



Цилюрик Олександр Іванович доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри рослинництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету

В 2000 році закінчив Поддавський державний сільськогосподарський Інститут де отримав повну вищу освіту за спеціальністю «Агрономія». Наукову діяльність розпочав з 2001 року в аспірантурі Інституту зернового господарства УААН (м. Дніпропетровськ). На основі отриманого експериментального матеріалу підготував і захистив дисертаційну роботу на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук зі спеціальності 06.01.01 – загальне землеробство на тему: «Продуктивність ланок сівозмін при різних системах удобрення в Північній підзоні Степу України». Вчене звання старшого наукового співробітника було присвоєно в 2008 році на підставі наукової діяльності в лабораторії природоохоронних систем обробітку ґрунту Інституту зернового господарства УААН.

З 2010 року завідує лабораторією сівозмін та природоохоронних систем обробітку ґрунту ІСГСЗ НААН України. В 2014 році підготував і захистив дисертаційну роботу на здобуття наукового ступеню доктора сільськогосподарських наук зі спеціальності 06.01.01 – загальне землеробство на тему: "Наукове обґрунтування ефективності систем основного обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах Північного Степу України".

Науково-дослідна робота зосереджена на науковій розробці раціональних короткоротаційних сівозмін, прийомів і систем обробітку ґрунту спрямованих на поліпшення ефективності використання добрив, відновлення родючості чорнозему та підвищення урожайності сільськогосподарських культур за мінімізації та біологізації технології вирощування польових культур. Цилюрик О.І. автор і співавтор більше 230 наукових праць у фахових, закордонних виданнях, матеріалах конференцій та рекомендаціях виробництву. Співавтор 2 монографій і 2 книг з питань сівозмін, обробітку ґрунту та сучасних технологій вирощування польових культур. Лауреат Премії Верховної Ради України найталановитішим молодим ученим в галузі фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних розробок. Постанова Верховної Ради України від 2 лютого 2010 року № 1847-VI.

З 2018 року і по нинішній час Цилюрик О.І. завідувач кафедри рослинництва ДДАЕУ під науковим керівництвом якого досліджуються питання сортової агротехніки та сучасних елементів технології вирощування зернових, зернобобових та олійних культур.

О.І. Цилюрик

СИСТЕМА МУЛЬЧУВАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В СІВОЗМІНАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ

Монографія

Вища освіта в Україні

Видавництво "Новий Світ – 2000"



Видавництво "Новий Світ – 2000"



О.І. Циліорик

СИСТЕМА
МУЛЬЧУВАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ
ГРУНТУ В СІВОЗМІНАХ ПІВНІЧНОГО
СТЕПУ

Монографія

«Новий Світ-2000»

Львів

Дніпро

2019

УДК 631.51.021:631.8

Ц 60

РЕЦЕНЗЕНТИ:

*доктор сільськогосподарських наук, професор П.І. Бойко
(Інститут землеробства НААН України);*

*доктор сільськогосподарських наук, професор Я.П. Цвей
(Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України);*

*доктор сільськогосподарських наук, професор Ю.І. Ткаліч
(Дніпровський державний аграрно-економічний університет)*

Рекомендовано до друку науково-технічною радою Дніпровського державного аграрно-економічного університету (протокол №8 від 20 червня 2019 р.).

Друкується за рішенням вченої ради Дніпровського державного аграрно-економічного університету (протокол №9 від 27 червня 2019 р.)

Цилюрик О.І. Система мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу: монографія. – Дніпро: Новий Світ – 2000, 2019. – 298 с.

Узагальнено результати багаторічних досліджень щодо ефективності різних способів та систем обробітку ґрунту в Північному Степу України. Висвітлено питання стосовно поліпшення застосування технології мульчувального обробітку ґрунту, використання мінеральних добрив разом з рослинними рештками, відновлення родючості чорнозему і захисту його від ерозійних процесів, а в результаті підвищення врожайності польових культур за мінімальних виробничих витрат. Упровадження розробленої системи мульчувального обробітку ґрунту в аграрне виробництво сприятиме підвищенню продуктивності і рентабельності галузі рослинництва, сталому виробництву продукції, збереженню родючості чорноземів, регуляції водного, повітряного і поживного режимів ґрунту. Матеріали монографії мають глибоке наукове обґрунтування, підтверджені польовими дослідженнями, виробничими експериментами будуть корисними для спеціалістів аграрного сектору, зокрема, фермерів, технологів, наукових працівників, викладачів вищих навчальних закладів, аспірантів, магістрів, студентів.

Рис. 12. Табл.71. Бібліогр. 458.

УДК 631.51.021:631.8

ISBN 978-617-7519-27-9

© Цилюрик О.І., 2019

© ДУ Інститут зернових культур НААН України, 2019

© «Новий Світ-2000, ФОП Піча С.В., 2019

ПЕРЕДМОВА

Освоєння та інтенсивне використання чорноземів степової зони протягом тривалого часу призвело до втрати ними значної частини органічної речовини, агрофізичної деградації, істотного зниження родючості ґрунту. Зростання доз добрив, зрошення, застосування інтенсивного обробітку ґрунту лише на деякий час підвищують урожайність вирощуваних культур, але не зупиняють процес його подальшої деградації. У відновленні родючості, захисту від ерозії та накопичення продуктивної вологи в ґрунті важливу роль відіграють органічні продукти рослинного походження – побічна продукція польових культур (солоне, листостеблові рештки просапних культур). Правильне використання післяжнивних решток тісно пов'язано з механічним обробітком ґрунту, який регулює їх розподіл по поверхні поля, що пов'язано із захистом від дефляції, вологонакопиченням та характером їх мінералізації, гуміфікації.

Необхідність економії енергоресурсів і підвищення продуктивності праці змусило більш широко застосовувати в землеробстві Степу мінімалізацію обробітку ґрунту. Як свідчать дані багатьох дослідників (Н.К. Шичула, Г.В. Назаренко, Ф.Т. Моргун, В.Ф. Сайко, А.М. Малиєнко, В.В. Медведєв та ін.), систематичний мінімальний обробіток за порівняно короткий строк відновлює у верхніх шарах втрачені позитивні властивості ґрунту – покращує його водний режим і слугує дійовим прийомом захисту орних земель від ерозії.

Вибору технології обробітку ґрунту нині приділяється чимала увага. Широко відомі переваги та недоліки полицевого, безполицевого, глибокого, мілкового і поверхневого обробітку, а також нової енергозберігаючої технології “прямого висіву” та системи No-till. Водночас недостатньо теоретично обґрунтовані питання впливу на родючість чорноземів і продуктивність польових культур різних систем мінімального, ґрунтозахисного обробітку ріллі та мінерального удобрення з використанням післяжнивних решток попередніх культур. Малообґрунтовані також питання зміни темпів і направленості процесів мінералізації та гуміфікації рослинних решток у зв'язку з особливостями пошарового розміщення за різного механічного обробітку ріллі, післядії в сівозміні, впливу рослинного мульчування на процеси формування оптимальної та рівноважної будови, структури, щільності та покращення водних властивостей

грунту. Необхідність керування даними процесами розкривається в даній монографії і обумовлюється розробкою ефективних агротехнічних заходів, які сприятимуть заощадженню енергетичних і трудових ресурсів та відкриють можливості агротоваровиробникам Степу отримувати більш високі врожаї.

У монографії вирішуються питання щодо можливості суттєвого підвищення інфільтраційної здатності чорнозему та покращення його водного режиму шляхом створення вологозберігаючих протиерозійних стерньових екранів пролонгованої дії.

Основна мета монографії полягає в науковому обґрунтуванні та висвітленні прийомів і систем обробітку ґрунту, спрямованих на поліпшення ефективності використання добрив, відновлення родючості чорнозему та підвищення врожайності сільськогосподарських культур за мінімальних виробничих витрат. Вирішити цю проблему пропонується шляхом розробки та запровадження системи мульчувального обробітку ґрунту, що забезпечить бездефіцитний баланс поживних речовин у сівозміні з надходженням побічної продукції польових культур та внесенням мінеральних добрив на основі ґрунтової діагностики.

Запропонована система мульчувального обробітку ґрунту та удобрення в короткоротаційних сівозмінах Степу сприятиме підвищенню продуктивності і економічної ефективності виробництва сільськогосподарських культур, збереженню родючості чорноземів Степу та регуляції їх водного, повітряного і поживного режимів. Запропоновані заходи елементів технології вирощування польових культур будуть актуальними не тільки для землекористувачів, а й для наукових працівників, викладачів та студентів вищих учбових закладів.

РОЗДІЛ 1

ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ТА СУЧАСНИЙ СТАН ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

1.1. Історичний аспект та ефективність різних способів основного обробітку ґрунту під польові культури

1.1.1. Еволюція ґрунтообробітку

Обробіток ґрунту в Україні, як центральна ланка землеробства, мав тривалий і складний розвиток, початок його становлення відбувався з моменту усвідомлення первісною людиною необхідності готувати ґрунт для сівби насіння культурних рослин.

Загальну еволюцію технології обробітку ґрунту можна розділити на періоди, які включають:

- ранній період (кінець неоліту – XVI ст.), характеризується використанням примітивного знаряддя і формуванням загальної схеми плуга;

- підготовчий період наукового підходу в розвитку ґрунтообробітку (перша половина XVII – 70-ті роки XIX ст.), що характеризується появою нових наукових теорій в природознавстві, які створили необхідні передумови для появи прикладних теорій у землеробстві;

- класичний період бурхливого розвитку теорії і практики обробітку ґрунту (70-ті роки XIX – середина XX ст.), друга половина цього періоду відрізняється великою енергоємністю процесу ґрунтообробітку, використанням потужних тракторів і багатокорпусних плугів;

- сучасний період розвитку теорії і практики обробітку ґрунту (починаючи з 50-х років XX ст.) характеризується аналізом традиційних поглядів на обробіток ґрунту, розробкою нових технологій його обробітку, у цей період розробляються нові комбіновані ґрунтообробні агрегати, починають використовуватись перспективні технології з використанням космічної навігаційної техніки, розширюються обсяги робіт щодо застосування мінеральних добрив і пестицидів [1].

Протягом багатьох поколінь обробіток ґрунту здійснювався винятково за допомогою важкої ручної праці найпростішими дерев'яними знаряддями. У процесі еволюції, зміни суспільно-економічних формацій, розвитку агрономічних наук і виробничих сил поступово вдосконалювалася система обробітку ґрунту. Людство поступово почало застосовувати мотику, соху, плуг. Ще за 3500 років до нашої ери в стародавньому Римі ґрунт обробляли дерев'яними знаряддями, аналоги яких у країнах Європи проіснували до другої половини XVIII ст. [2, 3].

Ще з самого початку становлення землеробства обробіток ґрунту проводили з метою загортання насіння культурних рослин і знищення бур'янів. Розпушування ґрунту відбувалося примітивними знаряддями, першим з яких була загострена чи тупа, рівна чи загнута палиця – копачка. У подальшому розвиток землеробства пов'язаний із вдосконаленням обробітку ґрунту і ґрунтообробних знарядь. Трипільські племена володіли певними навичками вирощування окремих зернових культур, зокрема проса, ячменю, пшениці, застосовуючи при цьому найпростіші моделі мотик, серпа, які були виготовлені з рогу, каменя чи дерева. В епоху раннього періоду бронзи обробіток ґрунту здійснювали мотикою. Вона була тим ґрунтообробним знаряддям, за допомогою якого руйнували дернину, краще розпушували ґрунт, знищували бур'яни [3-5].

У процесі багатовікової хліборобської практики, переосмисливши первісні уявлення про природні явища, ускладнювалася світоглядна система обробітку ґрунту. Так, глибина обробітку ґрунту клиноподібними мотиками не перевищувала 10 см, а з появою залізної мотики, рала та лопати ґрунт стало можливим обробляти глибиною до 20 см, що дало змогу ретельніше перемішувати та загортати рослинні рештки, створювати кращу агрономічну структуру для розвитку культурних рослин. За глибшого обробітку ґрунту були вищі врожаї зерна, можна було довше використовувати цю ділянку [5].

Згодом рівень технічної досконалості рала, як першого простішого безполицевого знаряддя, залізної мотики та лопати, не відповідав господарським потребам. Поступова зміна соціальних умов племінних взаємин, осілий спосіб життя змінили й господарсько-технічні структури. Постала проблема конструювання нових, технологічно відмінних знарядь обробітку ґрунту.

У VIII–X ст. основним знаряддям обробітку ґрунту на теренах теперішньої України було рало з вузько- або широколезим наральником, яке використовувалося з метою переорювання на різну глибину [1].

Використання тварин як тяглової сили ознаменувало новий етап у подальшому вдосконаленні знарядь обробітку ґрунту, а також сприяло зростанню агрономічних знань про ґрунти, їхні властивості, знань з ботаніки і т. ін. Проте для кожної ландшафтної смуги цей процес відбувався своєрідно. Для зони Степу землеробство раніше стало орним і було найдавнішим на етнічній території України, тоді як у зоні Лісостепу орне хліборобство виникло із Трипільської культури [3-5].

Територія України належить до одного з ранніх осередків зародження землеробства, основою якого було мотичне, а згодом плужне землеробство, яке виникло за 2 – 2,5 тисячі років до Різдва Христового, або 4 – 4,5 тисячі років тому. Землеробство тих часів розвивалося і базувалося винятково на примітивній практиці та народних прикметах, поступово нагромаджуючи і передаючи найцінніші спостереження й досвід з покоління в покоління. Перехід у зазначені часи від мотичного до плужного землеробства з використанням примітивних дерев'яних плугів і тваринної тяги знаменував собою прогрес, який в історії людства важко переоцінити. Сучасні дослідження з копіями дерев'яних плугів, виготовлених на основі археологічних матеріалів, свідчать про підвищення продуктивності праці порівняно з мотичним обробітком у 50 разів [3, 4, 6].

Використання плуга дозволило перейти від розпушування ґрунту до підрізання, переміщення та обертання верхнього шару, що сприяло підйому вологи з нижніх шарів у верхні, аерації ґрунту, процесу мінералізації органічної речовини у ґрунтах, тобто формуванню гумусу, що було важливим для підвищення родючості ґрунтів. Із впровадженням плужної техніки почалося використання видів рослин, що забезпечували систему землекористування з регулярним чергуванням озимих і ярих [1, 7].

У стародавніх літописах зустрічаються згадки про застосування населенням ґрунтообробних знарядь під час вирощування польових культур. Так, у “Повести временных лет” згадується рало (964 р.) і плуг (984 р.) як податкові одиниці. У “Слове о полку Ігореве” образ орача, що працює в полі, виступає як символ мирної праці й добробуту країни. У відомому історичному документі “Русская

правда”, складеному за часів Ярослава Мудрого, зазначено, що в XI ст. в Київській Русі вирощували жито, пшеницю, овес, просо, ячмінь, горох, льон, коноплі, сочевицю, використовуючи для обробітку ґрунту соху, плуг, борону [8, 9].

Письмові свідчення X ст. до нашої ери доносять нинішнім землеробам досвід використання землі з подвійним або потрійним обробітком ґрунту для поліпшення його фізико-механічних і агрофізичних властивостей у сучасному їх розумінні.

Установлено, що використання глибокого чи мілкового обробітку ґрунту, перегною, сидеральних добрив або попелу обґрунтовувалося ґрунтово-кліматичними й погодними умовами. Велика увага приділялася використанню досвіду обробітку ґрунту й проведенню досліджень впливу зовнішніх факторів на рівень урожайності вирощуваних культур.

Усвідомлюючи, що обробіток забезпечує найповніше використання природної родючості ґрунту, хлібороби протягом багатьох століть вели пошук шляхів інтенсифікації системи обробітку з метою максимальної реалізації потенційної родючості ґрунту. Поступове набуття аграрних знань, соціально-економічні, культурні умови стали поштовхом у розвитку нових підходів в обробітку ґрунту, функціональному і конструктивному вдосконаленні знарядь [9].

Зародження наукових основ у землеробстві, датують кінцем XI–першою половиною XIII ст., їх висвітлюють А. Т. Болотов, Г. В. Кемпбел [10], А. П. Модестов [11], Ф.Ф.Метнерс [12], А. Теєр [13].

Починаючи з другої половини XVIII ст., серед учених Росії, України та інших країн світу поширюється думка про користь глибокої оранки. Невипадково, видатний вчений Д.І. Менделєєв писав: “Я восстаю против тех, кто печатно и устно проповедует, что всё дело в удобрении, что хорошо удабривал, можно и кое-как пахать”. До того ж він наголошував на вивченні користі поглиблення обробітку за різних обставин [4]. Було теоретично обґрунтовано і перевірено на практиці позитивні результати зяблевої оранки. Мистецтво обробітку ґрунту вже в XVIII і XIX ст. існувало на досить високому рівні й важливі питання про строк, кількість, послідовність і глибину оранки вирішувалися в основному як науково обґрунтовані.

Досвід багатьох поколінь показав, що краще всього досягти цього можна було за допомогою полицевої оранки. Тому на початку XX ст. її почали досить

широко застосовувати майже на всій площі ріллі усї розвинутї країни світу, в тому числі й в Україні. Історичний період становлення плужного обробітку майже до останніх часів характеризується домінуванням цього типу обробітку в землеробстві і поступовим удосконаленням відповідних знарядь і технологій [6].

Наступна революція в землеробстві відбулася з початку використання плугів та інших ґрунтообробних знарядь на механічній тязі. Це дало можливість збільшити частку орних земель і мобілізувати їх природну родючість. Обробіток ґрунту на той час був практично єдиним засобом боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами вирощуваних культур.

У більш пізні періоди розвитку землеробства відбувалося вдосконалення існуючих знарядь обробітку, конструювання нових у поєднанні із застосуванням мінеральних добрив та спрямованістю на підвищення інтенсивності використання землі [8].

Розвиток систем землеробства в Україні та обробітку ґрунту, як її найважливішої складової частини, свідчить про тривалий, досить складний, іноді суперечливий шлях його історичного формування. По суті, майже вся сучасна номенклатура знарядь обробітку ґрунту, типів і модифікацій робочих органів сформувалася саме наприкінці ХІХ – середина ХХ ст. [6].

Наслідком інтенсифікації землеробства ХХ ст. було падіння родючості ґрунтів через різке зниження гумусу, ущільнення й переущільнення орного і підорного шарів ґрунту, прояви ерозії та дефляції тощо. Для подолання та уникнення таких негативних явищ, обов'язковою умовою мала бути поява нових технологічних підходів щодо питань обробітку ґрунту. Поступово з'явилися безполицеві способи основного обробітку (плоскорізні, чизельні, дискові знаряддя і т. ін.) [14].

Способи основного обробітку ґрунту розрізняють залежно від характеру і ступеня впливу дії робочих органів ґрунтообробних знарядь і машин на зміни будови орного шару, його генетичного складу і властивостей у вертикальному напрямку [15].

На сучасному етапі розвитку галузі землеробства застосовуються три принципово різні способи основного обробітку ґрунту – полицевий, безполицевий і роторний. Вони можуть бути різними за глибиною: дуже глибокими (більше 32 см), глибокими (24–32 см), середніми (16–24 см), мілкими (8–16 см) і

поверхневими (6–8 см). Полицевий спосіб обробітку ґрунту – спосіб обробітку ґрунту з повним або частковим обертанням орного шару. Безполицевий спосіб обробітку ґрунту – спосіб обробітку ґрунту без обертання його орного шару. Полицевий обробіток (з оборотом пласта) поділяється на звичайну оранку, двоярусну, триярусну оранки, плантажну оранку (глибше 40 см) та культурну оранку. Безполицевий обробіток (без обороту пласта) поділяється на плоскорізний, чизельний (консервуючий), дисковий, нульовий. Існує також малопоширений роторний обробіток, який виконується фрезерними знаряддями з вертикально обертаним рухом робочих органів задля усунення диференціації оброблювального шару за складом і родючістю шляхом активного подрібнення і повного його перемішування на всю глибину. Виконують цей обробіток частіше на осушених торфових і важких мінеральних ґрунтах під час обробітку міжрядь саду і підготовки ґрунту під проміжні посіви за відсутності ерозійних процесів [16–18].

Механічний обробіток ґрунту завжди був однією з найдавніших і невід’ємних ланок будь-якої системи землеробства. Незважаючи на те, що впливу обробітку ґрунту на формування урожайності деякі вчені відводять лише 7,5–17,4 %, він усе ж є одним із найбільш енергомістких і значущих процесів у рослинництві. У середньому на нього припадає до 40 % енергетичних і 25 % трудових затрат загального обсягу польових робіт [8].

1.1.2. Полицевий обробіток (оранка)

Полицевий обробіток ґрунту (оранка) – спосіб обробітку ґрунту полицевими знаряддями з повним або частковим обертанням орного шару. Він виконується плугами різних модифікацій, забезпечує кришення, розпушення і обертання шару ґрунту не менше як на 135° [10, 16]. Слово плуг походить від прадавнього слов’янського кореня “парті”, тобто плавати. Плуг у сучасному вигляді – це результат багатовікової діяльності багатьох народів, від його рівня досконалості завжди залежало життя. Удосконалення знарядь обробітку ґрунту на основі оранки з підрізанням, підйомом і обертанням скиби здійснюється поступово аж дотепер.

Глибина і якість полицевого обробітку ґрунту залежать від ґрунтово-кліматичних умов, типу ґрунту, схильності його до ерозії, потужності орного шару, біологічних особливостей польових культур, основного обробітку ґрунту під попередню культуру, забур'яненості полів і т. ін. [19–22].

