно і становив 1,38 г/см<sup>3</sup> за вертикального обробітку.

На час збирання врожаю спостерігалось значно підвищене ущільнення під впливом ґрунтообробних знарядь, атмосферних опадів, а також за рахунок властивого будь-якому ґрунту самоущільненню. Об'ємна маса в цей період відрізняється по варіантах обробітку ґрунту і становить 1,13-1,38 г/см<sup>3</sup>.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУВІП УКРАЇНИ

Таблиця 3.2. Динаміка щільності складення в чорноземі вилугованому в посівах кукурудзи на зерно, мм, 2021 рік, Чутівського району Полтавської області

Варіант обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Дослідження показника		
			на початку вегетації	в період збирання врожаю	
Традиційний (контроль)	1.Фон	0-10	1,03	1,13	
		0-30	1,10	1,18	
		0-100	1,17	1,22	
	2.Фон + N <sub>30</sub>	0-10	1,06	1,11	
		0-30	1,12	1,18	
		0-100	1,18	1,24	
	3.Фон + N <sub>50</sub>	0-10	1,03	1,11	
		0-30	1,12	1,16	
		0-100	1,18	1,24	
	Вертикальний	1.Фон	0-10	1,08	1,22
			0-30	1,12	1,16
			0-100	1,16	1,24
2.Фон + N <sub>30</sub>		0-10	1,08	1,22	
		0-30	1,12	1,16	
		0-100	1,16	1,24	
3.Фон + N <sub>50</sub>		0-10	1,12	1,22	
		0-30	1,16	1,20	
		0-100	1,18	1,22	
НП095			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

# НУВІП УКРАЇНИ

урожайність культур, тому треба змінювати систему удобрення. Застосування азотних добрив, збільшення норми покращувало щільність складення ґрунту, але істотних результатів поки не отримано.

### 3.3 Зміна активної кислотності ґрунту за вертикального обробітку

Одним із інтегральних показників інтенсивності фізико-хімічних процесів у ґрунті є активна і обмінна кислотність та їх динаміка на протязі вегетації культури. Вони залежать від вологості, реакції ґрунтового середовища, мікробіологічної активності та наявності в ґрунті свіжої органічної речовини, а це, в свою чергу, впливає на гумусоутворення і доступність елементів живлення [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 вилугованому в посівах кукурудзи на зерно, рН Н<sub>2</sub>О, 2021 рік, Чутівського району Полтавської області

Варіант обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Дослідження показника	
			на початку вегетації	в період збирання врожаю
Традиційний (контроль)	1.Фон -	0-10	6,5±0,15	6,7±0,15
		0-30	6,4±0,15	6,6±0,15
	2.Фон + N <sub>30</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>50</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
		0-30	6,2±0,15	6,5±0,15
	2.Фон + N <sub>30</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>50</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.

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

У дослідженні Lampurlanés, J.; Angás, P.; Cantero-Martinez (2002) встановили покращення хімічних і мікробних властивостей ґрунту, органічного та мікробного С, загального та мікробного N, активності ґрунтових ферментів. Достатнє забезпечення рослин P і K у поєднанні зі зниженою концентрацією цих елементів у ґрунті під ЗРП вказує на ефективну мобілізацію та перенесення поживних речовин із глибших горизонтів ґрунту навіть у довгостроковій

перспективі. У розрізі 1 концентрації мікробного С були вищими в горизонтах В і С і в розрізі 2 в горизонтах А під SRF, ніж при орному використанні. Активність  $\beta$ -глюкозидаз і кислих фосфатаз у ґрунті була переважно нижчою за

CPB, ніж при орному використанні у верхній частині ґрунту та підґрунті. Ми робимо висновок, що довготривалий SRF на орних ділянках може сприяти посиленню секвестрації С та змінам у вертикальному розподілі мікробної біомаси ґрунту та активності ґрунтових ферментів у верхній частині ґрунту, а також у надрах.