У Степу глибокий (25–30 см) обробіток створює необхідні умови для росту і розвитку рослин, але особливого значення він набуває на важких за механічним складом ґрунтах (уміст фізичної глини понад 45 %) та солонцюватих за наявності ілювіального прошарку, безструктурних і схильних до переущільнення. Позитивно реагують на глибоке розпушування просапні культури, особливо коренеплоди, багаторічні трави і зернобобові. Доцільність глибокого обробітку в сівозміні визначається також необхідністю знищення коренепаросткових бур'янів та загортання органічних добрив і рослинних решток, що тривалий час мінералізуються у ґрунті. Тривалість післядії такого обробітку в сівозміні зростає на структурних, добре гумусованих ґрунтах і різко знижується внаслідок використання важкої колісної техніки [23]. Велику увагу глибині основного обробітку ґрунту і поглибленню орного шару приділяли класики, основоположники світового землеробства, І.М. Комов [24], Д.І. Менделєєв [25, 26], І.І. Палімпестов [27], І.О. Стебут [28, 29], К.А. Тимірязев [30, 31], А.Т. Болотов [32] та ін.

За Д.І. Менделєєвим [25, 26], глибокий полицевий обробіток ґрунту необхідний для знищення бур'янів, полегшення доступу в ґрунт повітря, прикриття насіння і добрив, перемішування ґрунту, рівномірного розподілу вологи. Такої ж думки дотримувався і О.О. Ізмаїльський [33], який у своїх дослідженнях робить висновок про доцільність глибокої оранки в Степу і її велике значення в збереженні вологи і боротьбі з посухою.

За даними М.О. Качинського, глибока оранка сприяє покращенню пластичності кореневої системи рослин. Так, із збільшенням потужності орного шару для кукурудзи значно збільшується маса коренів у підорному шарі [34]. Такої самої думки дотримувався і В.П. Кириченко [35], що добрива та глибока оранка (до 40 см) своєю післядією позитивно впливають на водний, поживний, повітряний режими ґрунту, а також на біологічні процеси, які відбуваються в рослині, підвищуючи врожай і якість зерна пшениці озимої.

Узагальнюючи результати досліджень, О.Н. Соколовський [36] робить висновок, що забур'яненість та не окультуреність полів, як і посушливість клімату, диктують необхідність (за умови своєчасності проведення) глибокої оранки. Він також застерігає про загрозу висушування ґрунту під час передпосівного обробітку ґрунту та проведення весняної оранки.

З позитивної точки зору характеризують оранку класики вітчизняної аграрної науки П.А. Костичев [37, 38] та К.А. Тимірязев [39]. Зокрема К.А. Тимірязев зазначав: “Користь глибокої оранки як одного із заходів боротьби з посухою, здається, не підлягає сумніву внаслідок того результату, якого ми при цьому досягаємо – накопичення і кращого збереження вологи. Глибока оранка, очевидно, важлива не тільки як засіб для збільшення запасів вологи, але і як засіб розвитку більш глибоко проникаючого за нею коріння”. Слід відмітити, що П.А. Костичев вважав, що питання про глибину оранки варто вирішувати диференційовано, обробіток ґрунту здійснювати в повній відповідності з погодними умовами й станом ґрунту, а не керуватися заздалегідь установленими календарними строками. Головним в обробітку ґрунту має бути своєчасність; глибокий обробіток, як правило, затримує оптимальні терміни його виконання, а строк проведення обробітку є вирішальним у справі збереження вологи у ґрунті. Знаний учений підкреслював, що вказати, яка повинна бути оранка на різних ґрунтах, так само важко, як вирішити, скільки потрібно вивезти перегною для отримання найкращого врожаю.

П.А. Костичев та А. Розенберг-Липинський розглядали питання механічного обробітку з позицій природних процесів підготовки ґрунту до вирощування на ньому культурних рослин, наголошували на обережності щодо поглиблення обробітку ґрунту.

Заслуговує на увагу думка засновника генетичного ґрунтознавства В.В. Докучаєва про необхідність диференційованого підходу до питань ведення сільського господарства. Він вважав, що полицева оранка повинна відрізнятися залежно від особливостей ґрунтово-кліматичних умов в різних зонах вирощування польових культур [40].

Оранка, як зазначав В.Р. Вільямс [41], дає можливість створювати у ґрунті умови, необхідні для розвитку культурних рослин, але проводити її слід якомога рідше, не частіше одного разу на рік, оскільки вона вимагає великих витрат, навіть

якими б досконалими знаряддями її не виконували. На його переконання, у верхній частині орного шару, внаслідок аеробних умов, відбувається руйнування структури ґрунту дією робочих органів плуга та тиском маси трактора, тоді як у нижніх шарах, де умови анаеробні, структура відновлюється. Такої самої думки був і Д.І. Менделєєв. Він писав: “Что касается числа “паханий”, то очень многие впадают в ошибку, полагая, что, чем больше раз пахать, тем лучше”. Великий учений одним із перших виклав свій погляд на доцільність оранки без вивертання на поверхню нижніх шарів ґрунту [25, 42].

Як стверджував Ф.Т. Моргун [43], чим глибше оброблений ґрунт, тим швидше він всмоктує воду, зменшує поверхневий стік та змив ґрунту. У випадку ж концентрації водних потоків розпушений шар легко розмивається. За безполицевого глибокого обробітку на збіднених змитих ґрунтах не вивертаються на поверхню нижні шари, що дає можливість у верхньому шарі зберегти запаси гумусу і одночасно забезпечити спущення ущільненого підорного шару. Ґрунтопоглиблення досягається обробітком плугом зі спеціальним робочим органом – ґрунтопоглиблювачем, що являє собою стрілчасту лапу, яка кріпиться до стійки плуга. Ширина її захвату зазвичай становить дві третини ширини захвату корпусу.

Велику увагу питанням глибини і способам обробітку ґрунту приділяли видатні вчені І. Ревут, В.В. Квасніков, С.Д. Лисогоров, С.М. Тайчинов, А.М. Мельничук, І.Е. Бухара [4] та інші, які значно збагатили аграрну науку і практику. Проте єдиної думки щодо оптимальної глибини обробітку ґрунту не існує й донині, як і наукового обґрунтування необхідності того чи іншого способу обробітку і його глибини.

У США глибока оранка під польові культури вважається достатньою, якщо витрати на її проведення окуповуються додатковою прибавкою врожаю польових культур [44]. Зменшення глибини обробітку ґрунту характерне для країн Північної Європи (Велика Британія, Данія, Норвегія, Фінляндія, Швеція), де загальноприйнята глибина оранки становить 15–20 см. У Центральній Європі вона сягає 25–30 см, а в Австралії не перевищує 8 см [45–47].

Прихильниками глибокого обробітку були Е.Е. Лекуте і В.В. Гюнтер. Так, Е.Е. Лекуте наполягав на поглибленні обробітку ґрунту, але без вивертання нижніх горизонтів, підкреслюючи, що поверхневі обробітки повинні передувати

основному. В. В. Гюнтер, вважає, що полицеву оранку потрібно виконувати на якомога більшу глибину [1].

За даними Г.І. Швєбс, ефективність спущування (оранки) є тим меншою, чим більше запаси води в сніговому покриві, тобто чим більший стік. У роки з дуже великими запасами снігу вплив зяблевої оранки на стік, особливо максимальний. Негативні наслідки зяблевої оранки підсилюються й починають безумовно переважати над позитивними, особливо на схилах зі значним ухилом [48].

У ХХ ст. постійно існувала паралель двох протилежних напрямів у питаннях обробітку чорноземних ґрунтів: глибокий та мілкий обробітки. Протиріччя, очевидно, виникали через те, що дослідники працювали на різних за агрофізичним складом ґрунтах, у різні за гідротермічними режимами роки, обробіток проводили несхожими сільськогосподарськими знаряддями й вирощували різні польові культури.

Позитивні сторони зяблевої оранки проявляються у збільшенні врожаю, а негативні наслідки накопичуються поступово, руйнуючи земельні ресурси. Навіть у межах одного природного району, це співвідношення змінюється залежно від рельєфу місцевості та змитості ґрунту [23].

За твердженням Фредеріка Тебрюге [49], у Західній Європі традиційний полицевий обробіток характеризується глибоким обробітком верхнього шару ґрунту полицевим плугом, який повністю перевертає верхній ґрунтовий шар, руйнує структуру ґрунту надмірним розпушуванням (загальний об'єм пор > 60 %) і робить її нестійкою до ерозії. Традиційна технологія також допускає спалювання соломи і заорювання пожнивних решток, порушує агрегатні властивості ґрунту, орієнтується на монокультурність посівів та економічний прибуток. Система полицевої оранки до цього часу широко використовується в Західній Європі і продовжує негативно впливати на якість ґрунтів, води, повітря, на клімат, біологічне різноманіття і характеристики ландшафтних екосистем.

Виснаження ґрунтів у Західній Європі є складною екологічною проблемою, викликаною ущільненням і ерозією ґрунтів у зв'язку із застосуванням полицевої оранки. Близько 157 млн. га (16 % площі Європи, майже третя частина Франції) піддаються ґрунтовій ерозії і переущільнюються.

Річний рівень ерозії в Західній Європі становить 17 т/га, що суттєво перевищує процес формування ґрунту – 1 т/га.

В Україні стан ґрунтів ще гірший, через розорювання значних територій, на жаль, відбувається розвиток ерозійних процесів на фоні застосування незбалансованого удобрення, низьких об'ємів внесення органічних добрив і, як наслідок – порушення мікробіологічних процесів у ґрунті та зниження вмісту важливої складової частини родючості – гумусу. Так, якщо чорноземи звичайні містили у своєму складі 4,2 % гумусу, то на сьогодні цей показник суттєво знизився до 3,1 % [50, 51]. Крім того, за полицевого обробітку, в результаті дії фасок лемешів плужних корпусів на ґрунт ущільненого шару нижче орного горизонту, утворюється так звана “плужна підшва”, яка погіршує проникнення і накопичення води в підорному шарі. Тому підорні шари не розущільнюються взимку від дії морозу. “Плужна підшва” сприяє поверхневому і внутрішньоґрунтовому стоку води і поживних речовин по схилу і є однією з головних причин розвитку ерозійних процесів на схилах і застою води в “блюдцях” на рівнинних ділянках полів. Щільність ґрунту в шарі “плужної підшви” досягає 1,7 г/см³, що значно більше оптимальної (1,1–1,3 г/см³), яку часто неспроможні подолати корені рослин.

У ХХ – на початку ХХІ ст., а особливо в останні десятиріччя, унаслідок масової інтенсифікації землеробства, різкого падіння родючості ґрунтів через втрату гумусу, антропогенне ущільнення, посилення ерозії і дефляції, проявами опустелювання аграрних територій, подорожчання енергетичних і матеріальних ресурсів виникла необхідність пошуку нових ґрунтозахисних, енергоощадних прийомів обробітку ґрунту, які включають безполицевий обробіток (плоскорізний, чизельний, мілкий, поверхневий) [6, 51].

Із викладеного можна зробити висновок, що різноглибинний полицевий обробіток створює глибокий гомогенний орний шар ґрунту, при цьому складаються сприятливі умови для росту і розвитку більшості польових культур, особливо просапних (кукурудза, соняшник, цукрові буряки, картопля і т. ін.). За полицевого обробітку поліпшується фітосанітарний стан ґрунту, знижується кількість бур'янів, хвороб, шкідників, створюється пролонгована нормативна віддача від внесених добрив. Висока ефективність оранки проявляється в умовах нестійкого і особливо недостатнього зволоження. Проте систематичне проведення

оранки призводить до погіршення структури ґрунту, підвищення його ерозійних процесів, утворення плужної підшви, зниження вмісту гумусу та посилення втрат вологи внаслідок непродуктивного випаровування.

1.1.3. Безполицевий (плоскорізний, чизельний, дисковий) ґрунтозахисний, мульчувальний обробіток

Безполицевий спосіб обробітку ґрунту – спосіб обробітку ґрунту без обертання його орного шару, який виконується плоскорізними, чизельними і дисковими знаряддями [52]. Основоположником безполицевого обробітку ґрунту був І.Є. Овсинський, який розробив систему поверхневого обробітку ґрунту, смугорядкової (стрічкової) сівби, і найменував її “новою системою землеробства”. Він говорив: “Я відкидаю глибоку оранку плугом і визнаю необхідність розпушування ґрунту, але це повинен робити не плуг, який вивертає нижній шар кожного року, а ґрунтопоглиблювач і культиватор. Я визнаю необхідність тільки мілкої оранки 2–3 дюйми (5–7,5 см) для знищення бур’янів і прикриття гною, після цього обробітку у випадку випадання сильного дощу ґрунт обробляти звичайними зубовими боронами ”[53]. За твердженнями І.Є. Овсинського, оранкою порушуються шляхи інфлюкції, створені відмерлими коренями і дощовими черв’яками, якими проникають у ґрунт волога і повітря. Верхній шар ґрунту повинен перебувати на поверхні, оскільки за цієї умови може відбуватися збагачення ґрунту перегноем, поліпшуватися водний, повітряний, поживний і біологічний режими та підвищуватися вбирна здатність. На основі досліджень учений дійшов висновку, що оранка ґрунту плугами і скидання його верхнього шару на дно борозни створює гірші умови живлення рослин, ніж поверхневий обробіток. Точку зору І.Є. Овсинського підтримував Ф. Грауздін, а дещо пізніше – і низка закордонних вчених [54, 55].

І.Є. Овсинський стверджував, що за мілкої поверхневої обробітку (до 5 см) ґрунт не тільки добре зберігає вологу, а й збагачується водою завдяки конденсації парів із проникаючого у ґрунт атмосферного повітря по ходах, утворених коренями рослин та дощовими черв’яками. Він виходив з того, що в спекотний час температура лежачих глибше шарів буде дещо нижчою за верхні, від чого і повинна проходити конденсація парів із ґрунтового повітря. А завдяки

наявності капілярів утворена вода буде підніматися до коренів рослин. За такого “підземного зрошення” поліпшується не тільки водний, але і поживний режими, оскільки за достатньої кількості вологи і тепла розвиваються ґрунтові бактерії, які викликають корисні процеси в ґрунті. Оранка знищує в ґрунті мережу природних каналів, перетворює ґрунт в однорідну порошкоподібну масу та порушує водний і поживний його режими.

Система І.Є. Овсинського проходила перевірку на Полтавській дослідній станції протягом 1899–1904 рр. Були отримані негативні результати. Наприклад, урожайність озимого жита по глибокій на той час оранці (20 см) становила 16,4 ц/га, а за рекомендованої Овсинським системою (5 см) – 14,8 ц/га, або на 10 % менше. Такі самі дані отримали і на Плотнянській дослідній станції. За два роки врожайність по глибокій оранці (20 см) дорівнювала 21,8 ц/га, а по мілкій – 21,2 ц/га. З тих пір система І.Є. Овсинського не мала підтримки як серед науковців, так і практиків. Явним противником його системи був професор С. Богданов (1909 р.) Але негативний результат здебільшого визначався порушенням системи І.Є. Овсинського під час проведення досліджень. Так, він вимагав негайного обробітку поля після жнив, чого в дослідях не робили; проростало багато бур’янів, які значно засмічували поле, що знижувало врожай у наступні роки. [56].

Прихильниками мілкої безполицевої обробітку в Америці був Г.В. Кемпбел, у Франції – Жан, а в Німеччині – Ахенбах [57]. Так, Г.В. Кемпбел висловлював думку про неможливість описати всі заходи з обробітку ґрунту, що зустрічаються на практиці. Рекомендував давати тільки основні принципи, виходячи з яких кожен, хто займається обробітком, повинен зрозуміти те, що йому потрібно робити в даному випадку. Адже у землеробстві щорічно постають нові завдання і відповідно до зміни умов необхідно змінювати й способи обробітку ґрунту [1].

Жан у Франції (1913 р.) застосував метод послідовного обробітку ґрунту пружинним чизель-культиватором (пастерівський обробіток ґрунту). Кожну культивацію він проводив з поглибленням на 3–5 см і доводив глибину обробітку до 20 см, при цьому загальна кількість культивацій сягала восьми. Гній вносили по поверхні ґрунту під третю культивацію, а його загортання та боротьби з бур’янами надавав великого значення. За такого обробітку врожай вівса становив – 44 ц/га, ячменю – 37, пшениці озимої – 18,5 ц/га [56].

З 1921 року Ф. Ахенбах (Східна Прусія, Німеччина) у своїй книзі розвинув ідеї непотрібності полицевої оранки. Він стверджував, що оранка порушує природний склад ґрунту з його численними каналцями, які залишаються після проходів дощових черв'яків і коренів рослин. Окрім цього, порушується життєдіяльність мікроорганізмів, які пристосувалися до нижніх шарів і при обороті пласта гинуть від дії світла, а аеробні мікроорганізми, розташовані зверху, страждають від нестачі кисню із заорюванням їх на глибину [56].

На підтримку безполицевого обробітку в США виступив Е. Фолкнер. У книзі “Безумие пахаря” він називав оранку помилкою, а полицевий плуг – злодієм, і запропонував мілкий обробіток ґрунту дисковими знаряддями із залишенням на поверхні поля післяжнивних решток [58, 59]. Ця праця мала істотний вплив на громадську думку щодо проблем обробітку не лише в Сполучених Штатах, але й у всьому світі.

У 30-х роках ХХ ст. через поширення сильної вітрової ерозії у США виникла необхідність застосування мілкого плоскорізного обробітку ґрунту (до 12–15 см) із збереженням стерні і пожнивних решток на поверхні, що охороняли ґрунти від вітрової та водної ерозії. Загальна площа еродованих земель досягла 427 млн га, або 55,6 % всієї земельної території [60, 61].

Ідею мілкого обробітку ґрунту на півдні Росії і в Україні поширював Н.М. Тулайков (1932–1933) [62], який запропонував відмовитися від орного обробітку і перейти на поверхневий дисковими знаряддями. Однак мілкий обробіток спричиняв підвищену забур'яненість полів, а хімічних засобів боротьби з бур'янами тоді ще не було, тому такий обробіток ґрунту був заборонений.

Суперечливі твердження серед учених щодо застосування глибокої оранки і поверхневого обробітку знайшли своє відображення у дослідженнях Т.С. Мальцева, який запропонував чергування за роками в полях глибокого (на 40–50 см) безполицевого обробітку (один раз на 4–6 років) спеціальними плугами з вузькооптичними стояками (плуг Мальцева) і поверхневих обробітків – дисковими знаряддями на глибину 10–12 см у польових зерно-парових і зерно-паро-просапних сівозмінах. Плуг Мальцева спочатку застосовували як засіб боротьби з вітровою ерозією, а потім і для оранки на зяб, у результаті чого на поверхні залишалася велика кількість стоячої стерні, яка захищала ґрунт від

вітрової ерозії та більше затримувала снігу, при цьому осінньо-зимова акумуляція вологи зростала.

Якщо застосовувати глибокий чи навіть надглибокий обробіток ґрунту (за Т.С. Мальцевим) один раз на 4–6 років, використовуючи пар, а в інші роки обробіток вести поверхнево, то й однорічні рослини створюватимуть оптимальну структуру, сприяючи підвищенню ґрунтової родючості [63–65].

За твердженням Т.С. Мальцева, ґрунтову родючість створюють самі рослини. Якщо залишити орну землю на 10–12 років без обробітку, то вона знову набуде родючості. Коли розорюють цілинні землі, то перші врожаї отримують високими, а надалі вони поступово знижуються і настає потреба в удобренні ґрунту. Потім, коли ґрунт “відпочине” від нашого нерозумного втручання, до нього повертається родючість. Рослини залишають у ґрунті більше органічних речовин, ніж їх використовують, і тим самим вони здатні підвищувати родючість. Усім, хто вперше застосовуватиме безполицевий обробіток, потрібно пам’ятати, що найродючіший шар ґрунту – верхній шар, і його необхідно тримати біля поверхні. Саме тут рослини розташовують здебільшого свої корені, тому не слід тонкий природний родючий шар покривати малородючим підзолом, як це відбувається під час оранки.

Виробнича перевірка та наукове вивчення системи обробітку ґрунту, запропонованої Т.С. Мальцевим, набули в колишньому СРСР, у тому числі й в Україні, надзвичайного поширення. Першим оцінив цю систему академік І.В. Тюрін [66] на Курганському дослідному полі, що на 340 км південніше Шадріно, де проводив свої досліді Т.С. Мальцев. Дискуванню, особливо на 3–4-й рік після глибокого розпушування, не забезпечувало необхідного накопичення вологи і зумовлювало зниження врожайності пшениці ярої порівняно з традиційною для того часу оранкою на 20 см. Дослідження не дали позитивних результатів, основна причина розбіжностей у результатах, одержаних у Шадріно і Курганським дослідним полем, вбачалась у різниці гідрологічного режиму цих територій. Так, залягання ґрунтових вод у першому випадку було неглибоке – до 3 м, а в другому більш глибоким – близько 17 м, що суттєво впливало на вологонакопичення та його режим [6].

Незважаючи на перші негативні результати від застосування системи Т.С. Мальцева, інтерес до неї, підтримували урядові структури, науковці і

агровиробники з погляду на її певні організаційні, енергетичні та інші переваги. Так, в Україні у 1954 р. система повсюдно і ретельно перевірялася за чіткою уніфікованою програмою, було закладено і проведено 851 виробничий дослід з широким охопленням усіх природно-кліматичних зон, різних культур та попередників, ґрунтових умов.

Результати виробничої перевірки системи Т.С. Мальцева у більшості випадків не виявили переваг безполицевого обробітку над різноглибинною оранкою. Водночас було підтверджено високу ефективність її часткової заміни в сівозмінах на поверхневий (6–10 см) обробіток дисковими знаряддями під озимі колосові після непарових попередників у зонах Лісостепу і Полісся та після всіх попередників – у Степу. Визначалися можливість і доцільність використання поверхневого обробітку під ярі зернові колосові після просапних. Забур'яненість просапних культур за плоскорізного обробітку зростала, тому Т.С. Мальцев змушений був доповнити свою технологію застосуванням гербіцидів, без яких не завжди справлялися з бур'янами, навіть за високої культури землеробства [6]. Поява гербіцидів у 60-ті роки ХХ ст. створила революцію в системі обробітку ґрунту і дала можливість ширше використовувати безполицевий спосіб обробітку під різні культури сівозмін.

У Миколаївській області протягом двох ротацій дев'ятипільної сівозміни безполицевий обробіток ґрунту за методом Т.С. Мальцева збільшив збір зерна за першу ротацію на 1,4 ц/га, а за другу – на 9,3 ц/га порівняно з традиційною полицевою оранкою [67].