Існує припущення Т.В. Євтушенко, О.Л. Тонха, О.В. Піковська [22], що більш висока рухливість фосфору при плоскорізному обробітку чорноземів визначається накопиченням в ґрунті підвищеної кількості  $\text{CO}_2$  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 вилугованому в посівах кукурудзи на зерно за застосування різних обробітків ґрунту, мг/100 г ґрунту, 2021 рік, Чутівського району Полтавської області

Варіант обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Вміст, мг/100 г ґрунту	
			Рухомого фосфору	Обмінного калію
Традиційний (контроль)	1.Фон – $\text{N}_{90}\text{P}_{52}\text{K}_{52}$	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 + $\text{N}_{30}$	0-10	6,5	12,4
		10-20	7,1	12,5
		20-30	6,9	12,9
		0-30	6,8	12,6

Вертикальний	3. Фон + N <sub>50</sub>	0-10	6,8	12,6
		10-20	7,1	13,4
		20-30	7,4	13,4
		0-30	7,1	13,1
	1. Фон – N <sub>90</sub> P <sub>52</sub> K <sub>52</sub>	0-10	10	13,4
		10-20	8,2	13,2
		20-30	6,1	12,4
		0-30	8,1	13,0
	2. Фон + N <sub>30</sub>	0-10	10,8	13,6
		10-20	8,8	13
		20-30	6	12,4
		0-30	8,5	13,0
3. Фон + N <sub>50</sub>	0-10	11,2	13,6	
	10-20	9,2	13,2	
	20-30	7,1	12,8	
	0-30	9,1	13,2	
НІР095			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 збільшується 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>50</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 нітраг-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 кукурудзи на зерно

Урожайність сільськогосподарських культур є основним показником ефективної родючості ґрунту та господарської діяльності людини. Тому питання впливу різних заходів основного обробітку ґрунту на продуктивність культур присвячена величезна кількість досліджень.

Багато досліджень у всьому світі порівнюють продуктивність зернових, вирощених у традиційних і консервативних системах обробітку ґрунту; однак у районах Середземномор'я було проведено відносно небагато довготривалих експериментів, і мало уваги приділялося взаємодії між техніками обробітку ґрунту та іншими компонентами системи в просторі та часі.

Дослідження використання трьох методів обробки ґрунту (звичайний обробіток ґрунту, СТ; скорочений обробіток ґрунту, RT; і по-ціл, NT) на зерно пшениці (*Triticum durum* Desf.), врожайність і якість у трьох посівах: суцільна пшениця, бобові боби (*Vicia faba* L.)–пшениця та конюшина берсим (*Trifolium alexandrinum* L.)–пшениця.

Крім того, ми дослідили вплив кліматичної мінливості на лікування та оцінили, чи спостерігаються кумулятивні ефекти від безперервного лікування. У середньому NT давав перевагу врожайності зерна перед СТ, коли водний стрес був високим, і, навпаки, недолік, коли водний стрес був низьким.

Вплив системи обробітку ґрунту на врожайність зерна змінювався в залежності від послідовності посівів. Різниця в урожайності зерна між NT і СТ, коли пшениця вирощувалася після бобів фаба або конюшини берсиму, пояснювалися насамперед кліматичною мінливістю без кумулятивного ефекту з часом.

НУБІП УКРАЇНИ

Навпаки, у судійній пшениці NT призводив до прогресуючого зниження врожайності зерна порівняно з СТ. У середньому вміст білка в зерні пшениці суттєво змінювався залежно від системи обробітку ґрунту (СТ > RT > NT). Це

говорить про те, що потреби в добривах N збільшуються з NT порівняно з СТ через зміни циклообігу азоту, які призводять до зменшення доступного для рослини азоту в ґрунті.

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. Полеві 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 роторним обробітком ґрунту.

НУБІП УКРАЇНИ



Як показують результати наших досліджень, урожайність кукурудзи на зерно значною мірою залежала від заходів основного обробітку ґрунту (таблиця 3.5.).

Таблиця 3.5. Урожайність кукурудзи на зерно, т/га

Варіант обробітку ґрунту	Варіант удобрення	Середнє, т/га
Традиційний (контроль)	1. Фон – N <sub>90</sub> P <sub>52</sub> K <sub>52</sub>	10,6
	2. Фон + N <sub>30</sub>	11,2
	3. Фон + N <sub>50</sub>	11,8
Вертикальний	1. Фон – N <sub>90</sub> P <sub>52</sub> K <sub>52</sub>	10,1
	2. Фон + N <sub>30</sub>	12,0
	3. Фон + N <sub>50</sub>	12,4
НІР095		0,23

Обробітки ґрунту і норми добрив мали суттєвий вплив на урожайність кукурудзи на зерно. Опіраючись 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 кукурудзи на зерно і цим самим сприяє одержанню найвищого врожаю даної культури. Так, на варіанті Фон (N<sub>90</sub>P<sub>52</sub>K<sub>52</sub>) перевага була за традиційним обробітком. За внесення N<sub>30</sub> і N<sub>50</sub> перевага врожайності кукурудзи на зерно була за вертикальним обробітком на 0,5 і 0,6 т/га.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

Серед зернових культур в Україні найбільше вирощується кукурудзи.

Її частка у загальному виробництві зерна становить близько 45%, тоді як пшениці — 38, ячменю — 14%. До 2021 р. вирощування кукурудзи на зерно постійно збільшувалось. Якщо до 2000 р. врожаї цього зерна не перевищували 4 млн т, то у 2018–2021 рр. становили понад 40 млн. У структурі посівів частка

кукурудзи становила майже 18%. Масштабніше виробництво кукурудзи спостерігали у Полтавській (593 тис. га), Кіровоградській (390), Чернігівській (понад 354 тис. га) областях за середньої врожайності 64,1 ц/га. Найвищого рівня вона досягла у Рівненській області (81,5 ц/га), найнижчого — на Сході України — у Запорізькій, Луганській та Донецькій областях (не перевищувала 38 ц/га).

Торік виробництво кукурудзи на зерно становило 28,5 млн т, що на 8% менше попереднього року. Це зумовлено скороченням площі під культурою до 4,6 млн га та зниженням врожайності до 71,6 ц/га.

Проте коливання виробництва не впливають на внутрішнє споживання кукурудзи. Для України — це експортно-орієнтована культура. Попит внутрішнього ринку на продовольчу та фуражну кукурудзу становить близько третини її загального виробництва. Тож більшість урожаю реалізується на зовнішньому ринку. У поточному маркетинговому році (МР, вересень 2018 р.) на зовнішньому ринку прогнозується реалізувати 23 млн т. Світовий ринок

Кукурудза є основною фуражною культурою у світі. Обсяги її виробництва мають тенденцію до постійного зростання, що обумовлено використанням кукурудзи, окрім продовольчих та фуражних цілей, ще й на технічні, зокрема, виробництво біоетанолу. За оцінками міністерства сільського господарства США

(USDA), світове виробництво цього зерна у 2017/18 МР становитиме 992 млн т, що на 3,2 млн т перевищить показник попереднього сезону. На збільшення виробництва впливатиме зростання врожайності до 5,6 т/га. При цьому площа під культурою скоротилася на 3,6 млн га.

Аналіз розрахунку економічної ефективності застосування різних систем основного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно (таблиця 4.1.) показав, що найбільш економічно доцільною виявилася вертикальний обробіток. Так, найбільший умовно чистий дохід отримано за вертикального обробітку на варіанті Фон + N50 і становив 63750 грн/га, що на 8250 грн більше, ніж за традиційного.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 4.1. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно в залежності від різних систем основного обробітку ґрунту

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>90</sub> P <sub>52</sub> K <sub>52</sub>	10,6	84800	34600	3264	48200	15
	2. Фон + N <sub>30</sub>	11,2	89600	36000	3214	51600	16
	3. Фон + N <sub>50</sub>	11,8	94400	36900	3127	55500	18
Вертикальний	1. Фон + N <sub>90</sub> P <sub>52</sub> K <sub>52</sub>	10,1	80800	31100	3079	47700	15
	2. Фон + N <sub>30</sub>	12	96000	32500	2708	61500	23
	3. Фон + N <sub>50</sub>	12,4	99200	33450	2698	63750	24