Розроблені зональні системи на основі технології Т.С. Мальцева забезпечували підвищення і стабілізацію врожайності пшениці озимої, без негативного впливу на інші культури сівозміни. Разом з тим вони мали низьку ґрунтозахисну, протиерозійну і протидефляційну ефективність, через що згодом постала необхідність у докорінній зміні поглядів на проведення обробітку ґрунту у зв'язку із широким проявом водної, вітрової ерозії, яка була викликана екстенсивним характером освоєння територій. В Україні наприкінці 80-х років розораність земель сягала до 82 %, а в деяких областях і більше. До того ж проведення глибокої оранки не окуповувалося додатковою прибавкою врожаю, відбувалося руйнування структури ґрунту, що призводило до його розпилення і підсилення ерозійних процесів. Кожний прохід сільськогосподарських машин за

інтенсивних технологій переуцілював ґрунт, що негативно впливало на його агрофізичні властивості, а в підсумку знижувало врожай культур.

Ерозійні процеси в Україні призвели до щорічної втрати близько 600 млн. тонн ґрунту, у тому числі понад 20 млн. тонн гумусу, третини поживних речовин, 16 млрд. м³. Щорічне зростання площі деградованих ґрунтів сягнуло 80 тис. га [6, 68], тому постало нагальне питання розширити дослідження щодо розробки і впровадження прийомів ґрунтозахисного обробітку ґрунту з використанням різних безполицевих, зокрема, плоскорізних знарядь.

У зв'язку із сильним проявом вітрової ерозії у Північному Казахстані та Західному Сибіру колектив учених Всесоюзного науково-дослідного Інституту зернового господарства під керівництвом академіка О.І. Бараєва [69, 70] розробив та впровадив спеціальну ґрунтозахисну систему обробітку ґрунту на основі плоскорізних знарядь з різноглибинним обробітком та смуговим розміщенням посівів і парів, застосування куліс, різних способів снігозатримання та інших заходів захисту від вітрової ерозії. Застосування плоскорізного обробітку давало можливість залишати на поверхні від 80 до 90 % стерні, яка захищала ґрунт від вітрової ерозії, забезпечувала добре снігозатримання, накопичення доступної вологи в ґрунті і відповідно зростання врожайності польових культур порівняно з оранкою. Така ґрунтозахисна технологія була актуальною і для південної території України, в місцях прояву дефляційних процесів ґрунту.

Принципова відмінність плоскорізної системи обробітку ґрунту академіка О.І. Бараєва від системи Т.С. Мальцева полягала в обов'язковому залишенні на поверхні ґрунту стерні та інших рослинних решток попередників для захисту ґрунтів від вітрової ерозії. Технологія передбачала виключення дискування та застосування плоскорізних знарядь, які максимально дозволяли зберігати на поверхні ґрунту рослинні рештки попередніх культур [71].

У процесі освоєння ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту в Україні слід визначити вчених, які активно виступали за відмову від плужного обробітку: І.Є. Щербак [72], Ф.Т. Моргун [73, 74], М.К. Шикула [75]. Вони вважали, що безполицевий обробіток у поєднанні з добривами сприяє підвищенню вмісту гумусу і зможе забезпечити його бездефіцитний баланс за меншої кількості внесення гною порівняно з оранкою, коли, навпаки, гумус лише втрачається. М.К. Шикула дійшов висновку, що локалізація рослинних решток, кореневої системи

рослин і добрив у поверхневому шарі ґрунту потрібна для забезпечення ґрунтозахисного ефекту, поліпшення ґрунтоутворення, збільшення гумусу в ґрунті. Безполицевий обробіток і мульчування ґрунту післяжнивними рештками моделюють дерновий (чорноземний) процес ґрунтоутворення у виробничих умовах.

М.К. Шикуча і В.Г. Назаренко [75] стверджують, що розорювання чорноземів уже в перші роки призводить до різкого зниження запасів гумусу у верхній частині ґрунтового профілю, погіршення водно-фізичних властивостей ґрунтів та зниження їх протиерозійної стійкості. Систематичний плосокрізний мінімальний обробіток ґрунту в порівняно короткий строк відновлює показники його родючості. За їх даними, приріст урожайності зерна пшениці озимої на мінімальному обробітку становить 0,15–0,20 т/га і більше. Без значних капіталовкладень можна досягти істотного підвищення врожаю просапних культур: цукрових буряків, кукурудзи, картоплі.

Відзначимо досвід Полтавської області в застосуванні ґрунтозахисного плоскорізного обробітку ґрунту з мульчуванням поверхні поля на площі більше мільйона гектарів. Масштабний дослід проводили з 1973 року під керівництвом Ф.Т. Моргуна та за наукового забезпечення Н.К. Шикучи і Г.В. Назаренка. Суть полтавського варіанта системи безплужного обробітку ґрунту полягала в плоскорізному обробітку, боронуванні голчастою бороною для надання посівному шару дрібного грудкуватого стану і розпушування важкими дисковими боронами для загортання органічних і мінеральних добрив. За відсутності плоскорізних знарядь поживне розпушування допускається проводити дисковими лушпильниками на глибину 5–7 см із подальшим за необхідності обробітком культиватором. Причому в умовах посушливої осені найкращий результат був отриманий обробітку ґрунту після всіх непарових попередників на глибину висіву насіння – 5–7 см. Саме такий обробіток з утворенням ущільненого шару для насіння, до якого є підхід непорушених капілярів, створює сприятливі умови для застосування безплужного обробітку ґрунту та гарантує одержання своєчасних і дружних сходів [71]. Ця технологія дозволила захистити ґрунти від водної і вітрової ерозії, збільшити збори сільськогосподарської продукції, зокрема зерна 50–60 ц на круг, підвищити продуктивність праці на 37–40%, зменшити затрати пального на 38–46% і виробничі витрати на обробіток ґрунту на 24–31% [56, 75].

Велику увагу безполицевому обробітку ґрунту в 60–80 роки минулого століття приділяли вчені як вітчизняні, так і закордонні: Х.Х. Беннет [76], Н. Гудзон [77], Д. Джекс [78], Г. Кант [79], Г. Конке [80], В.В. Жилко [81], М.Н. Заславський [82], А.С. Извеков [83], А.Н. Каштанов [84], Н.М. Милосердов [85], В.В. Пономарева [86], М.С. Хоменко [87], В.А. Юферов [88], В.М. Круть [89], І.А. Пабат [90] та ін.

У зв'язку з поширенням безполицевого плоскорізного обробітку в 80–90-ті роки промисловість України стала виготовляти різні модифікації плоскорізів. Спочатку з'явилися агрегати ПГ-3-35, КПГ-2-150, КПГ-2,2, КПГ-250, дещо пізніше – більш удосконалені агрегати ПЩН-2,5, КР-4,5, АКШ-3,6, ККП-3,6, КПЕ-6Н, КШН-5,4, ПН-2,5 та ін.

На думку А.Г. Тарарико [91], безполицевий зяб із залишенням стерні колосових культур на поверхні ґрунту становить основу ґрунтозахисної технології вирощування кукурудзи, соняшнику, ярих зернових. Плоскорізи менше всього подрібнюють і загортають у ґрунт рослинні рештки, тому за добре розпушеного ґрунту їм необхідно надавати перевагу.

Безполицевий плоскорізний обробіток, за твердженням Г.І. Швєбса, зменшує руйнацію ґрунту і повинен бути впроваджений там, де уже відпрацьована технологія його застосування [92].

За даними І.Е. Щєрбака [93], беззмінний плоскорізний обробіток чорноземних ґрунтів (систематичний без періодичної оранки під деякі культури або для загортання гною) степової зони України забезпечує високі і сталі врожаї в сівозміні, значно сприяє ефективній боротьбі з ерозією ґрунту і є дієвим фактором розширеного відновлення його родючості.

Проте, як зазначали П.У. Бахтін [94], С.С. Сдобніков, Л.І. Нікіфоров та інші вчені, накопичення та локалізація елементів живлення у верхньому шарі за плоскорізного обробітку – явище не завжди позитивне. Так, за відсутності обертання скиби (оранки), унаслідок диференціації кореневмісного шару і локалізації елементів живлення у верхній частині, польові культури формують кореневу систему у верхніх шарах. А за посушливих умов, за дефіциту вологи, верхній шар часто пересихає і на рослинах позначається дефіцит вологи, через що суттєво знижується врожай.

У наукових працях В.А. Джамаль і Л.Я. Мільчевської [95] розглядаються

негативні результати застосування плоскорізного обробітку на Кіровоградській ДСГДС – після пшениці озимої і кукурудзи на зерно, Донецькій протиерозійній дослідній станції, Українському НДІ захисту ґрунтів від ерозії – після кукурудзи на зелений корм, на Одеській СГДС – після кукурудзи на зерно і пшениці озимої та в інших науково–дослідних установах. Науковці вважають, що заслуговує на увагу варіант, у якому полицевий і безполицевий обробітки ґрунту чергуються в сівозміні.

За кордоном, а в останні десятиріччя і в Україні, поширився мульчувальний обробіток ґрунту. У вітчизняній агрономічній літературі термін “мульчувальний обробіток ґрунту” використовують для визначення способів розпушування скиби з одночасним залишенням на поверхні поля післяжнивних решток попередньої культури [96]. Згідно з ДСТУ 4691:2006, “мульчувальний обробіток ґрунту” – це поєднання прийомів обробітку ґрунту з покриттям його поверхні рослинними рештками вирощуваних культур [15]. За кордоном “мульчувальний обробіток ґрунту” передбачає використання ґрунтообробних знарядь, які забезпечують збереження на полі понад 30 % рослинних решток попередника для контролювання ерозійних процесів [97].

Мульчувальний обробіток ґрунту – це спосіб обробітку ґрунту без обертання його орного шару за умови залучення у кругообіг усієї або частини побічної продукції вирощуваних культур. Спосіб є особливо ефективним за вологозберігаючого, ґрунтозахисного обробітку ґрунту, оскільки залишає значну частину післяжнивних решток на поверхні поля [98–100].

Для мульчувального (безполицевого) обробітку використовують плоскорізні, чизельні або дискові знаряддя. Кожне безполицеве знаряддя, за даними І. А. Пабата [90], залишає різну кількість післяжнивних решток попередника на поверхні ґрунту:

а) дискові луцильники і борони (ЛДГ-15, БДТ-7) – 40–60 % решток на поверхні;

б) культиватори-плоскорізи типу КПШ-5 – 85–95 %;

в) плоскрізи глибокорозпушувачі типу ПГ-3-5 – 80–90 %;

г) протиерозійні культиватори типу КПЭ-3,8 – 60–75 %;

д) чизельні плуги типу ПЧ-2,5 – 60–70%;

е) чизельні культиватори типу КЧП-5,4 – 35–65 %;

- є) голчасті борони типу БІГ-3А – 80–85%;
- ж) стерньові сівалки типу СЗС-2,1 – 65–70%.

У дослідях, проведених І.А. Паботом у 1987 році, під час зливи в липні шаром 45 мм і змінною інтенсивністю від 0,5 до 2,61 мм/хв на чизелюванні з мульчею решток соняшнику в дозі 5 т/га порівняно з відкритим фоном (оранка) стік води був меншим на 19,2 мм, а змив ґрунту на 27,5 т/га, ообто вони не перевищували допустимих величин 12,1 мм і 4,1 т/га. Втрати поживних речовин з водою і змитим ґрунтом при цьому становили: на чизелюванні – азоту 8,6, фосфору 7,3 кг/га; на оранці відповідно 59,7 і 43,9 кг/га, або в 5–6 разів більші.

Плоскорізний обробіток, який передбачає збереження на поверхні ґрунту більшої частини післяжнивних решток, є ефективним на чорноземах середнього механічного складу і на полях, що зазнають впливу ерозійних процесів. Вимогам агротехніки краще задовольняють комбіновані агрегати нового покоління (КР-4,5, АКШ-5,4, КШН-5,6) [101–105].

Дисковий обробіток ґрунту – безполицевий спосіб обробітку, що виконується дисковими знаряддями на глибину від 6 до 20 см, забезпечує кришення, часткове перемішування ґрунтової маси і знищення бур'янів. Після стерньових попередників, коли уся солома залишається на полі, найдоцільніше застосовувати важкі тандемні дискові борони ДМТ -6, БДВ-3, Містраль [106–108].

Спосіб безполицевого ґрунтозахисного обробітку ґрунту з недорізуванням скиби по ширині захвату і утворенням нерозпушених гребенів над дном борозни називають чизельним. Розрізняють два способи такого обробітку: суцільний безполицевий і вузькосмуговий, або консервуючий. Характерною особливістю останнього є те, що ґрунт поспіль розпушується лише на глибину до 8 см, а глибше – мікросмугово від 20 до 45 см з недорізом скиби по ширині захвату. Розміри нерозпушених гребенів над дном борозни при цьому бувають різними і зростають із збільшенням ширини міжсліддя робочих органів чизеля. Чизельний обробіток особливо ефективний на полях, що зазнають сумісної дії водної і вітрової ерозії, особливо в разі застосування консервуючої технології [90].

Чизелі, які використовуються в агровиробництві, умовно можна розділити на чизельні культиватори (обробіток ґрунту до глибини 25 см), чизельні плуги (25–35 см), чизелі-глибокородпушувачі (25–40 см і глибше), комбіновані чизельні агрегати з широким діапазоном глибини обробітку.

Для чизельного обробітку використовують як чизель-культиватори типу КПЧ-4,3, КЧП-5,4, обладнані прямими дисками і напівгвинтовими наральниками-чизелями на С-подібних пружинних стояках, розставлених у три ряди, так і відомі чизельні плуги загального призначення: ПЧ-4,5, ПЧ-2,5, ПЧК-2,5, ПЧК-4,5, ГУН-4. Останні здатні виконувати як вузькосмугове, так і суцільне чизелювання. Вони укомплектовані двома типами змінних робочих органів: лапами шириною 70 мм для розпушення на глибину до 45 см і стрілочастими лапами завширшки 270 мм для обробітку до 30 см [109]. Чизельні глибокорозпушувачі типу АГЧ-4,0, ЧГ-40, ЧГ-40-02 використовують для руйнування плужної підшви один раз на 3–5 років у сівозміні, а комбіновані чизельні агрегати типу БДВП-4,2-0,1, БДЧ-5, ЧД-30 та ін. для основного, передпосівного, обробітку ґрунту за один прохід.

На думку І.А. Пабата [90], завдяки “рваному дну” борозни, ускладненню нанорельєфу (внутрішньогрунтової і поверхневій гребенистості) і збереженню близько 60 % стерні, чизелювання з безполицево-розпушувальними лапами є, порівняно з іншими видами обробітку ґрунту без обертання скиби, найбільш надійним засобом затримання води і запобігання вітрової та водної ерозії. Його застосування особливо ефективно під кукурудзу і соняшник, чорний пар, пшеницю озиму після зайнятих парів з різними сумішками на зелений корм. Особливо ефективно чизелювання за переорювання змитих ґрунтів по оранці зябу весною, для зниження щільності й окультурення підорного шару, а також на ґрунтах з поверхневим перезволоженням – для відведення вологи з орного шару в шари, що розташовані нижче.

Чизелювання сприяє збільшенню запасів снігу на 6–15 мм у перерахунку на воду. Якщо ґрунт по оранці промерзає на глибину до 40 см (у борознах), то по чизелюванню – лише у 40% випадків. За таких умов стік води в дослідях формувався на схилах крутістю 2° і відстані до водорозділу понад 200 м. По оранці і мілкому обробітку стік відмічали за крутизни 1° і відстані до водорозділу 100–150 м [110, 111].

Мікросмугове розпушування чизелем у дослідженнях І.А. Пабата і А.І. Горбатенка [111] зумовлювало вбирання 10–15% опадів ґрунтом у першу зиму, або на 15–39 мм більше, ніж по оранці і мілкому розпушуванню, що сприяло збільшенню запасів вологи не тільки у верхніх, а й у нижніх шарах, якими вона менше втрачається під час літніх посух.

Чизелі для консервуючого обробітку використовують на більш зволоженому ґрунті. Завдяки високій протиерозійній ефективності і фронтальному розміщенню робочих органів чизель, незамінний агрегат у системі смугового і контурного землеробства. У дослідях по чизельному обробітку зі штучним підтоком талої води навіть у критичних умовах (схил 3–5°, витрати води 13 л/с на 1 га протягом 1 год.) стоку води і змиву ґрунту не зафіксовано, тоді як по звичайній оранці ці показники становили 9,5 л/с на 1 га і 95 г/с [109]. Крім цього, на відміну від інших способів безполицевого обробітку, за консервуючого менше втрачаються і ефективніше використовуються мінеральні добрива, внесені розкидачами відцентрового типу. До недоліків консервуючого обробітку слід віднести недостатню його ефективність у боротьбі з багаторічними бур'янами, особливо у вологі роки [112].

Продуктивність чизельного обробітку в дослідженнях І.А. Пабата [90] була набагато вищою, ніж на оранці. Зокрема продуктивність чизеля ПЧ-4,5 в агрегаті з К-701 становила 2,86 га/год, витрати пального – 10,8 кг/га, а плуга ПЛН-4-35 із трактором Т-74 – відповідно 0,65 га/год, та – 17,2 кг/га. Ступінь кришення скиби за чизельного консервуючого обробітку – 82 %, а за полицевого лише 57,1 %.

Підтримують застосування консервуючої системи обробітку ґрунту на еродованих ґрунтах Степу такі вчені, як Л.Ф. Мазка, О.В. Богунова і В.І. Стеценко [113]. Вони доводять, що за консервуючого обробітку зменшується ерозія, економиться пальне, скорочуються затрати праці.

Під терміном “консервуючий” у США об'єднують 15 прийомів обробітку ґрунту, наприклад: нульовий, смуговий, мульчувальний, чизельний, гребеневий, полицевий та ін. Американські колеги стверджують, що за консервуючого обробітку ґрунту зменшуються втрати від ерозії до 2,5 т/га, за оранки вони становлять 12,5 т/га.

Досвід застосування безполицевого мінімального обробітку ґрунту в США показав значне зростання родючості ґрунту. У ґрунті підвищується уміст гумусу і кількість водотривких агрегатів, покращується структура ґрунту, зменшуються ерозійні процеси, скорочуються затрати праці. Разом з тим практика фермерських господарств США засвідчує, що в перші 2–3 роки за освоєння мінімального обробітку спостерігається зниження врожайності кукурудзи, а наступні врожаї, як правило, були вищими, ніж за полицевого обробітку, особливо в посушливі роки.

За підрахунками американських спеціалістів затрати праці за чизельного обробітку зменшувалися на 14 %, за прямого висіву – на 40 %. Відповідно скорочувалися і витрати пального, за чизельного обробітку на 23%, прямого посіву – на 57% [114].

Таким чином, безполицевий спосіб обробітку ґрунту створює гетерогенний за родючістю оброблюваний шар: поліпшує, порівняно з полицевим, водний режим ґрунту верхніх шарів, що сприяє отриманню дружних сходів польових культур, особливо озимих. Наявність рослинних решток у верхніх шарах створює оптимальні умови щільності, загальної пористості та повітроємності, проявляється тенденція до підвищення органічної речовини, поліпшується біологічна активність ґрунту. Того ж часу безполицевий обробіток призводить до ущільнення нижніх шарів ґрунту і погіршення біологічної активності в них, у результаті чого відбувається диференціація оброблюваного шару за родючістю. Підвищення вмісту елементів живлення у верхній частині оброблюваного шару сприяє доброму розвитку рослин з вторинною кореневою системою, яка розміщується у верхньому шарі (озимі та ярі колосові). Просапні культури з глибокою кореневою системою (цукрові буряки, кукурудза, соняшник, картопля) негативно реагують на диференційований розподіл у ґрунті поживних елементів і часто знижують урожай.

Дослідженнями вітчизняних учених встановлена доцільність чергування полицевого й безполицевого обробітку зі застосуванням плугів різних модифікацій, комбінованих чизельних і плоскорізних знарядь, що поліпшує фітосанітарний, поживний та агрофізичний стан орного шару [115–117].

Багатьма вченими доведено, що для умов усіх зон України найповніше відповідає система диференційованого різноглибинного обробітку ґрунту в сівозмінах із використанням ґрунтообробних знарядь різного типу [3, 4, 6, 8, 14, 16, 51, 115, 118–124]. Диференційована система обробітку ґрунту – це система обробітку ґрунту, яка передбачає різні способи обробітку під окремі культури [24]. Позитивне ставлення до диференційованої системи обробітку ґрунту в ґрунтозахисному землеробстві висловлюють учені Н.Х. Грабак, М.М. Дзюбинський [125], І.П. Макаров, Л.П. Манілова, В.І. Карпова [115], які вважають її найприйнятнішою. Базується вона на мінімалізації обробітку ґрунту за рахунок спеціальних ґрунтозахисних і вологонакопичувальних прийомів. Полицевий

обробіток проводиться в основному для загортання органічних добрив і під культури, технології вирощування яких за безполицевого обробітку ще не відпрацьовані. Під ранні зернові і зернобобові ефективним є безполицеве розпушування на глибину не більше 14 см, за якого відпадає необхідність у ранньовесняному вирівнюванні поверхні ґрунту, і в першій культивуації під пізні культури.

Диференційована система обробітку ґрунту в сівозміні, за твердженням М.О. Цандура [71], знижує енерговитрати на 25–30%, зменшує засміченість посівів у 2,5–3,0 рази, збільшує вихід зерна на 4–5 ц з кожного гектара сівозмінної площі.

На думку С.П. Танчика [4], диференційована система обробітку ґрунту має як позитивні, так і негативні властивості. До позитивних відносять формування оптимальної будови орного шару, яка забезпечує рослинам найкращий розвиток кореневої системи і ефективне використання елементів живлення; очищення ґрунту від насіння бур'янів; глибоке загортання органічних добрив і побічної продукції рослинництва, що підвищує їхню гуміфікацію. До негативних властивостей диференційованої системи обробітку ґрунту належать: посилення проявів водної та вітрової ерозії; посилення мінералізації органічної речовини ґрунту; агрофізична деградація ґрунтів; високі витрати енергії та ресурсів.

Сучасні екологічні і економічні причини зумовили необхідність удосконалення методології обробітку ґрунту. Недоліки диференційованої системи значною мірою усуваються за мінімалізації, тобто в разі зменшення глибини, кількості механічних операцій, об'єднання кількох технологічних процесів під час проходження комбінованих агрегатів тощо.

1.1.4. Мінімальний (мілкий, поверхневий), нульовий обробіток і система No-till

Мінімальна система обробітку ґрунту – система обробітку ґрунту, що забезпечує зниження витрат енергії і часу через зменшення кількості та глибини обробітків і поєднання кількох операцій в одному робочому процесі [15].

Мінімальний, а особливо нульовий обробіток ґрунту – елемент інтенсивних агротехнологій, він можливий за достатнього забезпечення добривами,

пестицидами в оптимальних сівозмінах, іншими виробничими ресурсами, за високої культури землеробства та наявності високопрофесійних технологів. У протилежному разі запровадження мінімалізації ґрунтообробки веде до тупика. [126]. Так, в останні десятиріччя в Україні внаслідок занепаду агропромислового виробництва з'явилася велика кількість погано оброблюваних земель, тобто пройшла спонтанна мінімалізація обробки ґрунту, яка не має жодного відношення до наукової мінімалізації.

В Україні, як і у світі, проявляється загальна тенденція до зниження інтенсивності обробки ґрунту не тільки з метою економії матеріальних і енергетичних ресурсів, а й у зв'язку зі загальною тенденцією зменшення чисельності працездатного населення в сільській місцевості, що змушує скорочувати технологічний цикл робіт, використовувати більш продуктивні широкозахватні агрегати з метою підвищення продуктивності праці в агропромисловому виробництві, яке забезпечується, зокрема, технологіями мінімальної обробки ґрунту. Крайнім проявом цього технологічного напрямку є сівба в попередньо необроблений ґрунт, або “нульовий” обробіток [127–131].

Однією з основних передумов запровадження мінімальних технологій є широке застосування різних гербіцидів, зокрема системних препаратів суцільної дії, перш за все з групи гліфосатів.

Як зазначає академік РАСГН В.І. Кірюшин [126], зменшення витрат енергії у вигляді паливно-мастильних матеріалів, щоб скоротити обробіток ґрунту, доводиться компенсувати затратами енергії на боротьбу з бур'янами, тобто використовувати гербіциди. А з підвищенням зволоження зростає використання фунгіцидів. Підсилення дефіциту мінерального азоту за мінімалізації потребує його компенсації з використанням добрив. Таким чином, енергозберігаючий ефект мінімалізації обробки ґрунту повинен оцінюватися не по економії паливно-мастильних матеріалів, як це часто робиться, а по різниці економії енергії паливно-мастильних матеріалів і компенсуючих витрат енергії у разі використання пестицидів і добрив. Ця різниця в посушливих умовах, як правило, на користь енергозбереження за мінімалізації, але з підвищенням коефіцієнта зволоження вона зменшується.

Мінімалізація доцільна на ґрунтах із рівноважною щільністю, близькою до оптимальної для вирощування польових культур, на цих ґрунтах інтенсивність обробітку може бути меншою, а від певних прийомів можна відмовитися взагалі.

На думку В.Ф. Сайка, А.М. Малієнка [6], зональні особливості застосування технологій мінімального обробітку визначаються особливостями ґрунтового покриву. Такий обробіток є перспективним і відносно просто запроваджується на структурних, добре дренованих ґрунтах, зокрема чорноземах. У посушливих умовах він має більші переваги, оскільки мульчування поверхні післязбиральними рештками забезпечує збереження до 25–50 мм вологи. Тому найбільш перспективною зоною для запровадження мінімального та “нульового” обробітків є зона Степу, значна частина Правобережного Лісостепу.

Мінімальний обробіток ґрунту являє собою високоефективний агромеліоративний прийом затримання і збереження ґрунтової вологи опадів. Річний вологонакопичений ефект його дорівнює 30–50 мм, що стабілізує землеробство, особливо під час сильних посух.

Світова тенденція до мінімалізації обробітку ґрунту нині обумовлена не стільки спробою зменшити затрати матеріальних ресурсів і праці на обробіток ґрунту, а скільки можливістю управління культурними ґрунтоутворними процесами і виходом на розширене відтворення ґрунтової родючості, яке є нереальним за постійного полицевого обробітку.

За твердженням Н.К. Шикули і Г.В. Назаренка [75], беззмінний мінімальний обробіток ґрунту забезпечує розвиток процесів саморегуляції ґрунтових аналогів цілини, сприяючи накопиченню у верхній частині профілю ґрунту органічних речовин, поживних елементів і акумульованої енергії, що разом з раціональною антропогенною дією на ґрунт створює основу для розширеного відтворення родючості чорнозему. За мінімального обробітку зростає коефіцієнт гуміфікації органічних речовин. Річний діапазон зміни його вмісту в ґрунті чорнозему типового в Лісостеповій зоні становив 0,27–0,50 %, що еквівалентно по коефіцієнту гуміфікації одиничному внесенню на 1 га 400–500 тонн гною. Мінімальний обробіток дозволяє використовувати для відтворення родючості чорнозему, крім гною, якого не вистачає, менш цінну частину врожаю: солону, стебла, гичку та інші рослинні рештки. За мінімального обробітку зміщується

максимум умісту органічних речовин ґрунту у верхні шари, які є найбільш важливими частинами ґрунтового профілю для росту і розвитку польових культур.

Мінімальний обробіток чорноземних ґрунтів може забезпечити сталі врожаї в сівозміні навіть у перші роки його використання за умови застосування підвищених доз органічних і мінеральних добрив, а також ефективних засобів захисту рослин, що становить невід'ємну частину інтенсивних технологій. Отже, як зазначають Н.К. Шикула і Г.В. Назаренко, беззмінний мінімальний обробіток ґрунту – це елемент інтенсивних систем землеробства [75].

Установлено, чим довше застосовується систематичний мінімальний обробіток ґрунту, тим вища врожайність польових культур. Це особливо яскраво видно на прикладі стаціонарного дослід з порівняльного випробування полицевого і мінімального обробітку ґрунту на Новоодеській держсортодільниці Миколаївської області. У середньому по семи полях зернових культур у 10-пільній сівозміні прибавка врожаю по мінімальному обробітку, порівняно з оранкою, становила 0,34 т/га в першій ротації, 0,66 т/га у другій і 0,92 т/га у третій ротаціях. Така сама закономірність відмічена і в Лохвицькому районі Полтавської області [75].

Із останніх десятиліть ХХ ст. і дотепер в аграрному виробництві часто використовують комбіновані ґрунтообробні агрегати. Комбінований обробіток ґрунту – прийом обробітку ґрунту складними ґрунтообробними машинами, які виконують за один прохід агрегату декілька технологічних операцій [15]. Такі агрегати мають високу ефективність, оскільки за один прохід виконують основний, передпосівний обробіток, а в окремих випадках навіть і одночасний висів насіння польових культур. Спочатку такі знаряддя були у вигляді комбінованих ґрунтообробних агрегатів КА-3,6, АКП-2,5, РВК-3,6. Нині вони представлені широким набором різних моделей і модифікацій як вітчизняного, так і закордонного виробництва. Наприклад, комбіновані глибокорозпушувачі для основного обробітку ґрунту SIMBA SLD 460 зі схемою робочих органів диски–культиваторні лапи–диски–котки; дисково-чизельні агрегати ДИЧ-3,1, ДИЧ-5,2 в поєднанні дисковим і чизельним знаряддям. Для передпосівного обробітку ґрунту слугують вітчизняні АК-6, АК-7 та закордонні AMAZONE Centaur 3001 Special з культиватором та дисковою бороною. Привертають увагу і висівні комбіновані комплекси KVERNELAND ACCORD MSC-3 та вітчизняний посівний комплекс

“Вектор-4” виробництва “Велес Агро” м. Одеса, який поєднує одночасний обробіток ґрунту і висів, включає сівалку ZTS-4N та дисковий агрегат АГН-4,2, які можуть використовуватися й окремо.

Позитивно зарекомендувала себе технологія, що ґрунтується на використанні ґрунтообробно-висівних комплексів типу AMAZONE, основними складовими яких є роторний культиватор активної дії, гумовий ущільнюючий коток і змінна навісна сівалка для суцільного і широкорядного висіву. Комплекс забезпечує якісну підготовку насінневого ложа за один прохід агрегату, водночас сепарує і оструктурує ґрунт, при цьому грубіші фракції (10–30 мм) залишаються на поверхні, що істотно посилює протиерозійну стійкість агрофону.

Комплекси надійно працюють на перезволожених фонах і забезпечують сівбу ярих зернових колосових культур у надранні строки в необроблений з осені ґрунт, що в подальшому істотно зменшує негативний вплив посушливої погоди на рослини.

Комбіновані висівні агрегати перспективні для використання на еродованих і ерозійно податливих ґрунтах, при пересіві озимини, підсіві луків і пасовищ. Можливості застосування цих технічних засобів суттєво обмежуються за умов поєднання кількох несприятливих факторів (зневоднений ґрунт, присутність багаторічних бур’янів тощо) [132, 133].

Землеробство України на сучасному етапі ввійшло в період кардинальних змін, доказом цього є спроба запровадження новітніх технологій, зокрема нульового обробітку ґрунту, або “прямої” сівби в попередньо необроблений ґрунт, та поява генетично модифікованих польових культур. Безпосередня сівба, нульовий обробіток ґрунту – це спосіб сівби без попереднього обробітку в стерню, або післяжнивні рештки рослин [15]. Нульовий обробіток передбачає повну відмову від суцільного спущування скиби за винятком операції з підготовки насінневого ложа одночасно зі сівбою спеціальними сівалками прямої дії.

Система нульового обробітку ґрунту в сівозміні у світовій практиці отримала назву “No-till”, що в перекладі з англійської означає “не орати”. Система землеробства “No-till” – це комплекс організаційних, агротехнічних, меліоративних, екологічних, соціальних та економічних заходів, спрямованих на стійкий розвиток галузі землеробства, підвищення врожайності сільськогосподарських культур і родючості ґрунту, захист його від ерозії, тобто

заходів, покликаних відповідати природовідновленню і відповідності законам природи.

Система землеробства “No-till” – це не принципова відмова від механічного обробітку ґрунту. Відсутність системи механічного обробітку ґрунту зумовлює зміну підходів до всіх інших складових ланок системи землеробства – системи удобрення, насінництва, сівозмін, організації території, структури посівних площ та ін.

Перехід до нової технології “No-till” передбачає зовсім іншу філософію землеробства, сутність якої полягає в узгодженні технології вирощування польових культур зі закономірностями ґрунтоутворного процесу даного типу ґрунту. З кожним роком родючість ґрунту повинна підвищуватися, при цьому врожай наступних культур зростає за рахунок новоутвореної ґрунтової родючості, а не від внесення добрив чи інших технологічних заходів, тобто працює агрокосистема, яка постійно змінюється і самовідновлюється [134].

Головні принципи нульової технології: постійний рослинний покрив; мінімальний механічний вплив на ґрунт; адаптовані сівозміни. Означені принципи деталізуються у такий спосіб: відмова від полицевої оранки, культивації, боронування тощо; від внесення органічних добрив, замість них використовуються рослинні рештки основних, пожнивних і покривних культур, заборона спалювання рослинних решток; внесення мінеральних добрив і засобів захисту одночасно зі сівбою польових культур або зняряддями, що не руйнують ґрунт; використання спеціальних сівалок тощо [135–138].

Одним із базових наукових положень за нульового обробітку є обов’язкове залишення всіх рослинних решток на поверхні і рівномірне їх розміщення на полі. Щоб рослинні рештки виконували свою роль, їх необхідно ретельно подрібнювати. Управління рослинними рештками в системі землеробства “No-till” виконується механічними та біологічними заходами. Зняряддями механічного впливу на рослинні рештки є різні комбайни, обладнані подрібнювачами, та спеціальні причіпні подрібнювачі, наприклад, вітчизняного виробництва ПН-4,0, ПР-2,6 і закордонного – Schulte S150, Schulte 5026, Wil-Rich-4,57, KUHN BNG, LAND PRIDE RC5515 та ін. Суть біологічного методу управління рослинними рештками полягає в регулюванні швидкості їх біологічного розкладу. Прискорення процесу розкладання соломи досягається за допомогою

різноманітних біологічних препаратів, до складу яких входять целюлозо- і лігнінорозкладаючі, азотофіксуючі, фосформобілізуючі та інші мікроорганізми. Прикладом таких препаратів може бути байкал ЄМ1, ризобакт, гуміфікатор та ін.

Історія розвитку технології “No-till” розпочалася у Великій Британії 1955 року після винаходу гербіцидів суцільної дії з коротким періодом розкладу – паракват та грамоксон (біпіріділові гербіциди суцільної дії), які забезпечили надійне контролювання бур’янів на необроблених ділянках землі. Була також створена сівалка для сівби в необроблений ґрунт. Теоретичною основою для розвитку такої технології були висновки видатного вченого Є. Рассела [139]. Але першим, хто запровадив систему “No-till” у виробництво, був американський фермер Гаррі Янг, який у 1962 році застосував англійську сівалку прямого висіву на своїй фермі. Боротьбу з бур’янами він проводив, виключно використовуючи гербіциди суцільної дії. Перші рекомендації щодо застосування прямого висіву видані в 1969 році, а в 70-ті роки ця технологія поширилася на інші країни. Запровадження системи не завжди обходилося без ускладнень щодо забезпечення якісної сівби насіння польових культур через наявність рослинних решток на поверхні поля. Тому перед початком робіт рекомендувалося спалювання побічної продукції. Для сучасних сівалок прямого висіву рослинні рештки в технології No-till не є перешкодою.

В Україні вперше прямий висів випробовували в Миронівському Інституті пшениці імені В.М. Ремесла у 1978 році на основі стерньової сівалки 20-SXBI чехословацького виробництва. Сівалку сконструйовано на основі поширеного існуючого нині дискового сошника, коли потужний дисковий ніж прорізує в ґрунті щілину для дводискового сошника, за яким встановлюється прикочуючий пристрій.

Згодом сівалка прямого висіву пройшла випробування в нинішньому Українському науково-дослідному інституті прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Л. Погорілого. В обох випадках випробування були успішними, але, дана технологія подальшого розвитку і поширення не мала. Соціально-економічні передумови, які склалися в СРСР, не давали поштовху до розвитку даної технології, тому що паливно-мастильні матеріали, добрива, робоча сила були дешевими і необхідності в економії ресурсів не виникало [6].

Дещо пізніше в Україні була спроба запровадити “No-till” технології в Старобешівському районі Донецької області на десятках тисяч гектарів. Створили і обладнали навчальний центр із підготовки фахівців для освоєння нової технології. Сівбу проводили сівалками прямого висіву компанії Great Plains. Отримали негативні результати, оскільки суспільство не було готовим до впровадження нової технології в агровиробництво, а аграрна наука не підтримала цієї нової технології [140].

Понад 20 років “No-till” системи працюють у корпорації “Агро-Союз” Дніпропетровської області. Тут створено навчальний центр, де фахівці аграрного сектору можуть одержати знання з даної технології, отримати будь-яку інформацію за темою. Проте значна частина цієї технології в господарстві базується на посівному комплексі HORSH, який має стрілчасті робочі органи і під час сівби розпушує ґрунт на глибину загортання насіння – 5–6 см. Загальновідомо, що класична технологія No-till не передбачає жодного розпушування, тому запроваджену технологію доцільніше називати Mini-till [4].

Останніми часом нульовий обробіток ґрунту у світі поширюється, загальна площа наближається до 100 млн га, але переважно в шести країнах: США, Бразилії, Аргентині, Канаді, Австралії і Парагваї. Зростає інтерес до нульового обробітку в Азії і Африці. Тільки в Європі темпи впровадження цього способу залишаються мінімальними, за винятком Іспанії і Італії, де його застосовують на площі близько 300 і 100 тис. га відповідно. У Франції і Великій Британії, де польові дослідження з випробування нульового способу ведуться з 70-х років минулого століття в основному позитивними результатами, у виробничій практиці його фактично ігнорують. Причин називається чимало – невеликий розмір ферм, несприятливі (холодні і вологі) ґрунтово-кліматичні умови (переважно в північних країнах), значні субсидії фермерам, що не заохочують їх до інновацій, відсутність ефекту на перших етапах впровадження, значні витрати на техніку і засоби захисту рослин, і, нарешті, просто стереотипи мислення і консерватизм. Позначається і перевиробництво сільгосподарської продукції у західних європейських країнах, що також не стимулює впровадження нових технологій [135–138, 141–144].

У Латинській Америці нульовий обробіток сприймається з позитивної точки зору, а негативні моменти майже не згадуються. Постійний рослинний покрив

(мульча) на поверхні ґрунту розглядається як нова стратегія боротьби з бур'янами. Широкого застосування набули знаряддя для підрізування однорічних бур'янів без порушення мульчі. Агрономічні, економічні, соціальні й екологічні переваги нової технології вважаються беззаперечними. За “нульової” технології необхідна менша кількість паливомастильних матеріалів, часу і машинно-тракторних агрегатів для виконання робіт (навіть небагаті фермери спроможні впроваджувати цю технологію). Краще складається водно-повітряний режим ґрунту, зростає вміст органічної речовини, суттєво знижується ерозія. За даними інформаційного центру з консервативного обробітку, що діє при Іллінойському університеті США, за 15 років безперервного нульового обробітку (з 1982 по 1997 рік), площа еродованих земель на американському континенті зменшилася на 42 %.

Успішне освоєння No-till в Бразилії сприяло технологічному переоснащенню аграрного виробництва. Наприклад, якщо в 1991 році у штаті Санта Катаріна сівалок для прямого висіву налічувалося не більше 100, то у 2004 році – майже 2500. Зріс дохід фермерів, поліпшились умови їхньої праці. Позитивні зміни відбулися в екологічній ситуації. Зокрема, завдяки значному підвищенню вологопроникності ґрунту і зменшенню поверхневого стоку (на 22 %) зменшились ерозія і замулення доріг [135].

У США особливо наголошуються переваги нульового обробітку в секвестрації вуглецю. За 150 років інтенсивного землеробства в країні було втрачено до 50 % запасу органічного вуглецю ґрунту, а викиди CO₂ в атмосферу зросли на 30 %. Згідно з розрахунками відомого американського вченого R. Lal [194], з початком механізованого обробітку ґрунту декілька сотень років тому і прискоренням окиснення органічного вуглецю тільки у США втрачено 4, а у світі – 78 млрд. тонн вуглецю. Це суттєвий чинник потепління клімату на планеті [134, 135, 145, 146].

Нині в європейських країнах, навпаки, іде майже повне ігнорування системи “No-till”, основною причиною якого є бур'яни, хвороби, підвищення витрат на їх зниження; та особливо негативне ставлення до хімізації агровиробництва, зниження врожаю, що не виправдовує витрати. У країнах Європи під нульовим обробітком налічується лише 1,1 млн га. Використовують три системи основного обробітку ґрунту – традиційну плужну, мінімальну і нульову з різними регіональними модифікаціями. Плужна система явно переважає, дві інші

поширені на невеликих площах. З кінця 90-х років прихильність європейських фермерів дещо змінюється на користь мінімального і нульового обробітків через загострення проблеми деградації ґрунтів – втрата гумусу, погіршення агрофізичних властивостей, розвиток ерозії тощо [147, 148].

З аналізу поширення системи “No-till” у світі можна зробити парадоксальні висновки. З одного боку ми маємо вражаючі результати, яких досягли країни Південної Америки, за короткий час перетворивши архаїчне відстале землеробство на сучасну високотехнологічну і продуктивну галузь, а з іншого – майже повне ігнорування цієї технології в Європі, у тому числі, такими розвиненими країнами, як Франція, Німеччина, Велика Британія.

Умови для застосування нульового обробітку з півдня на північ Європи погіршуються з-за перезволоження ґрунту, низьких температур весною і короткого вегетаційного періоду, що не сприяє ефективності цієї технології.

Найбільш сприятливими для нульового обробітку є добре дреновані ґрунти середнього гранулометричного складу, а важкі глинисті, піщані або пілуваті ґрунти менш відповідають даному обробітку через переущільненість (природну чи антропогенну). Але якщо піщані чи пілуваті ґрунти мають підвищений вміст органічної речовини, то можливість ефективного застосування нульового обробітку ґрунту на них зростає. На думку фахівців з європейського континенту, українські чорноземні ґрунти є ідеальним об’єктом для впровадження нульового обробітку.

До негативних чинників зниження рівня використання нульового обробітку можна віднести і, наприклад, підвищений рівень опадів на важких глинистих і піщаних холодних ґрунтах північної Європи. Південні посушливі і теплі регіони більш сприятливі для нульового обробітку, тим паче в даній місцевості зростає загроза водної ерозії (переважно через зливовий характер опадів). Тут нульовий обробіток ґрунту має безперечні переваги [149–151]. Дренування зі швидкого відведення надлишкової вологи навесні сприяє нульовому обробітку на всіх без винятку ґрунтах.

Досить часто, особливо в північних країнах Європи, ефективність нульового обробітку лімітують тривалість вегетаційного періоду та висота місцевості над рівнем моря. У країнах з пересіченим рельєфом (наприклад Норвегія) придатність території для цього обробітку різко змінюється на невеликих відстанях [152–158].