## ВИСНОВКИ

1. Заміна традиційної оранки на вертикальний обробіток сприятиме утриманню доступної для рослин вологи у верхньому, орному і метровому шарі чорнозему вилугованого на 11-45%.
2. Збільшення вологи порівняно з традиційним обробітком становило в шарі 0-10 см 63%, в орному – 15% і метровому -8%. Обробітки ґрунту мали більший вплив на запаси вологи ніж удобрення ґрунту. Лише за застосування Фон + N<sub>50</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 кукурудзи на зерно 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 кукурудзи на зерно 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>50</sub> збільшило вміст рухомих фосфатів за вертикального обробітку на 13%, за традиційного обробітку різниця не перевищувала 5%.
6. За внесення N<sub>30</sub> і N<sub>50</sub> перевага врожайності кукурудзи на зерно була за вертикальним обробітком на 0,5 і 0,6 т/га.
7. Найбільший умовно чистий дохід отримано за вертикального обробітку на варіанті Фон + N<sub>50</sub> і становив 63750 грн/га, що на 8250 грн більше, ніж за традиційного.

НУБІП України

**РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**  
НУБІП України  
За вирощування кукурудзи на зерно на чорноземі вилугованому  
рекомендовано застосування вертикального обробітку ґрунту за  
використання N140 P52K52.

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 O.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. 36 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-vertikalnij-obrobitok-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. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Е.Г. Дегодюк та ін. / За ред. Е.Г. Дегодюка. — К.: Урожай, 1992. — 320 с.



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

21. 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.

22. 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.

23. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті (за редакцією О.О.Бацули, О.Бацула, Є.А.Головачов, Р.Г. Деревянко, Т.Н.Лактіонова, А. Д.Міхновська, В.В.Медведєв, Б.С.Носко, Р.С.Трускавецький, Г.Я.Чесняк// К.: Урожай, -1997. - 127 с.

24. Кононенко М.П. Визначення витрат коштів на використання техніки при вирощуванні сільськогосподарських культур // Агронам. — 2021 . — № 1. — С. 126-131

25. 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 Городнього М.Г. - К.: НУБПУ, 2008. - 00

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

27. Кротінов О.П., Косолап М.П., Аніскевич Л.В. і інш. Землеробство України і проблема глобального потепління. - К., Науковий вісник НАУ, 2004, №75. – -27-30С.

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

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

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

31. Марчук І.У., Макаренко В.М., Розстальний В.Є. Добрива та їх  
використання. — К., 2002. — 245 с.

32. Моргун Ф.Т., Шикун Н.К. Почвозащитное безпашное земледелие. —  
М.: Колос, 1984. — 290 с.

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

34. 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-silgosptehniku-rozumiut-tehnologiyu-vertical-tillage/>.

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

<https://propozitsiya.com/ua/porivnyalnyy-oglyad-system-obrobitku-gruntu>.

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

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

38. 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.

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

40. 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.

41. Чорний С. Г. Пилова 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.

42. 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.

43. Шикун М.К. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. К., 1998. – 677 с.

44. 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/agi2.20941>

45. 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

46. 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](https://doi.org/10.2136/sssaj2010.0267). [hal-01019330](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01019330)

47. 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]

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

49. 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]

50. 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.

51. 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.

52. 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]

53. 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]

54. Lampurlanés, J.; Angás, P.; Cantero-Martinez, 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]

55. Gathala, M.; Timsina, J.; Islam, S.; Rahman, M.; Hossain, I.; 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.

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

57. 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

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

59. 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

60. 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

61. 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

62. 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

63. 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

64. 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

65. 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

66. 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.

67. 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

68. 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

69. 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

70. 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

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

72. 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

73. 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

74. 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

75. 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

76. 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

77. 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

78. 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

79. 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

80. 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

81. Kelluweit, 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

82. 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

83. 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

84. 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

85. 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

86. 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

87. 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

88. 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

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

90. 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

91. 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/mmr.00051-12

92. 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

93. Orgrazzi, 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

94. 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

95. 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.

96. 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

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

98. 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.

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

100. 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

101. 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

102. Steepniewski, W., and Steepniewska, 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

103. Sun, R., Dsouza, M., Gilbert, J. A., Guo, X., Wang, D., Gao, 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

104. 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

105. 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

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

107. 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

108. 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

109. 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

110. 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

111. 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

112. 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

113. 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

114. 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

115. 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

116. 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.

117. Amrato, 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>

118. 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>