Як і всі технології, система “No-till” має і переваги, і суттєві недоліки, що найбільш повно, на наш погляд, висвітлено у роботі В.Ф. Сайка, А.М. Малієнка “Системи обробітку ґрунту в Україні” [6, 159]. Так, до переваг “No-till” автори відносять:

- Різке, у 3–5 разів, підвищення продуктивності праці;
- можливість проведення сівби польових культур у найкращі агротехнічні строки;
- скорочення витрат на оплату праці в 1,6 раза, придбання техніки – 1,5, пального – 2,2 раза. З урахуванням витрат на добрива, вапно, гербіциди та інсектициди, робочу силу економія сукупних витрат становить за даними зарубіжних країн 12 %;
- зниження рівня евтрофікації водойм завдяки обмеженню попадання в них елементів, які викликають бурхливий розвиток водоростей;
- захист ґрунтів від ерозії, дефляції і антропогенного переущільнення;
- можливість значного підвищення вмісту в ґрунті органічної речовини і гумусу;
- підвищення коефіцієнтів використання елементів живлення рослин з мінеральних добрив, у першу чергу фосфору (особливо за помірних доз внесення), завдяки локалізації добрив і кореневої системи і найбільш біологічно активному поверхневому шару в умовах достатнього зволоження;
- збереження ґрунтової вологи від втрат на фізичне випаровування;
- збагачення ґрунтів на мікро- і мезофауну, зокрема на дощові черв’яки, які відіграють важливу роль у формуванні родючості ґрунтів;
- зменшення емісії CO₂ в атмосферу внаслідок зниження витрат пального в річному циклі польових робіт;
- вилучання сотень мільйонів тон CO₂ з атмосфери і закріплення його у формі органічної речовини ґрунту;
- можливість підвищення за певних умов урожайності польових культур і зниження собівартості продукції рослинництва;
- вирівнювання поверхні поля задля покращення умов праці механізаторів і функціонування технічних засобів; зниження вібраційних навантажень на організм людини і метал.

Головні недоліки та застереження щодо системи “No-till”:

- зниження температури ґрунту навесні на 2,8–5,0°C за наявності на поверхні ґрунту післяжнивних решток, особливо після кукурудзи. При цьому етапи органогенезу польових культур зміщуються на пізніші строки. Виникає потреба посилення фосфорного живлення рослин, зміни строків сівби ярих;
- можливість перезволоження орного шару на ґрунтах, що слабо дреноуються, а це супроводжується різким зниженням їхньої біологічної активності. Компенсація цього недоліку досягається підвищенням дози азоту на 25–30 кг/га;
- погіршення умов роботи дренажних систем на осушуваних землях;
- зростання негативного прояву мікропонижень (“блюдець”) із зменшенням глибини обробітки і переходом на технології “нульового” обробітку, особливо в роки формування притертої льодяної кірки на озимих;
- можливість зниження польової схожості насіння внаслідок насичення посівного шару післяжнивними рештками, що супроводжується необхідністю підвищення норм висіву на 15–25%;
- підвищення витрат на боротьбу з бур’янами на 15–100% порівняно з загальноприйнятим обробітком, залежно від культури і типу сівозмін;
- погіршення дії ґрунтових гербіцидів у зв’язку з утриманням частини препаратів на післяжнивних рештках і з посиленою детоксифікацією діючих речовин у біологічно активному поверхневому шарі. Іноді причиною послаблення токсичності ґрунтових гербіцидів є підкислення ґрунту у верхньому шарі товщиною 10 см;
- посилення ризику появи резистентних до гербіцидів популяцій бур’янової флори за інтенсивного захисту посівів від бур’янів;
- створення напружених умов для підтримки сприятливого фітосанітарного стану посівів, що пов’язано з наявністю на поверхні ґрунту рослинних решток, на яких зберігаються джерела інфекції, залучаються шкідники, що відкладають на них яйця, складаються сприятливі умови для виживання шкідників у зимовий період;
- ускладнення боротьби з мишоподібними гризунами;

- можливий недобір урожаю і зниження якості зерна пшениці озимої з причин збіднення на поживні речовини нижньої половини орного шару та їх позиційної недоступності через пересихання верхнього шару товщиною 10 см;
- зниження ефективності підкормок азотом розкидним методом на фонах з великою кількістю на поверхні ґрунту рослинних решток. Із попаданням карбаміду на поверхню решток втрачається 1/3 азоту;
- ускладнення підтримки оптимальних фізико-хімічних параметрів родючості ґрунту за тривалого агрохімічного “навантаження” на поверхневий шар. Корекція цих параметрів за рахунок вапнування має здійснюватися меншими дозами й удвічі частіше, ніж за загальноприйнятого обробітку;
- спостерігається явище сезонної цементації зі значним підвищенням щільності будови ґрунту та різким зниженням продуктивності агрофітоценозів за значної виснаженості ґрунтів середнього і важкого гранулометричного складів без обробітку в перші роки, запровадження No-till системи. Відновлення оптимальних параметрів щільності ґрунту відбувається протягом 3–4 років;
- висока ціна техніки для прямого висіву, що є складною фінансовою проблемою для більшості господарств;
- запровадження технології No-till вимагає високої кваліфікації агрономічного і технічного персоналу;
- різка зміна технологій вирощування польових культур на значних площах нерідко супроводжується загостренням проблеми безробіття на селі;
- можливе підвищення рівня безробіття і в галузі сільськогосподарського машинобудування;
- посіви за технології No-till можуть бути протягом тривалого часу пожежонебезпечними.

Із впровадженням системи No-till забезпечуються умови, за яких ґрунт стає стійким до руйнування водою і вітром за рахунок захисту поверхні рослинними рештками або вегетуючими рослинами. При цьому, з одного боку, спостерігається збереження вмісту органічної речовини і гумусу, зменшення втрат ґрунтової

вологи на випаровування, а головне, економиться енергія і паливо. З іншого боку, за нульового обробітку зростає забур'яненість посівів, порушуються оптимальні фізико-хімічні параметри родючості ґрунту за посушливих умов, а отже, недобір урожаю. Найбільш гостро постає проблема є високих цін на придбання технічних засобів [160].

Ефективність вологозберігаючого механізму стерньового агрофону за нульового обробітку здебільшого визначається кількістю і фізичними властивостями рослинних решток, а також потужністю, пористістю і однорідністю мульчувального шару. Тому застосування No-till технологій обов'язково потребує створення постійно діючого суцільного мульчувального покриву з мертвих чи живих рослин за рахунок використання побічної продукції попередників, а також покривних (пожнивних, проміжних, сидеральних) культур та спеціальних технічних засобів для подрібнення листостеблової маси і рівномірного розподілу її на поверхні ґрунту [161].

У деяких регіонах півдня Іспанії, Італії і Греції з низькою кількістю опадів і підвищеною весняною температурою весною нульовий обробіток і постійний рослинний покрив сприяють більш ефективному використанню вологи. На відміну від цього, у північних холодних і перезволожених регіонах Європи виразна водоутримувальна здатність цієї технології, особливо на важких за гранулометричним складом ґрунтах, виглядає як негативний чинник – затримує сівбу і викликає азотне голодування рослин [162–167].

Серед застережень, які часто дискредитують нульовий обробіток, можна зазначити підвищення використання хімічних засобів захисту рослин через зростання забур'янення, ураження хворобами. Цей чинник має особливе значення в країнах чутливих і негативно налаштованих до хімізації агровиробництва взагалі. Наприклад, майже всі країни Північної Європи. За нульового обробітку встановлюють моніторинг глибини проникнення пестицидів у нижні горизонти кореневмісного шару, де вони тривалий час не розкладаються і згодом потрапляють у товарну продукцію, а також рівень накопичення мікотоксинів, резистентність та посилення стійкості бур'янів і хвороб до пестицидів [168–173].

У зв'язку із загостренням проблем щодо забур'яненості і розвитку хвороб, навіть там, де мінімальний і нульовий обробіток уже з успіхом випробувано, фермери для очищення полів через кожні 4–5 років виконують плужний

обробіток. Наприклад, у Данії оранку проводять періодично за мінімальної системи обробітку, в Чехії – за нульового обробітку; обговорюється необхідність використання більш стійких сортів сільськогосподарських культур, перш за все, пшениці озимої і кукурудзи. У деяких країнах навіть виникає думка про використання за нульової технології генно-модифікованих рослин стійких до гербіцидів суцільної дії (гліфосатів), ураження хворобами і пошкодження шкідниками. Як відомо, генно-модифіковані рослини заборонені в ЄС, тому часто з'являються виклики про доцільність їх використання та перегляду ставлення до них [135, 174, 175].

Більшість фермерів північних країн Європи негативно налаштовані до заборони спалювання стерні, що не передбачено нульовою технологією. Адже набагато легше з економічної точки зору спалити стерню і знищити при цьому збудників хвороб та личинки шкідників, аніж закуповувати пестициди [135].

Крім цього, польові культури по-різному реагують на нульовий обробіток. Найбільш сприйнятливими для вирощування за нульовою технологією є пшениця озима, кукурудза і жито, менше підходять ячмінь і інші зернові культури, майже недоцільний нульовий обробіток ґрунту для вирощування цукрових буряків і картоплі. У зв'язку з цим виникає негативний аспект поширення монокультурного землекористування, а в країнах Європи і без того домінує вирощування пшениці озимої, яка займає 50–60 % сівозмінних площ. А поширення нульової технології, навпаки, сприяє підвищенню тенденції монокультурності, що небажано для аграрного виробництва [174, 176].

Для запровадження нульового обробітку в господарствах необхідні спеціальні сівалки прямої сівби під рослинний покрив з можливістю одночасно внести мінеральні добрива, комбайн з подрібнювачем рослинних решток і обладнання для внесення пестицидів. До того ж за наявності переущільнення в підпосівному шарі необхідно мати знаряддя типу чизеля для додаткового обробітку піднасінного шару без порушення рослинного покриву або мульчі. У більшості західних країн усі необхідні технічні і хімічні засоби доступні, причому вони з'явилися у продажу майже одночасно з першими випробовуваннями новітніх технологій. Діюча техніка постійно удосконалюється, адаптується до ґрунтово-кліматичних умов і вирощуваних рослин. У східноєвропейських країнах

відповідного обладнання поки що мало і воно менш доступне, особливо для господарств України [177].

Сівалка для прямого висіву – найважливіший компонент у технології No-till порівняно з традиційними технологіями і системами землеробства, заснованими на полицевому основному обробітку ґрунту. Ринок України представлений досить широким набором засобів механізації – сівалками прямого висіву, які мають різні модифікації, будову і функціональні можливості залежно від умов їх використання.

Сьогоднішній існує дві принципово різні конструкції сівалок прямого висіву:

1) традиційної конструкції (сівалка має компактну будову – бункер для насіння і мінеральних добрив розміщений над сошниками; наприклад Кінзе, Грейт-Плейнз);

2) багатоконструкційні сівалки (бункер для насіння і добрив рознесені в просторі. Сошники кріпляться на рамі окремо від бункера для насіння і мінеральних добрив; наприклад Хорш АТД - 9.35).

За способом сівби сівалки розділяють на: 1) розкидні (розміщення насіння без рядків урозкид); 2) стрічкові (розміщення насіння стрічкою), наприклад Хорш АТД - 9.35; 3) рядкові (розміщення насіння рядами), наприклад Кінзе, Грейт-Плейнз, Масей Фергюсон.

На сівалки прямого висіву встановлюють наральникові і дискові сошники. Наральникові сошники поділяють на анкерні, кілевидні, долотоподібні, лапові (культиваторні); дискові – на одно- і дводискові. Найбільш універсальними вважаються дводискові сошники в поєднанні з дисковими ножами, які добре проникають у ґрунт. Водночас така сошникові група не завжди забезпечує надійне копіювання поверхні поля, тому сівалку оснащують опорно-прикочувальними колесами. На відміну від дискових сошників, анкерні якісніше формують насінневе ложе та борозну, однак вимагають ретельної підготовки ґрунту, тому їх застосовують за невеликої кількості соломи.

Для мінімальних технологій, які допускають наявність рослинних решток на поверхні поля, застосовують дискові та анкерні сошникові групи з тиском 50–100 кг, а за безпосередньої сівби в необроблений ґрунт найвищу якість забезпечують сошникові групи з притискним зусиллям більше 100 кг.

Досить поширеними є долотоподібні сошники. Завдяки невеликим розмірам, вони легко проникають у ґрунт незалежно від наявності рослинних решток на поверхні поля (сівалка DMC Primera).

Кожен сошник для забезпечення якісної сівби повинен мати здатність копіювати поверхню поля. Краще копіюють поверхню сівалки з традиційною компоновкою, гірше – багатокомпонентні сівалки з розміщенням сошників у декілька рядів на жорсткій рамі.

Для покращання якості сівби, незалежно від типу сошників для прямого висіву, кожен висівну секцію обладнують дисковими ножами, прикочувальними колесами та котками різних модифікацій.

Досить важливим елементом у висівній секції сівалки прямого висіву є дискові ножі перед сошниками, які повинні якісно розрізати рослинний покрив і не вдавлювати рослинні рештки в борозенку. В іншому випадку насіння погано контактує з ґрунтом і нерівномірно укладається за глибиною. Найкращим дисковим ножем (култером) вважають диск із зазубреним або хвилястим краєм, що забезпечує якісне розрізання рослинних решток.

Прикочуючі котки позаду сошника забезпечують надійний контакт насіння з ґрунтом, але зазначимо, надмірне переущільнення рядка може уповільнити появу сходів і навіть викликати їх загибель. Тому належно підбирають котки та відрегульовують їх тиск на ґрунт. Оскільки вологий ґрунт легко ущільнюється, то тиск котків повинен бути мінімальним, а за сівби в сухий ґрунт, навпаки, необхідне додаткове зусилля для прикочування.

Вирощуючи польові культури за технологією No-till, враховують принципові технічні відмінності спеціальних сівалок, обладнаних дисковими (Грейт-Плейнз, СДМ-2255, Кінзе, MF-8108) або лаповими (культиваторними) сошниками (АТД-9.35, СТС-6) різних модифікацій. До основних переваг дискових сівалок відносять збереження 90–95 % стерні на поверхні поля за рахунок вузькосмугового (2–4 см) обробітку під час підготовки насінневого ложа та низьку вірогідність забивання рослинними рештками, до недоліків – необхідність включення до комплектуючої схеми потужних дискових ножів (култерів). Сівалки з культиваторними сошниками типу Хорш АТД-9.35 ліпше знищують бур'яни та обробляють ґрунт, однак потребують ретельного подрібнення і рівномірного розподілу листостеблової маси попередника.

Неправильний вибір сівалки в поєднанні з іншими помилками в технології No-till підвищує ступінь ризиків порівняно з традиційною технологією на основі полицевого та мілкового обробітку ґрунту [4, 161, 174].

Досвід, який накопичено у світі, переконує в тому, що досліджувана технологія, незважаючи на деякі невирішені питання і негативні аспекти, має перспективи в країнах з високоінтенсивним механізованим землеробством, де орні землі переважно деградовані і виснажені. Головні переваги нульового обробітку – в енергозбереженні і ґрунтоохороні.

Опираючись на світовий досвід застосування системи землеробства No-till, можна визнати, що для України вона є ймовірно перспективною. Але з-за відсутності власних системних експериментів у різних ґрунтово-кліматичних зонах ця технологія сприймається обачливо, а окремі результати виробничих досліджень прямого висіву в степовій зоні не є достатніми для проведення узагальнення і висновків щодо всебічної її оцінки.

Значна частина виробників в Україні, які придбали сівалки прямого висіву, в останні роки копіюють закордонний досвід і технології системи No-till, допускаючись при цьому помилок, розчаровуються, часто проводять власні експерименти, використовуючи висівні комплекси після мінімального обробітку і навіть традиційного полицевого. Але це не може вважатися нульовою технологією, яка передбачає обов'язкове використання на поверхні ґрунту постійного рослинного покриття і повне виключення будь-яких обробітків у сівозміні. Відхилення від нульової технології зустрічаються досить часто, і не тільки в Україні. Наприклад, у Канаді після багаторічних трав поле обов'язково оброблюють плугом, а попередні і наступні культури вирощують за нульової технології. У північному Китаї кукурудзу вирощують без обробітку поля, а наступну культуру – пшеницю озиму висівають, знову ж таки, після обробітку ґрунту плугом. Саме тому нульову технологію точніше було б називати покривним землеробством, як це прийнято у Франції [178, 179].

Різноманітність ґрунтових умов, попередників, ступенів забур'яненості, рівнів агротехніки, розподілу природних ресурсів стали причиною неоднозначних, часом суперечливих висновків серед виробників та науковців стосовно ефективності нульового обробітку ґрунту.

Виходячи з нагальних проблем, перехід від традиційної технології на основі полицевого обробітку до системи No-till в Степу України має відбуватися поступово, з урахуванням культури землеробства, типу ґрунтів, матеріально-технічної бази та наукового забезпечення господарств.

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва у світі стрімко розвиваються ідеї точного землеробства. У науковій літературі термін “точне землеробство” має різні трактування, однак у першу чергу – це досконаліша система аграрного менеджменту, яка передбачає безперервний процес спостереження за основними об’єктами виробничого циклу – ґрунтом та рослинами – використовуючи новітні електронні засоби, зокрема з космічної навігаційної техніки (GPS) для роботи машинно-тракторних агрегатів та ін. [127, 180–182].

Значних успіхів у вирішенні технічного забезпечення технологій точного землеробства досягли фірми Amazone, Diadem, Case, Claas, Lely, Rotina та ін. В Україні також є певні результати в розробленні елементів точного землеробства [180]. Як приклад, виготовлено експериментальний зразок ґрунтообробного знаряддя, в основу конструкції якого покладено два основних принципи:

а) сепарація ґрунту після кришення з формуванням оптимального його агрегатного стану в шарі розміщення насіння;

б) узгодження швидкості обертання роторного органа з показниками динамометра. Останній у динамічному режимі визначає опір ґрунту, тобто реагує на стан його щільності, твердості та вологості, змінюючи відповідним чином швидкість обертання.

Одним із напрямів використання елементів точного землеробства в ланці обробітку ґрунту є розробка заходів механічного контролю бур’янів у посівах польових культур систем біологічного землеробства, де застосування гербіцидів заборонено. Культиватори обладнують новітніми сенсорними системами визначення індексу біомаси рослин (NDVI), з вибіркоvim знищенням бур’янів, але без негативного впливу на культурні рослини. Така технологія потребує значних фінансових вкладень, тому промислове запровадження її не на часі [127].

Інтенсивність і широкомасштабність запровадження точного землеробства в ланці обробітку ґрунту в Україні буде визначатись передусім економічною доцільністю, пропозицією на ринку доступних засобів механізації та

спеціалізованого обладнання, а також рівнем підготовки агрономічного персоналу з даного питання.

Отже, ефективне використання тієї чи іншої системи обробітку ґрунту залежить перш за все від стану ґрунтового покриву, вологості ґрунту, кліматичних умов місцевості, соціально-економічного стану країни.

1.2. Проблеми основного обробітку ґрунту та його завдання в сучасних умовах господарювання

Незважаючи на стрімкий розвиток агротехнологій та поступове зростання інтенсифікації землеробства, тобто широке застосування різноманітних сучасних добрив, пестицидів, меліорантів, заходів боротьби з ерозією ґрунту, надмірного використання машин за індустріальних технологій, основний обробіток ґрунту і надалі буде залишатися фундаментальним базисом будь-якої системи землеробства у вирощуванні польових культур.

Сучасні технології обробітку ґрунту, а саме нові ґрунтообробні агрегати за різних умов застосування (неоднакові ґрунти, кліматичні особливості), не задовольняють високої якості ґрунтообробітку та не цілком вирішують поставлені завдання щодо:

а) **ресурсо- та енергозбереження**, тобто економія паливно-мастильних матеріалів, колосальної кількості енергії на його проведення, часу, трудових ресурсів, що досягається за рахунок зменшення глибини обробітку ґрунту, використання широкозахватної техніки та комбінованих агрегатів;

б) **накопичення вологи та її збереження** – одне з найважливіших завдань, особливо в посушливих умовах Степу, яке значно залежить від погодних умов та регулюється мульчувальним обробітком ґрунту;

в) **боротьба з ерозійними процесами** (водна ерозія, дефляція), яка забезпечується збереженням рослинних решток попередників за максимального проективного покриття ними поверхні ґрунту, особливо на вітроударних силових землях зі слабкими лісосмугами, або за їх відсутності, а також за стрімкого танення снігу наприкінці зими чи навесні;

г) **збереження родючості ґрунтів**, яке досягається мінімальним обробітком ґрунту за рахунок скорочення мінералізаційних процесів та частково вирішується

залишенням рослинних решток попередників як альтернативного джерела поповнення органічної речовини у ґрунті, що покращує мікробіологічні процеси та сприяє природному ґрунтоутворенню;

д) **боротьба з бур'янами, шкідниками та хворобами** – надто важливе завдання обробітку ґрунту, адже падіння культури землеробства за останні десятиліття в Україні призвело до неконтрольованого підвищення потенційної засміченості ґрунтів в орному шарі вегетативними (150–300 тис. пагонів/га) та насіннєвими (0,5–1,0 млрд шт./га) органами розмноження, а також до збільшення чисельності та розповсюдженості шкідливих об'єктів в агроценозах;

е) **створення оптимальних агрофізичних умов ґрунту** (щільність, твердість, пористість та аерація ґрунту) для різних польових культур з метою покращання розвитку їх кореневої системи;

є) **створення сприятливих умов для висіву насіння** польових культур, а саме вирівнювання поверхні поля, розпушування ґрунту, знищення бур'янів, коткування, формування насіннєвого ложа за нульової технології тощо;

Отже, з огляду на сучасний соціально-економічний стан аграрного виробництва України, постійну зміну земельних відносин, подорожчання матеріальних і енергетичних ресурсів, виникає потреба в регулюванні систем землеробства, у тому числі і системи обробітку ґрунту, перш за все, в бік ресурсо- і енергозбереження шляхом ефективного використання природних біологічних факторів [183], захисту ґрунтів від ерозії [90, 184], ефективного внесення помірних доз мінеральних добрив [185–187], збереження та накопичення вологи в посушливих умовах [188], ґрунтозахисних систем обробітку ґрунту тощо. [125, 189, 190]

РОЗДІЛ 2.

ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Для успішного вирішення основних завдань землеробства, раціонального використання ґрунту з метою підвищення врожайності польових культур і збільшення валового збору продукції рослинництва з одночасним зниженням витрат на її виробництво, необхідно враховувати природні умови зони, де проводилася господарська діяльність.

Успішне ведення землеробства в будь-якому регіоні, насамперед, обумовлюється його агрокліматичними умовами та ґрунтовим покривом. Як зазначав В. В. Докучаєв: „Ґрунт і клімат – це основні і найважливіші чинники землеробства – перші та неминучі умови врожаїв ” [191]. Ґрунтово – кліматичні особливості впливають на цілий ряд показників: ріст, розвиток та врожайність культурних рослин, на послідовність та умови проведення польових робіт, продуктивність сільськогосподарських машин та знарядь праці.

Середньобагаторічні кліматичні умови північної підзони степової території коливаються у широких межах – гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за Селяниновим за травень – вересень змінюється від 0,89 до 0,68, річна кількість опадів – від 400 до 520 мм, у тому числі за холодний період листопад – березень – 120–210 мм, за травень–вересень – 200–265 мм; середня температура січня – від $-7,9$ до $-0,7$ °С, липня – від $20,8$ до $23,7$ °С, сума середніх добових температур вище 10°C за теплий період становить $2750\text{--}2950^{\circ}\text{C}$, у тому числі за травень–вересень – $2750\text{--}3050$ °С; тривалість періодів з середньодобовою температурою повітря понад 0 °С – $250\text{--}300$, 5°C – $210\text{--}245$, 10 °С – $160\text{--}195$, 15 °С – $120\text{--}145$, безморозного – $160\text{--}220$ днів (табл. 1) [71, 123, 124, 192].

Клімат території, де проводилися дослідження та висвітлені в монографії (ДПДГ «Дніпро» ІСГСЗ НААНУ), помірно континентальний зі значним коливанням погодних умов по роках. Середньорічна температура повітря $9,6$ °С тепла, з відхиленням в окремі роки від $8,4$ до $10,8$ °С.

Середньорічна кількість атмосферних опадів становить 509 мм і варіює від 420,7 до 832,7 мм. Основна їх частина (68 % річної суми) випадає протягом теплого періоду (квітень–жовтень) і значною мірою витрачається на випаровування, а також на стік унаслідок переваги зливого характеру дощів за хвилястого рельєфу місцевості.

1. Кліматичні параметри Північного Степу України

Місяці				t °C січня	Опади за рік, мм	Коефіцієнт інтенсивності і накопичення гумусу	
05–09		11–03				профільного накопичення гумусу	відносної акумуляції гумусу
сума t > 10 °C	ГТК	опади, мм	опади, мм				
Зона Північного Степу чорноземів звичайних							
2750–2950	0,68–0,89	200–265	120–210	-7,9– -0,7	400–520	0,055–0,065	0,68–0,97
Підзона степова північна – недостатньо зволожена чорноземів звичайних глибоких помірно добре гумусоаккумулятивних (ПСП-1)							
2750–2800	0,83–0,89	230–265	120–210	-7,9– -3,3	440–520	0,055–0,065	0,90–0,97
Підзона степова північно-центральна – помірно посушлива чорноземів звичайних середньогумусоаккумулятивних (ПСПЦ-2)							
2800–2900	0,76–0,82	215–240	120–210	-7,9– -2,0	400–500	0,055–0,065	0,80–0,89
Підзона степова південно-центральна – посушлива чорноземів звичайних помірно слабогумусоаккумулятивних (ПСПЦ-3)							
2900–2950	0,68–0,75	200–225	120–210	-5,5– -0,7	400–460	0,055–0,065	0,68–0,79

Пануючі південно-східні вітри у весняно-літні місяці приносять переважно пересушені маси повітря і часто викликають сильні посухи. Найбільша кількість днів із суховіями припадає на травень і липень. Сильні вітри зі швидкістю 10–20 м/с проявляються в середньому 15–20 днів на рік, при цьому іноді викликають пилові бурі, які різко знижують урожаю польових культур [193]. За посухи урожайність культур знижується на 10–50 %, і навіть більше. Імовірність середньої і сильної посухи в цілому по Степу становить 3–4 рази на 10 років. За останні 20 років кількість таких посушливих років збільшилася на 25 %, що слід враховувати під час розробки сучасних технологій вирощування польових культур [71].

Улітку спостерігається малоохмарна, жарка погода з високими температурами, максимум яких сягає 35–42 °С. Відносна вологість повітря утримується на рівні 40–50 %, знижуючись в окремі дні до 15–25 %. Восени зниження температури відбувається більш повільно, ніж наростання весною. Атмосферні опади не стабільні. Їх відсутність в цей час часто призводить до затримки і зрідження сходів озимих культур, слабкого розвитку рослин з осені. Імовірність дощів зливового характеру велика в червні–серпні [193].

Сума активних річних температур вище 10 °С у районі діяльності дослідного господарства становить 2900–3000 °С, тривалість безморозного періоду – 165–170 днів, що є достатнім для вегетації всіх польових культур.

Стійкий сніговий покрив безперервної тривалості більше одного місяця спостерігається порівняно рідко із-за частих відлиг. Не виключається і утворення льодяної кірки, яка зумовлює значне зрідження озимих і підвищений стік дощової і талої води.

Різке коливання позитивних і мінусових температур в окремі зими, за відсутності снігового покриву, призводить тут до вимерзання вологи, розпорошення поверхні ґрунту, що в умовах пануючих східних вітрів часто спричиняє сильні прояви вітрової ерозії. Пилові бурі різної інтенсивності тут бувають 1–2 рази на десять років, а локальна дефляція проявляється практично щорічно.

В останні десятиліття у світі, зокрема і в Україні, відбуваються помітні агрометеорологічні зміни в бік потепління клімату, що помітно відображається на вирощуванні польових культур, особливо на перезимівлі озимих. Так, за даними Т. І. Адаменко [194], період з температурою <0 °С зменшився на 20 днів. Незважаючи на деяке збільшення кількості опадів, сніговий покрив став нестабільним, а коливання температури від аномально високих до аномально низьких температур спричиняють абіотичні стреси рослин. М'який, теплий характер зими, особливо в північній частині степової зони, сприяє активації шкідників та хвороб польових культур [195]. Для весни характерне повільне наростання тепла в першій її половині і стрімке наростання в другій, за рахунок чого подовжується літній період. Для літа в цілому характерною особливістю є ріст температури повітря на 0,2–0,3°С відносно норми. З кожним роком

з'являються умови, за яких виникають посухи, зростає їх інтенсивність та екстремальність погодних умов [98, 196–198].

Одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур в Степу України значною мірою залежить від накопичення і правильного використання ґрунтової вологи. Головним джерелом її поповнення є атмосферні опади, які за часом випадання та кількістю розподіляються досить нерівномірно, навіть в межах невеликих територій (поле, господарство, район) [71]. Кліматичні зміни в бік потепління клімату та посушливих умов потребують пошуку оптимальних шляхів адаптації систем землеробства, в тому числі і центральної їх ланки – систем обробітку ґрунту.

Державне підприємство Дослідне господарство “Дніпро” Інституту сільського господарства степової зони НААН України, на базі якого виконувалася експериментальна частина досліджень, що висвітлені в монографії, розташоване в південно-східній частині Придніпровської височини (130 м над рівнем моря). За прийнятим агрокліматичним розподілом ця територія відноситься до північної підзони Степу України з недостатнім і нестійким зволоженням.

Для аргументованого наукового обґрунтування даних експериментальних досліджень, отриманих в стаціонарних дослідах, щодо ефективності мульчувального обробітку ґрунту, наведемо детальний аналіз погодних умов. Так, гідротермічні умови 2005–2013 рр. у зоні проведення дослідів характеризуються як складні, з нерівномірним розподілом елементів погоди в часі.

Рясні опади серпня і вересня 2006–2009 та 2011 років створили добрі передумови для одержання повноцінних сходів озимої пшениці, особливо на парових площах. Відсутність агрономічно корисних дощів у кінці літа та на початку осені 2005 р. обумовила зрідженість посівів озимини, однак опади жовтня та листопада суттєво покращили їх стан після всіх попередників. Аномально волога погода, зареєстрована восени 2012 р. (124,2 мм, або 3,4 норми), що істотно заважало вчасному проведенню комплексу агротехнічних робіт, знижувало якість основного обробітку ґрунту, особливо в разі застосування дискових і чизельних знарядь. Осінь 2006 та 2012 років відзначалася підвищеним температурним режимом повітря. Рослини пшениці озимої переросли, досягали висоти 30 см,

утворивши 5–10 пагонів, та припинили свою вегетацію лише 18 і 15 грудня відповідно.

Погода зимових періодів 2004/2005, 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012 та 2012/2013 років була теплою. Середньодобова температура повітря у грудні–лютому виявилася на 1-2,5 °С вищою від норми. Спостерігалися часті відлиги, коли вона піднімалася до +5–10 °С. Кількість опадів відповідно по роках становила 128, 57, 118, 216, 107, 92,5 та 136,1 % норми. Озими не зазнали холодового стресу, вчасно відновили вегетацію, інтенсивно росла і розвивалася.

Холодна погода спостерігалася взимку 2005/2006 року. Відхилення температури повітря від кліматичної норми, наприклад, у третій декаді січня становило мінус 9,0 °С, що наближалось до екстремальних значень місячної аномалії за історичний період спостережень. Потужній сніговий покрив (20–25 см) захистив озимі хліба від пошкодження морозом.

Зима 2006/2007 рр. видалася надзвичайно теплою. Протягом зимового періоду пшениця декілька разів відновлювала вегетацію, створилася загроза дострокового настання фази трубкування і пошкодження рослин від раптового зниження температури повітря до мінус 15-18 °С у третій декаді лютого. За зиму випало 78,8 мм опадів, що становить 59 % від норми.

Зима 2012/2013 року була також аномально теплою. Холодніше звичайного було лише в другій і третій декадах грудня, коли відхилення середньої температури повітря від кліматичної норми становило 2,6–4,3 °С з абсолютним мінімумом мінус 17,7 °С. Наявність снігового покриву і відсутність екстремальних морозів сприяли добрій перезимівлі озимини.

Березень 2005 р. видався холоднішим звичайного, в міру вологим. Прохолодна погода змінилася різким потеплінням у квітні за відсутності опадів. Аналогічна погода зберігалась у травні. Особливо посушливими були II і III декади місяця, коли дощі не випадали, температура повітря досягала 34 °С, а відносна вологість його знижувалася до 23–25 %. Спекотна погода негативно позначилася на утворенні вторинної кореневої системи, рості і розвитку ячменю ярого, особливо на збідненому агрофоні. Оподи червня та липня суттєво покращили стан підживлених азотом посівів ранніх зернових колосових культур, а також пшениці озимої по чистих парах.

Серпень був спекотним і бездощовим. У результаті сукупної дії абіотичних (грунтова і повітряна посухи в кінці весни та влітку) і біотичних (часткове ушкодження рослин білою та сірою гнилями) стрес-факторів урожайність насіння соняшнику в дослідях не перевищувала 22 ц/га.

Березень і травень 2006 р. були вологими, квітень – посушливим. Показники температури повітря у весняний період виявилися близькими до багаторічної норми. Влітку зареєстровано два тривалих бездощових періоди: з 18 червня по 14 липня та з 19 липня по 28 серпня включно. Особливо спекотним видався другий період, коли за 41 день випало тільки 6,5 мм опадів шаром 0,5-4 мм, які відразу випарувалися. Середньомісячна температура серпня була на 3 °С вище норми, а максимальні показники на поверхні ґрунту досягали 60 °С. Означені гідротермічні умови негативно впливали на продуктивність соняшнику.

Весна 2007 року була ранньою і посушливою. Останній продуктивний дощ (9,4 мм) пройшов 12 березня. Наступні опади до кінця травня випадали переважно шаром 0,5-4,0 мм і витрачалися на випаровування. Надзвичайно жаркою була третя декада травня, коли температура повітря підвищувалася до 35–36 °С, а відносна вологість його знижувалася до 19–20 %.

Пшениця озима, використовуючи запасні пластичні речовини на підтримання життєдіяльності рослин протягом тривалого часу, вийшла із зими дещо ослабленою, тому в травні і квітні спостерігалось локальне відмирання (випадання) пагонів. Посушлива погода прискорювала (на 10–12 днів) розвиток озимини порівняно зі середніми багаторічними строками проходження фенофаз. На кінець весни вона перебувала на XI етапі органогенезу, що відповідає фазі молочної стиглості зерна.

Температурний режим першого літнього місяця був близьким до норми. В 3-й декаді червня випали дощі (30–50 мм), які дещо покращили умови вегетації пізніх ярих культур. Однак у липні та серпні встановилася спекотна погода, при недоборі опадів налічувалося 39 днів з максимальною температурою повітря більше 30 °С. Несприятливі умови середини і кінця літа негативно позначилися на продуктивності кукурудзи та соняшнику.

Ранньою, теплою та вологою видалася весна 2008 року. Відновлення вегетації озимини відбулося 9 березня, середньомісячна температура якого виявилася на 4,9 °С вище норми. Кількість опадів за весну становила 173,8 мм.

Особливо дощовим був квітень, коли випало 91,7 мм (2,4 норми). За сприятливої метеоситуації сформувалися щільні високопродуктивні посіви озимої пшениці та ячменю ярого з підвищеною конкурентоспроможністю по відношенню до бур'янів.

Температурний режим першого літнього місяця був близьким до норми. Відмічався недобір опадів (31,9 мм), однак за достатньої кількості ґрунтової вологи це не приводило до пригнічення культурних рослин. У липні зареєстровано 76,7 мм опадів за норми 56 мм. Водночас у серпні встановилася спекотна погода, яка негативно вплинула на врожайність соняшнику в дослідах.

Початок весни 2009 р. був прохолодним, відновлення вегетації пшениці озимої відбулося 30 березня. Протягом місяця в окремі дні відмічалася зниження середньодобової температури повітря до плюс 1–2 °С, а мінімальної – до мінус 1–2 °С. Кількість опадів за весну дорівнювала 146,9 мм (1,2 норми), при цьому розподілялися вони в часі вкрай нерівномірно. Особливо посушливим був квітень, коли дощі практично не випадали, що негативно позначалося на рості та розвитку ранніх зернових колосових і зернобобових культур. Посуха квітня менше впливала на озимину, яка завдяки опадам травня сформувала високопродуктивні посіви, особливо по кращих попередниках.

У червні встановилася спекотна погода, за суттєвого недобору опадів (16 мм, або 25,8 % від норми) максимальна температура повітря сягала 35–38 °С, ґрунту – 59–62 °С. Посуха тривала до кінця другої декади липня. Несприятливі умови середини літа негативно позначалися на продуктивності соняшнику в дослідах, особливо на фоні без мінеральних добрив.

У 2010 р. відносно сухими слід вважати березень і квітень, вологим – травень. Кількість опадів за весну дорівнювала 104,4 мм (0,9 норми). Загалом метеоумови весняного періоду виявилися сприятливими для одержання повноцінних сходів ярих культур.

Протягом літа відмічено декілька періодів спекотної погоди. Вкрай посушливими були друга та третя декади липня, перша половина серпня, коли за відсутності дощів температура повітря сягала позначки 35–40 °С.

На початку весни 2011 р. погоду обумовлював потужний антициклон, який супроводжувався низькими нічними температурами повітря і недобором опадів. Відновлення вегетації озимої пшениці відбулося 31 березня. Досить повільне

прогрівання ґрунту у квітні викликало затримку на 5–10 днів сівби ранніх і пізніх ярих культур. Сума опадів весняного періоду становила 79,6 мм (70 % від багаторічної норми).

На початку літа (червень) пройшли рясні дощі зливого характеру (100,4 мм), які суттєво поповнили вологозапаси коренеактивного шару ґрунту. Кількість опадів у липні була близькою до норми, у серпні – нижче багаторічних показників. Протягом літа відмічено кілька періодів жаркої погоди. Особливо посушливими були друга і третя декади липня, коли максимальна температура повітря сягала позначки 34–36 °С, ґрунту – 57–60 °С. Загалом метеоситуація літніх місяців 2011 р. виявилася сприятливою для росту, розвитку і формування високої продуктивності пізніх ярих культур, зокрема кукурудзи на зерно та соняшнику.

Для березня 2012 р. зафіксовано показові різкі коливання плюсових (удень) і мінусових (уночі) температур повітря, що стримувало прогрівання ґрунту і обумовило деяке відтермінування початку весняно-польових робіт. Надзвичайно посушлива погода спостерігалась у третій декаді квітня, першій і другій декадах травня, коли відхилення від середніх багаторічних величин досягало плюс 6,7–7,9 °С, а відносна вологість повітря в окремі години знижувалася до 18–21%. Швидке зневоднення посівного та орного шарів ґрунту спричинило затримку сходів, зрідженість посівів і гальмування ростових процесів усіх без винятку польових культур.

Аномально жаркими видалися червень та липень. Висока середньодобова температура повітря (23–27 °С за норми 19–21 °С) з незначними (30 % від норми) опадами у часовому проміжку з 11.06 по 20.07. обумовили повітряно-ґрунтову посуху, яка співпала з критичним періодом водоспоживання кукурудзи та соняшнику. Означена метеоситуація негативно впливала на пилкоутворення і запліднення рослин, формування і налив зерна. За рівнем фактичної продуктивності посівів 2012 рік можна вважати вкрай несприятливим для вирощування як озимих, так і ярих культур.

Для березня 2013 р. були характерними різкі коливання плюсових і мінусових температур повітря, що стримувало прогрівання ґрунту і настання його фізичної стиглості. Посушлива погода спостерігалась у квітні–травні, коли відхилення від середніх багаторічних величин досягало плюс 3,7–5,4 °С, а відносна вологість повітря в окремі години знижувалася до 20–21%. Швидке зневоднення орного шару

грунту спричинило гальмування ростових процесів ранніх зернових колосових і зернобобових культур. Протягом квітня–травня недобір опадів становив 52,2 мм.

Помірний температурний режим був характерний для літнього періоду 2013 р. Жаркою виявилася лише третя декада червня, коли середньодобова температура повітря перевищувала багаторічну норму на 3,9 °С. Отриманню порівняно високої урожайності просапних культур сприяла також наявність близько 30 мм опадів у першій декаді липня, що співпадало з критичними періодами водоспоживання у кукурудзи та соняшнику.

Таким чином, за впливом елементів погоди на ріст, розвиток і врожайність пшениці озимої несприятливими були 2003, 2007, 2012 роки, ячменю ярого – 2005, 2007, 2009, 2012 роки, кукурудзи – 2012 р., соняшнику – 2005–2007, 2010 та 2012 роки.

Неоднорідність північної території степової зони в геоморфологічному, літогранулометричному і кліматичному відношеннях обумовлює адекватну зміну ґрунтового покриву, що визначає необхідність районування за ґрунтово-екологічними ресурсами з метою їх ефективного використання.

Північний Степ диференціюється на три підзони: 1) північну – недостатньо зволожену з $ГТК_{V-IX} = 0,83-0,89$ чорноземів звичайних глибоких добре гумусоакумулятивних з параметрами $КВАГ = 0,90-0,97$; 2) північно–центральну помірно посушливу з $ГТК_{V-IX} = 0,76-0,82$ чорноземів звичайних середньогумусоакумулятивних ($КВАГ = 0,80-0,89$); 3) південно–центральну засушливу з $ГТК_{V-IX} = 0,68-0,75$ чорноземів звичайних помірно слабогумусоакумулятивних ($КВАГ = 0,68-0,79$) табл. №1 [123].

Пануючими ґрунтоутворюючими породами в Степу є леси, які за гранулометричним складом відносяться до важкосуглинкових, місцями середньосуглинкових, а на терасах долин – до легкосуглинкових материнських порід. Ґрунтовий покрив у північній частині представлений чорноземами, а в південній – каштановими ґрунтами, поблизу Сиваша, Чорного і Азовського морів. Найбільшу площу степової зони займають чорноземи звичайні – 10,4 млн га, які сформувалися під різнотравно-типчакково-ковильною рослинністю в підзоні північного Степу.

Із посиленням посушливого клімату потужність гумусового горизонту в цих ґрунтах поступово зменшується, тому чорноземи звичайні поділяють на

потужні (85–110 см), середньопотужні (65–85 см) і малопотужні (45–65 см), а за кількістю гумусу – на середньогумусні і малогумусні [193–201].

Основними ґрунтотворними породами в районі діяльності дослідного господарства буровато-палеві леси, порівняно рихлі, карбонатні. Механічний склад їх по профілю неоднорідний: до глибини 140–180 см середньосуглинковий, або важкосуглинковий до 400–450 см – нерідко важкосуглинковий, глибше – легкосуглинковий. Виділення гіпсу і легкорозчинних солей по профілю до глибини 6–7 м не виявлено. Ґрунтові води залягають на глибині 20 м.

У ґрунтовому покриві господарства переважають чорноземи звичайні малогумусні повнопрофільні важкосуглинкового гранулометричного складу.

Для характеристики морфологічних особливостей повнопрофільного чорнозему доцільно навести дані польового опису розрізу дослідної ділянки:

- | | |
|----------------------------|--|
| Н 0–40 см | Темно-сірий, пухкий, важкосуглинковий, 0–29 см (орний) пороховидно-комкувато-зернистий з брилистими окремостями, зустрічаються червороїни і рідше кротовини; 29–40 см (підорний) – комкувато-зернистий. Перехід в горизонт НР ₁ поступовий. |
| НР ₁ 40–64 см | Світло-сірий. З бурим відтінком, неоднорідний по кольору, переритий, пухкий, зернисто-оріхувато-комкуватий, перехід в горизонт НР ₂ поступовий. |
| НР ₂ 64–80 см | Бурий, неоднорідний по кольору, ущільнений, комкувато-оріхуватий, переритий, по ходах землерійок і кореневищах – карбонатна пліснява. Перехід у горизонт РН _к поступовий. |
| РН _к 80–128 см | До 105 см палево-бурий, дуже неоднорідний по кольору внаслідок великої переритості, пухкий, карбонати переважно у вигляді плісняви, з 105 до 128 см буровато-палевий лес, слабогумусований, рідкі кротовини, карбонати у вигляді білоглазки. Перехід у горизонт Р _к поступовий. |
| Р _{1к} 128–350 см | Бурувато-палевий лес, ущільнений, карбонати у вигляді рідкої, добре окресленої білоглазки. Перехід помітний. |
| Р ₂ 350–500 см | Бурувато-палевий зі сірим відтінком лес, дещо неоднорідний по кольору. Перехід у наступний горизонт різкий. |
| Р _{3с} 500 см | Палевий, однорідний по кольору, легкосуглинковий лес. |

Закипання від 10 % соляної кислоти з 64 см, карбонати у вигляді плісняви з 64 до 95 см, у вигляді білоглазки з 95 см. Загальна глибина гумусного горизонту 74–85 см.

Механічний склад чорнозему середньосуглинковий (табл. 2), уміст фізичної глини (частинок менше 0,01 мм) становить 45,4–48,5 %, мулистої фракції (частинок менше 0,001 мм) – 27,1–29,5 %.

2. Механічний і мікроагрегатний склад чорнозему на дослідній ділянці ДПДГ “Дніпро”

Глибина, см	Втрата від обробітку НСІ, %	Розмір фракцій, мм							Коефіцієнт дисперсності за Н.А. Качинським
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01	
Механічний склад, %									
0–10	1,9	0,1	5,7	48,8	8,9	12,5	27,1	48,5	-
50–60	3,3	0,1	3,6	47,6	9,0	7,4	29,0	45,4	-
140–150	16,0	0,1	4,8	34,5	6,4	8,7	29,5	44,6	-
Мікроагрегатний склад, %									
0–10	-	4,4	24,6	55,3	8,7	3,3	3,7	15,9	13,7

По профілю механічний склад чорнозему неоднорідний, до глибини 100–120 см спостерігається поступове зменшення кількості фізичної глини і мулу, того часу як до 360–400 см – помітне збільшення, а ще глибше різке зменшення. Профільна шаруватість механічного складу і різний ступінь вивітрювання окремих шарів підкреслює періодичність відкладень лесу в південно-східній частині Придніпровської височини.

Зістаставлення даних механічного і мікроагрегатного аналізів показує, що в чорноземах дослідної ділянки основна частина мулистих фракцій скоагульована в мікроагрегати, серед яких переважають фракції розміром 0,01–0,05 та 0,05–0,25 мм. З глибиною коефіцієнт дисперсності збільшується.

Уміст гумусу в орному шарі – 4,2 %, з глибиною цей показник постійно знижується. Запаси гумусу в метровому шарі повнопрофільного чорнозему становлять 397,8 т/га. В орному шарі (0–30 см) сконцентровано 42, у півметровому – 65 % цих запасів (табл. 3).

3. Валовий уміст і запаси гумусу, азоту і фосфору в чорноземах дослідної ділянки ДПДГ “Дніпро”

Глибина, см	Гумус		N		C:N	P ₂ O ₅	
	%	т/га	%	т/га		%	т/га
0–10	4,30	49,84	0,23	2,7	11,4	0,12	1,4
10–20	4,15	51,06	0,23	2,8	11,6	0,12	1,5
20–30	4,25	53,93	0,23	2,9	11,6	0,12	1,5
30–40	3,98	49,7	0,22	2,7	10,5	0,12	1,5
40–50	3,62	47,4	0,21	2,7	10,0	0,12	1,5
50–60	2,85	39,0	0,17	2,3	9,7	0,12	1,5
60–70	2,40	33,8	0,14	2,0	9,9	0,12	1,6
70–80	1,86	26,4	0,12	1,7	9,0	0,12	1,6
80–90	1,62	22,7	0,11	1,5	8,5	0,10	1,6
90–100	1,28	17,4	0,09	1,2	8,2	0,10	1,4
0–30	-	154,8	-	8,4	-	-	4,4
0–50	-	258,5	-	13,8	-	-	7,4
0–100	-	397,8	-	22,5	-	-	14,9

Валового азоту в орному шарі чорнозему небагато (0,23 %), у більш глибоких шарах його кількість поступово зменшується. Співвідношення вуглецю до азоту коливається в межах 11,4–11,6. Унаслідок невеликих валових запасів азоту розміри накопичення його рухомих форм у ґрунті, особливо після непарових попередників, обмежені. Нітрифікаційна здатність чорнозему максимальних значень досягає в орному шарі (17–20 мг/кг). У підорному шарі (30–40 см) вона в більшості випадків різко зменшується (до 4–6 мг/кг), у перехідному горизонті (40–60 см) – незначна (0,8–4,0 мг/кг). Відзначимо, що даний показник динамічний і багато в чому залежить від вихідних запасів нітратів у ґрунті, культури і строків визначення.

Валовий уміст фосфору в межах гумусового горизонту (0–80 см) однорідний – 0,12 % і з глибиною помітно понижується. Рухомого фосфору за

Чириковим в орному шарі достатня кількість (100–150 мг/кг P_2O_5). Обмінний калій (K_2O) за Масловою в чорноземі дослідної ділянки становить 200–300 мг/кг.

Реакція ґрунтового розчину гумусового горизонту чорнозему близька до нейтральної (рН водної суспензії 6,75), перехідного горизонту – слаболужна (7,30–7,97). З глибиною значення рН постійно збільшується, а з 200–300 см реакція ґрунтового розчину стає лужною (табл. 4).

4. Загальні агрохімічні показники чорнозему дослідної ділянки ДПДГ “Дніпро”

Глибина, см	рН водної суспензії	CaCO ₃ , %	Поглинуті основи мг-екв/100 г ґрунту			
			Ca	Mg	Na	сума
0–10	6,75	0,6	29,8	2,9	0,3	33,0
45–55	7,30	1,1	28,7	2,4	0,3	31,4
67–77	7,97	1,1	23,9	2,2	0,1	26,2
140–150	7,90	13,1	17,1	5,1	0,1	22,3
290–300	8,20	8,1	13,9	13,2	0,2	27,3
500–510	8,50	12,7	8,1	4,0	0,2	12,3

Карбонатів у гумусовому і у верхній частині перехідного горизонту небагато (до 60-70 см, тобто 0,6–1,1 %. У глибших шарах їх кількість спочатку різко збільшується, сягаючи максимуму на глибині 140–150 см, потім до глибини 290–300 см зменшується, а нижче знову зростає. Поглинальні основи представлені в основному кальцієм і магнієм. Із поглибленням їх кількість поступово зменшується.

Склад гумусового і верхньої частини перехідного горизонтів (НР₁ до глибини 60 см) пухкий (табл. 5).

Питома вага ґрунту тут становить 2,62–2,66 г/см³, а з глибиною цей показник поступово підвищується. Щільність ґрунту дорівнює 1,18–1,27 г/см³, у більш глибших шарах (нижче 60 см) вона спочатку підвищується, а потім дещо зменшується і вирівнюється. Підвищена щільність у шарі 70–130 см пояснюється, імовірно, ілювіюванням карбонатів, які заповнюють значну частину пор і цементують ґрунтові агрегати. Щільність орного шару (0–30 см) динамічна і

багато в чому залежить від вологості ґрунту, культури, способів обробітку ґрунту і добрив. Загальна шпаруватість чорноземів гумусового і верхньої частини перехідного горизонтів досить висока (52,3–55 %), у більш глибоких шарах із збільшенням щільності вона знижується до 48,0–49,6 %.

5. Водно-фізичні властивості чорнозему дослідної ділянки ДПДГ “Дніпро”

Глибина, см	Питома вага, г/см ³	Об’ємна маса ґрунту, г/см ³	Загальна шпаруватість, %	Максимальна гігроскопічність, %	ВВ		НВ		ДАВ при НВ, мм
					%	мм	%	мм	
0–10	2,62	1,18	55,0	9,1	12,3	14,5	30,5	36,0	21,5
10–20	2,62	1,26	51,9	9,0	12,3	15,5	28,6	36,0	20,5
20–30	2,62	1,27	51,5	9,3	12,5	15,9	28,1	35,7	19,8
30–40	2,63	1,27	51,7	9,5	13,1	16,6	26,2	33,3	16,7
40–50	2,64	1,26	52,3	9,6	13,4	16,9	25,2	31,7	14,8
50–60	2,66	1,27	52,3	9,7	13,5	17,1	24,8	31,5	14,4
60–70	2,66	1,33	50,0	9,6	13,5	17,9	23,0	30,6	12,7
70–80	2,66	1,35	49,3	9,6	13,6	18,3	23,1	31,2	12,9
80–90	2,67	1,40	47,6	9,3	13,0	18,2	22,8	31,9	13,7
90–100	2,68	1,37	48,9	9,2	12,5	17,1	22,9	31,4	14,3
100–110	2,69	1,40	48,0	9,1	12,3	17,2	23,0	32,2	15,0
110–120	2,70	1,39	48,5	9,0	12,1	16,8	23,4	32,5	15,7
120–130	2,70	1,36	49,6	9,5	12,5	17,0	23,4	31,8	14,8
130–140	2,70	1,33	50,8	9,3	13,2	17,5	22,6	30,1	12,6
140–150	2,70	1,35	50,0	10,1	13,7	18,5	22,6	30,5	12,0
0–30	-	-	-	-	-	45,9	-	107,7	61,8
0–50	-	-	-	-	-	79,4	-	172,7	93,3
0–100	-	-	-	-	-	168,0	-	329,3	161,3
0–150	-	-	-	-	-	255,0	-	486,4	231,4

Вологість стійкого в’янення (ВВ) гумусового горизонту чорноземів дослідної ділянки становить 12,3–13,1 %, глибших шарів 13,0–14,0 %. Зміна вологості стійкого в’янення (ВВ) по шарах прямо корелює зі зміною механічного складу ґрунту. Уміст непродуктивної вологи (при ВВ) у півтораметровому шарі –

255,0 мм, у шарі 0–50 см – 79,4 мм. Найменша польова вологоємкість (НВ) у півтораметровому шарі за вологості, відповідній НВ, становить 486,4 мм. Діапазон активної вологи (ДАВ) при НВ у шарі 0–150 см у чорноземі становить 231,4 мм [193].

З наведеної характеристики ґрунту дослідної ділянки можна зробити висновок, що він має достатньо потужній гумусовий горизонт, порівняно не важкий механічний склад, сприятливі для більшості польових культур реакцію ґрунтового розчину і склад поглинальних основ, а також середній і підвищений уміст рухомих форм фосфору і калію.

Дослідження проводили в двох стаціонарних дослідках. У першому стаціонарному досліді у двох короткоротаційних сівозмінах: чистий пар–пшениця озима–ячмінь ярий та чистий пар–пшениця озима–соняшник. Вивчали ефективність різних способів основного обробітку ґрунту в чистому парі (чорний, ранній) після соняшнику та ячменю: **а) полицевий** (25–27 см) – ПО-3-35, ПЛН-4-35; **б) плоскорізний** (12–14 см) – КР-4,5, або КШН-5,6 ”Резидент“; **в) чизельний** (25–27) – канадським чизель–культиватором Conser Till Plow з С- подібними підпружиненими стійками і напівгвинтовими наральниками – чизелями шириною 90 мм з відстанню між ними 45 см і плоскими дисками діаметром 515 мм, поставленими прямо через кожні 20 см; **г) дисковий** (мульчувальний) (8–10 см) – БДВ-3.

У посівах соняшнику та ячменю ярого вивчали ефективність двох способів обробітку ґрунту: **а) полицевий** (20–22 см) – ПО-3-35, ПЛН-4-35; **б) плоскорізний** (12–14 см) – КР-4,5 або КШН-5,6 ”Резидент“. Крім способів обробітку ґрунту під дані культури, в сівозмінах короткої ротації також досліджували дві системи обробітку, а саме: **а) полицеву** – передбачала застосування щорічно під усі культури сівозміни полицевої оранки; **б) мілку (мульчувальну)** – передбачала чергування полицевої оранки, чизелювання, плоскорізного розпушування та дискування в сівозміні. На всі системи обробітку ґрунту накладались також дві системи удобрення: а) рослинні рештки (без внесення мінеральних добрив); б) рослинні рештки + мінеральні добрива згідно з агрохімічною діагностикою ґрунту.

У другому стаціонарному досліді в п’ятипільній зерно-паро-просапній сівозміні (чистий пар–пшениця озима–соняшник–ячмінь ярий–кукурудза на

зерно) вивчали ефективність трьох систем обробітку ґрунту: **а) полицеву** – передбачала застосування щорічно під усі культури сівозміни полицевої оранки на 20–22, 23–25, 25–27 см; **б) диференційовану** – поєднання різних способів обробітку ґрунту в сівозміні, а саме: полицевої оранки (23–25 см), чизелювання (14–16 см), плоскорізного розпушування (12–14 см) та дискування (10–12 см); **в) мілку (мульчувальну)** – така сама диференційована, але замість чорного пару використовується ранній з весняним плоскорізним розпушуванням на 12–14 см; решту обробітків виконували на дещо меншу глибину порівняно з диференційованою. Крім цього, дослід виконували на трьох фонах живлення: а) рослинні рештки (без внесення мінеральних добрив); б) рослинні рештки + $N_{30}P_{30}K_{30}$; в) рослинні рештки + $N_{60}P_{30}K_{30}$.

Як у першому, так і в другому стаціонарних дослідах на полі залишали всю подрібнену листостеблову масу попередників без відчуження з поля та проводили її загортання цими знаряддями на фоні без добрив та з внесенням мінеральних елементів живлення.

РОЗДІЛ 3.

АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПРОТИДЕФЛЯЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ГРУНТУ ПІД ВПЛИВОМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

Сучасна теорія обробітку ґрунту базується на обґрунтованому узгодженні агрофізичних властивостей і потреб вирощуваних польових культур до оптимальних їх параметрів. Тому важливою агрофізичною основою будь – якого способу та системи обробітку ґрунту є створення в першу чергу оптимальних умов щільності, пористості, твердості, структурного стану, які невід’ємно пов’язані між собою та мають значний вплив на вологонакопичення, родючість та протиерозійну стійкість ґрунту до антропогенних, агротехнологічних факторів впливу.

3.1. Структурний стан

Структурний склад ґрунту – це сукупність ґрунтових агрегатів різної величини, форми, міцності та зв’язності, властивих певному ґрунту. Ґрунтовий агрегат у свою чергу складається з первинних часточок або мікроагрегатів, з’єднаних між собою внаслідок коагуляції колоїдів, склеювання, злипання [202].

Одним із важливих показників родючості ґрунту називають його структурний склад за доброї оструктуреності ґрунту найбільш повно забезпечуються потреби рослин у воді та поживних речовинах. Добре оструктурені ґрунти гарантують вищий рівень вологості та вологопроникності, відрізняються високим відсотком шпаруватості, завдяки чому краще утримують вологу, менше підлягають впливу дефляції. Для структурних ґрунтів характерний сприятливіший водно-повітряний та тепловий режими, що зумовлює інтенсивну мобілізацію поживних речовин та підвищення рівня життєдіяльності мікрофлори [203, 204].

Ґрунт, який складається з агрегатів розміром від 0,25 до 10 мм і займає в наважці більше 70 %, називають структурним. Тільки такий ґрунт може забезпечувати належні водно-повітряний і поживний режими. Малородючими вважають ті ґрунти, які містять менше 20 % структурних агрегатів [205]. На думку С. І. Долгова [206] і П. І. Бахтіна [207], відмінно оструктурені ґрунти повинні

містити більше 80 % агрономічно цінних і більше 70 % водотривких агрегатів; добре оструктурені – 80–60 % цінних і 70–55 % водотривких; задовільно оструктурені – 60–40 % цінних і 55–40 % водотривких агрегатів.

Різні автори досліджень дотримуються неоднакових точок зору щодо розмірів агрономічно цінної фракції ґрунту. Так, В. Р. Вільямс [208] відносив до неї агрегати розміром від 1 до 10 мм, М. А. Качинський [209, 210] та І. Б. Ревут [211] – частки розміром 0,25-7,0 мм. Деякі дослідники вважають, що для умов посушливої зони кращі водно – повітряні властивості створюються у ґрунті з розміром грудок від 0,25 до 3,0 мм [212, 213].

Структура ґрунту це динамічна величина, яка залежить від особливостей вирощуваної культури, способів обробітку ґрунту та вмісту органічної речовини в ньому. Цей показник може суттєво змінюватися протягом вегетації. Обробіток ґрунту призводить, з одного боку, до руйнування ґрунтових агрегатів, з іншого, навпаки, викликає утворення грудок та сприяє посиленню їх міцності.

Процеси руйнації та відтворення структури в польових умовах діють одночасно, тому важливими заходами, спрямованими на підтримку оструктуреності ґрунту, є правильний добір культур у сівозміні, система обробітку ґрунту, внесення органічних та мінеральних добрив, а також меліоративні заходи [204, 214–216].

Головне завдання обробітку ґрунту – це збереження та мінімальне руйнування структури ґрунту, створення сприятливих умов для прискореного її відновлення. Різні способи та системи обробітку по-різному впливають на показники структурного стану ґрунту [217, 218].

На думку В. Р. Вільямса [219], полицева оранка забезпечує оптимальні параметри структури за рахунок вивертання у верхню частину нижніх, найбільш структурних шарів ґрунту і, навпаки, заорювання в нижні шари мало структурного верхнього шару. При цьому забезпечуються найкращі умови для росту і розвитку польових культур. Але за даними більшості дослідників [73–75, 220–223], навпаки, оптимальні параметри структури забезпечуються за плоскорізного та мілкого обробітку ґрунту порівняно з полицевим за рахунок меншої глибини обробітку і малопорушеного робочими органами ґрунтообробних знарядь ґрунту та наявності органічних решток у верхніх шарах, які зменшують техногенний вплив на нього.

Велике значення у збільшенні кількості структурних агрегатів має коренева система рослин. Культури суцільного висіву, які пронизують ґрунт густою сіткою коренів (пшениця озима, ячмінь, люцерна) оструктурюють ґрунт, на відміну від просапних культур (кукурудза, соняшник, цукрові буряки), де навпаки, відбувається руйнування структури внаслідок міжрядних культиваций та тиску коліс техніки. Кореневі волоски рослин розклинають ґрунт на мікроструктурні агрегати, покращуючи при цьому його структурний стан. Компостування ґрунту з рослинними рештками попередника підвищує водостійкість структури, так як у процесі розкладання органічних решток мікроорганізми виділяють сполуки, які склеюють елементарні ґрунтові часточки в агрегати [224].

Згідно з дослідженнями проведеними в Північному Степу в зерно-паро-просапній сівозміні, структурний стан чорнозему весною кращим був на чорному парі після стерньового попередника (ячмінь ярий), порівняно з паром після просапних культур (соняшник), особливо на ділянках, екранованих соломною та падалицею (мульчувальний обробіток), де вміст грудочок розміром 10-0,25 мм в орному шарі дорівнював 90,7 % (табл. 6). Зниження їх кількості за полицевого обробітку в цей період пояснюється недостатньою захищеністю агрофону рослинними рештками і неякісною роботою плугів на зневодненому ґрунті восени. Утворення надмірної брилуватості скиби повністю нівелює переваги оранки, пов'язані з виносом на поверхню нижніх, більш оструктурених горизонтів. Для необробленого ґрунту (ранній пар) на початку весняно-польових робіт характерним було переважання в орному шарі (порівняно із зябом) окремоостей розміром понад 3 мм, що є позитивним з точки зору протидії різним видам ерозії. Ці дані підтверджуються також дослідженнями І. А. Пабата [90].

Перехід від чорного пару до раннього на тлі мульчування поверхні ґрунту пожнивними рештками попередника поліпшує структуру чорнозему звичайного в часі, зокрема знижує розпорошеність шару 0–10 см, який безпосередньо підлягає антропогенному тиску, до безпечної позначки 6,0–7,7 %. Уміст агрономічно цінних агрегатів величиною 10–0,25 мм у ґрунті, навпаки, зростав порівняно з оранкою та чизелюванням і сягав у кінці парування високої позначки – 88–90 %. За рівнем цих показників можна припустити, що за позитивного балансу біогенних сполук, наявності достатньої кількості енергетичного матеріалу і відсутності ерозії відтворення структури ґрунту на ранніх парах відбувається в

режимі саморегуляції, властивому природним аналогам перелогу чи цілини, як це, зокрема, стверджує у своїх роботах В. В. Медведєв [225].

6. Структурно-агрегатний склад ґрунту в чистому парі після соняшнику та ячменю, % від вихідного

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Розмір агрегатів на початок парування, мм			Коефіцієнт структурності	Розмір агрегатів на кінець парування, мм			Коефіцієнт структурності
		>10,0	10,0-0,25	<0,25		>10,0	10,0-0,25	<0,25	
Пар після ячменю (середнє за 2005-2009 рр.)									
Дисковий (мульчувальний)	0–10	6,0	91,4	2,6	10,6	4,7	87,5	7,8	7,0
	0–30	7,5	90,7	1,8	9,8	6,8	88,4	4,8	7,6
Чизельний	0–10	7,4	89,0	3,6	8,1	5,6	86,9	7,5	6,6
	0–30	9,3	88,3	2,4	7,5	7,8	87,6	4,6	7,1
Полицевий	0–10	8,7	87,6	3,7	7,0	4,9	87,9	7,2	7,2
	0–30	10,3	87,3	2,4	6,9	7,3	88,2	4,5	7,4
Безполицевий (ранній пар)	0–10	10,6	87,0	2,4	6,7	4,0	90,0	6,0	9,0
	0–30	11,9	86,6	1,5	6,5	6,5	89,6	3,9	8,6
НІР _{0,95} для шару 0–30 см, %		0,8	1,1	0,6	-	0,6	1,1	0,4	-
Пар після соняшнику (середнє за 2005-2009 рр.)									
Чизельний	0–10	11,6	85,0	3,4	5,6	5,5	86,5	8,0	6,4
	0–30	11,0	86,5	2,5	6,4	7,1	87,0	5,9	6,7
Полицевий	0–10	12,4	84,7	2,9	5,5	5,9	85,7	8,4	6,0
	0–30	12,4	85,6	2,0	5,9	6,2	88,3	5,5	7,5
Безполицевий (ранній пар)	0–10	12,1	84,3	3,6	5,4	4,8	87,5	7,7	7,0
	0–30	11,2	86,4	2,4	6,4	6,6	88,4	5,0	7,6
НІР _{0,95} для шару 0–30 см, %		0,6	0,9	0,4	-	0,7	1,0	0,5	-

По парі після кукурудзи перевагу також мав ранній пар з умістом у ґрунті навесні 87 % цінних структурних агрегатів (10–0,25 мм) проти 78,1 % за оранки та 80,3 % за дискового обробітку, що більше відповідно на 9,1 та 6,7 %. У ранньому парі зменшився й уміст крупної фракції (>10 мм) – на 5,4–7,9 % та пилу на 1,7–2,0 %. (табл. 7).

У чорному парі на ділянках, де був проведений полицевий обробіток і дискування восени, відмічено незначне зростання у верхньому шарі ґрунту макроагрегатів (>10 мм) – 10,2–12,2 %, та збільшення пилу (<0,25 мм) до 8,9 %.

7. Показники структурно-агрегатного складу ґрунту в чистому пару після кукурудзи (середнє за 2010-2013 рр.)

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх уміст (%) початку парування				Коефіцієнт структурності	Фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх уміст (%) на кінець парування				Коефіцієнт структурності
		>10	10–0,25	<0,25	<1,0		>10	10–0,25	<0,25	<1,0	
		Полицевий	0–10	12,2	86,5		1,3	7,0	6,4	5,8	
10–20	21,9		77,7	0,4	3,0	2,5	8,9	87,4	3,7	13,5	6,9
20–30	21,1		70,1	8,8	11,2	2,3	7,7	88,0	4,3	18,0	7,5
0–30	18,4		78,1	3,5	7,1	3,5	7,5	87,2	5,3	17,4	6,8
Дисковий	0–10	10,2	80,9	8,9	15,4	4,2	8,4	84,6	7,0	19,4	5,5
	10–20	17,4	81,0	1,6	5,9	6,8	8,9	88,3	2,8	9,9	7,5
	20–30	20,1	79,1	0,8	4,1	3,8	9,1	87,1	3,8	17,3	6,8
	0–30	15,9	80,3	3,8	8,5	4,1	8,8	86,7	4,5	15,5	6,5
Плоскорізний (ранній пар)	0–10	10,5	87,6	1,9	18,5	7,1	8,3	86,4	5,3	19,6	6,4
	10–20	9,7	87,6	2,8	15,5	7,0	7,4	89,5	3,2	16,1	8,4
	20–30	11,2	88,0	0,8	9,0	7,3	6,4	88,9	4,7	16,8	8,0
	0–30	10,5	87,7	1,8	14,3	7,1	7,3	88,3	4,4	17,2	7,5
НІР _{0,95} для шару 0–30 см, %		4,4	6,7	1,4	4,8	-	1,5	1,0	0,7	1,6	-

На кінець парування як в першому, так і в другому досліді показники структурності ґрунту тільки покращувалися внаслідок мінералізації значної кількості рослинних решток попередника та оптимальних умов зволоженості в парі. Причому більш інтенсивно оструктурювався ґрунт на полицевому та дисковому обробітку, тобто на тих обробітках, які мали гірші вихідні параметри структури навесні.

Перед посівом пшениці озимої незалежно від способів обробітку пару та його передпопередника складаються оптимальні умови структурного стану ґрунту, за яких гарантується вміст значної кількості цінних агрегатів (10,0–0,25 мм) у межах 87,0–89,6 %.

Одним із важливих показників структури ґрунту є коефіцієнт структурності (співвідношення між масою агрономічно цінних агрегатів (0,25–10,0 мм) і сумарною масою пилу (менше 0,25 мм) та агрегатів більше 10 мм), який більш повно відображає різницю між варіантами обробітку.

Більш високе значення цього показника було відмічено навесні у варіанті чорного пару після ячменю ярого по дисковому – 10,6 та чизельному – 8,1 обробітках, а також у варіантах ранніх парів – 6,1–6,7 (табл. 6, 7). На кінець парування показники коефіцієнту структурності у верхньому шарі (0–10 см) тільки покращувалися і зростали до 7–9 за винятком пару після кукурудзи де було зареєстровано зниження цього показника на 0,7 % у зв'язку з наявністю значної кількості грубих рослинних решток кукурудзи, які не встигали повністю мінералізуватися в ґрунті.

У результаті проведених досліджень визначення структурного стану під польовими культурами встановлено різний вплив культур сівозміни і залишених ними рослинних решток та систем обробітку ґрунту на вміст агрегатів тієї чи іншої фракції (табл. 7–11).

8. Структурний склад ґрунту у полі пшениці озимої (середнє за 2010–2013 рр.)

Система обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх вміст (%) весною, на початок польових робіт				Коефіцієнт структурності	Фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх вміст (%) на кінець вегетації культур				Коефіцієнт структурності
		>10	10–0,25	<0,25	<1,0		>10	10–0,25	<0,25	<1,0	
Полицева	0–10	17,3	81,2	1,5	7,3	4,4	15,5	81,7	2,8	5,0	4,4
	10–20	17,7	81,7	0,6	4,2	4,4	13,6	81,5	3,4	7,0	4,8
	20–30	20,0	79,0	1,0	4,9	3,7	8,4	88,4	3,2	7,4	7,6
	0–30	18,3	80,6	1,0	5,5	4,2	13,0	83,9	3,1	7,0	5,2
Диференційована	0–10	19,5	79,2	1,3	6,7	3,8	9,2	84,6	3,2	6,8	6,8
	10–20	21,6	77,2	1,2	5,7	3,4	8,0	88,5	3,5	13,0	7,7
	20–30	16,3	82,1	1,6	6,3	4,6	7,5	88,7	3,8	10,9	7,8
	0–30	19,1	79,5	1,4	6,2	3,9	8,2	88,3	3,5	9,9	7,5
Мульчувальна	0–10	17,0	81,6	1,4	5,7	4,4	6,9	89,7	3,4	11,2	8,7
	10–20	12,5	86,6	0,9	4,6	6,4	8,8	87,3	3,9	10,5	6,9
	20–30	16,8	81,2	2,0	6,4	4,3	6,7	89,4	3,9	8,5	8,4
	0–30	15,4	83,2	1,4	5,6	4,9	7,5	88,8	3,7	10,0	7,9
НІР _{0,95} , для шару 0–30 см, %		2,8	3,3	0,3	0,6	-	4,0	4,5	0,3	2,5	-

Кращою структурою в орному шарі (0–30 см) відзначався ґрунт у полях після пшениці озимої перед сівбою соняшнику – 91,8 % цінних агрегатів (табл.

8), а також зяб у варіантах мульчувальної системи обробітку, тобто у варіантах, поверхня ґрунту на яких була захищеною пожнивними рештками попередніх культур – 73,1–89,1 % (табл. 9, 10). Кількість брил у верхньому шарі на цих фонах у наступному році навесні становила 5,4–10,5 %, тоді як по полицевій і диференційованій системах обробітку в полі ячменю ярого після соняшнику і в полі кукурудзи після ячменю ярого дорівнювала 26,9–28,6 %. Утворення великої кількості макроагрегатів нівелює перевагу оранки, пов'язаної з виносом на поверхню більш оструктурених грудочок.

У цілому, якщо охарактеризувати структурний стан ґрунту залежно від систем його обробітку, кількість цінних агрегатів зростає по висхідній: полицева–диференційована–мульчувальна. Сума агрономічно цінних агрегатів розміром 10,0–0,25 мм на зябу у шарі 0–30 см після пшениці озимої перед сівбою соняшнику і після кукурудзи на початку парування за мульчувальної системи дорівнювала 87,7–91,8 % і перевищувала варіант полицевої системи на 4,9–9,6 % (табл. 7, 9).

У посівах пшениці озимої у фазу весняного кущіння встановлено відновлення рівноважного стану структури ґрунту. У шарі 0–30 см кількість макроагрегатів і агрономічно цінних грудочок налічувалося в межах оптимальної кількості, відповідно 17,0–19,5 % і 79,2–81,6 %, уміст пилу і ерозійно-небезпечної фракції у верхньому шарі 0–10 см був невеликий і становив 1,3–1,5 і 5,7–7,3 % (табл. 8).

Наприкінці вегетації у посівах просапних культур (соняшник, кукурудза) в орному шарі ґрунту на всіх полях, порівнюючи з ранньовесняним періодом, незалежно від способів обробітку ґрунту, зменшувалася кількість агрономічно цінних агрегатів (10–0,25 мм), зростала кількість крупної (>10 мм) та дрібної фракцій (пил <0,25 мм) – табл. 9, 11. А в посівах культур суцільного висіву (пшениця озима, ячмінь ярий), навпаки, кількість цінних фракцій зростала й зменшувалася кількість брил, що пояснюється відсутністю тут міжрядних обробіток, які руйнують ґрунтову структуру, та меншою кількістю проходів агрегатів під час догляду за культурами (табл. 8, 10).

В усіх полях сівозміни зростала кількість пилюватих фракцій (<0,25) культур у 2–7 разів із-за дії на нього техногенних факторів та пересушення верхнього шару в кінці вегетації.

9. Структурний склад ґрунту в полі соняшнику (середнє за 2010–2013 рр.)

Система обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх уміст (%) весною, на початок польових робіт				Коефіцієнт структурності	Фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх уміст (%) на кінець вегетації культур				Коефіцієнт структурності
		>10	10–0,25	<0,25	<1,0		>10	10–0,25	<0,25	<1,0	
Полицева	0–10	14,0	84,7	1,3	6,5	5,5	11,0	83,0	6,0	15,6	4,8
	10–20	13,6	84,5	1,9	10,0	5,8	12,0	82,6	5,4	14,9	4,7
	20–30	6,9	91,4	1,7	8,9	10,6	11,2	83,2	5,6	16,2	4,9
	0–30	11,5	86,9	1,6	8,5	6,6	11,4	82,9	5,7	15,6	4,8
Диференційована	0–10	7,7	90,6	1,7	8,3	9,6	11,5	82,9	5,6	14,8	4,8
	10–20	6,5	91,5	2,0	14,5	10,7	8,9	86,0	5,1	14,2	6,1
	20–30	6,0	91,7	2,3	12,4	11,0	9,1	85,5	5,4	14,9	6,3
	0–30	6,7	91,3	2,0	11,4	10,4	9,8	84,8	5,4	14,6	5,6
Мульчувальна	0–10	5,4	92,7	1,9	12,7	12,6	9,1	85,0	5,8	15,0	5,7
	10–20	7,3	90,3	2,4	11,9	9,3	6,9	87,6	5,5	14,1	7,0
	20–30	5,2	92,4	2,4	10,0	12,1	6,8	87,5	5,7	15,3	7,0
	0–30	6,0	91,8	2,2	11,5	11,1	7,6	86,7	5,7	14,8	6,5
НІР _{0,95} , для шару 0–30 см, %		4,5	3,3	0,4	2,8	-	2,5	2,9	0,2	0,6	-

10. Структурний склад ґрунту в полі ячменю ярого в середньому за 2010–2013 рр.

Система обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх уміст (%) весною, на початок польових робіт				Коефіцієнт структурності	Фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх уміст (%) на кінець вегетації культур				Коефіцієнт структурності
		>10	10–0,25	<0,25	<1,0		>10	10–0,25	<0,25	<1,0	
Полицева	0–10	31,3	67,5	1,2	5,6	2,0	26,5	69,2	4,3	9,0	2,2
	10–20	28,2	71,3	0,5	2,6	2,5	27,4	69,5	3,1	8,9	2,3
	20–30	26,4	73,2	0,4	2,3	2,7	17,0	81,2	1,8	8,1	1,4
	0–30	28,6	70,7	0,7	3,5	2,4	23,6	73,3	3,1	8,7	2,7
Диференційована	0–10	31,5	67,7	0,8	3,4	2,0	24,3	68,1	7,6	8,4	2,1
	10–20	27,6	71,6	0,8	6,7	2,5	28,1	69,4	2,5	7,5	2,3
	20–30	21,6	77,6	0,8	6,0	3,4	19,1	75,8	5,1	7,1	3,1
	0–30	26,9	72,3	0,8	5,4	2,6	23,8	71,1	5,1	7,7	2,5
НІР _{0,95} , для шару 0–30 см, %	0–10	26,7	70,4	2,9	7,9	2,6	21,6	71,8	6,6	14,5	2,5
	10–20	24,9	72,7	2,4	7,8	2,7	19,8	75,6	4,6	10,9	3,1
	20–30	23,0	76,1	0,9	4,8	3,2	15,6	82,1	3,2	8,0	4,4
	0–30	24,9	73,1	2,0	6,8	2,7	19,0	75,8	5,5	11,1	3,1
НІР _{0,95} , для шару 0–30 см, %		3,4	2,5	1,1	2,8	-	2,5	3,0	1,8	2,8	-

11. Структурний склад ґрунту в полі кукурудзи (середнє за 2010-2013 рр).

Система обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх уміст (%) весною, на початок польових робіт				Коефіцієнт структурності	Фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) і їх уміст (%) на кінець вегетації культур				Коефіцієнт структурності
		>10	10–0,25	<0,25	<1,0		>10	10–0,25	<0,25	<1,0	
Полицева	0-10	24,2	74,7	1,1	5,5	2,9	32,0	66,0	2,0	4,1	1,9
	10-20	26,6	72,7	0,7	4,8	2,6	29,0	69,8	1,3	3,6	2,3
	20-30	25,9	73,2	0,9	4,6	2,7	27,2	71,7	1,2	2,5	2,5
	0-30	25,6	73,5	0,9	5,0	2,7	29,4	69,5	1,5	3,4	2,2
Диференційована	0-10	28,0	70,9	1,1	5,6	2,4	32,2	66,2	1,6	3,3	2,0
	10-20	28,3	71,1	0,6	3,3	2,4	28,4	70,1	1,7	6,5	2,3
	20-30	25,1	73,7	1,2	8,4	2,8	19,4	76,1	1,7	6,1	3,6
	0-30	27,1	71,9	1,0	5,8	2,6	27,6	70,8	1,7	5,3	2,4
Мульчувальна	0-10	8,3	87,7	4,0	16,8	7,1	27,4	68,9	3,7	7,8	2,2
	10-20	8,0	91,0	1,0	8,5	10,1	25,6	71,2	3,2	7,9	2,5
	20-30	10,3	88,6	1,1	6,3	7,7	23,7	76,1	1,7	4,5	3,0
	0-30	8,9	89,1	2,0	10,5	8,1	25,6	71,6	2,8	6,7	2,5
НІР _{0,95} , для шару 0–30 см, %		4,5	3,8	0,6	3,2	-	2,4	0,9	0,8	1,6	-

Коефіцієнт структурності навесні за системи мульчувального обробітку зростає у 1,5-2,0 рази порівняно з коефіцієнтом полицевої оранки. Такі ж закономірності відмічені і в кінці вегетації культур, що підтверджує важливу роль рослинних решток, залишених на поверхні та частково перемішаних з верхнім шаром ґрунту, у формуванні та збереженні оптимальної структури ґрунту. Мілкі обробітки ґрунту дають можливість залишати на поверхні максимальну кількість рослинних решток та знизити техногенне навантаження на ґрунт.

Із проаналізованих результатів досліджень в Північному Степу щодо структурного стану можна зробити висновок, що способи та системи основного обробітку ґрунту мали менший загальний вплив на процеси оструктурення, аніж самі культури та залишені на полі рослинні рештки. За мілкою обробітку зростала кількість найбільш цінних агрегатів (10–0,25 мм) у зв'язку із зниженням техногенного тиску на ґрунт, порівнюючи з полицевим. Значну перевагу в оструктуренні ґрунту мала мульчувальна система обробітку в разі застосування

щорічних мілких обробітків із залишенням на поверхні поля рослинних решток попередника.

3.2. Твердість

Однією з найважливіших характеристик фізико–механічних властивостей чорнозему, що трактується в сучасній науці як опір проникненню в нього під тиском твердого тіла, вважають твердість ґрунту. Її значення характеризує рівень сприятливості ґрунтових умов для росту і розвитку кореневої системи сільськогосподарських культур. Загальноприйнятою для її оптимального розвитку більшості сільськогосподарських культур визнають твердість ґрунту до 10 кг/см^2 у посівному шарі (0–10 см) та 21 кг/см^2 в орному [135, 209, 210, 211, 226-229]. Твердість різних типів ґрунтів змінюється в досить широких межах, Так, опір важких глин після підсушування може сягати $150\text{-}180 \text{ кг/см}^2$, а чорноземи України за певних умов мають твердість ґрунту 40 кг/см^2 і вище.

Підвищена твердість – ознака несприятливих фізико-механічних і агрофізичних властивостей ґрунту. За таких умов погіршується його водний та повітряний режим, а на обробіток витрачається значно більше енергії; крім цього, підвищений опір уповільнює ріст і розвиток коренів польових культур, а в підсумку знижується врожай.

Твердість ґрунту залежить від багатьох фізико–механічних властивостей: структурності, гумусованості, гранулометричного складу, щільності, вологості ґрунту та складу поглинених основ. Розпилений, недостатньо структурований ґрунт під час підсихання чинить значно більший опір ростучим кореням, ніж грудкувато-зернистий, який характеризується високим рівнем структурованості. Твердість також значно залежить від складу поглинених лугів. Так, у чорноземних ґрунтах вона в 10–15 разів менша, ніж у солонцюватих.

Значний вплив на показники твердості ґрунту має основний, передпосівний, міжрядний обробітки ґрунту для просапних культур, під час проведення яких показники знижуються до оптимальних величин на певний проміжок часу. Однак найбільш тісний зв'язок існує між твердістю та

вологістю ґрунту. Він характеризується високим зворотним коефіцієнтом кореляції, який може досягати 0,9–1,0 [204, 209–211].

Проведеними дослідженнями в Північному Степу встановлений певний взаємозв'язок між щільністю будови ґрунту та його твердістю, яка значною мірою визначає умови вегетації рослин і розвитку кореневих систем, механічну міцність чорноземів, податливість їх ущільненню та ерозії.

Згідно з отриманими даними, твердість ґрунту в шарі 0–25 см на пару після стерньового попередника весною дорівнювала: на полицевому обробітку – 5,1; чизелюванні – 7,3; дискуванні – 10,4; необроблених з осені ділянках (ранній пар) – 10,3 кг/см² (табл. 12). Застосування глибокого обробітку (25–27 см) за оранки та чизелювання дає можливість суттєво розущільнити та знизити показники твердості ґрунту в 1,5–2,0 рази порівняно з дисковим та плоскорізним обробітком. Максимальні величини опору незалежно від способу обробітку пару були зареєстровані закономірно на глибині від 15 до 25 см. На час сівби озимини спостерігалось зниження твердості ґрунту у верхньому (0–5 см) шарі і збільшення в нижчерозташованих шарах, при цьому розбіжності в показниках по варіантах дослідів виявились аналогічними весняному періоду.

На пару після соняшнику та кукурудзи зберігалися закономірності, притаманні стерньовому фону, а саме: збільшення твердості чорнозему по висхідній оранка–чизелювання–мілкий обробіток, зниження показників за період догляду за паром на глибині до 5 см і зростання в нижніх шарах, тотожність величин опору за весняного і осіннього строків визначення. Твердість ґрунту перед сівбою пшениці в шарі ґрунту 15–25 см не перевищувала умовний оптимум (21 кг/см²) і була нижчою за нього по оранці в 1,6 раза, чизелювання – 1,3–1,4, ранній пар (плоскорізне розпушування весною на 12–14 см) – 1,25–1,4 раза, тобто знаходилася в оптимальних межах (табл. 12, 13).

При цьому зазначимо, що зростання величини щільності і опору ґрунту, особливо в нижніх шарах за мінімального обробітку, жодного разу не спричиняло пригнічення рослин на ранніх етапах органогенезу. Можливі негативні наслідки цього явища нівелювалися, на нашу думку, за рахунок оптимізації структурного стану і вологості ґрунту.

12. Твердість ґрунту за різних способів обробітку чистого пару після ячменю та соняшнику (середнє за 2005-2009 рр.)

Обробіток ґрунту	Глибина замірів, см	Твердість ґрунту, кг/см ²	
		початок парування	кінець парування (посів пшениці озимої)
Пар після ячменю			
Дисковий (мульчувальний)	5	6,6	3,8
	15	11,6	13,9
	25	12,9	15,8
	0-25	10,4	11,2
Чизельний	5	5,1	2,7
	15	7,4	12,9
	25	9,4	14,8
	0-25	7,3	10,1
Полицевий	5	3,2	2,6
	15	5,1	10,2
	25	7,0	13,1
	0-25	5,1	8,6
Плоскорізний (ранній пар)	5	7,7	4,1
	15	11,1	13,1
	25	12,3	15,2
	0-25	10,3	10,8
НІР _{0,95} , для шару 0-25 см, кг/см ²		4,1	1,6
Пар після соняшнику			
Чизельний	5	5,1	3,2
	15	8,2	13,9
	25	10,4	15,9
	0-25	7,9	11,0
Полицевий	5	4,5	2,7
	15	5,5	11,9
	25	7,8	13,4
	0-25	5,9	9,3
Плоскорізний (ранній пар)	5	9,2	3,0
	15	11,4	15,6
	25	13,1	16,8
	0-25	11,2	11,8
НІР _{0,95} , для шару 0-25 см, кг/см ²		3,8	1,7

13. Вплив різних способів обробітку чистого пару після кукурудзи на твердість ґрунту (середнє за 2010–2013 рр.)

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Твердість ґрунту, кг/см ²	
		початок парування	кінець парування (посів пшениці озимої)
Полицевий	5	4,2	15,2
	15	5,8	16,8
	25	14,9	17,5
	0–25	7,8	14,7
Дисковий	5	14,6	17,3
	15	17,1	19,6
	25	16,8	20,2
	0–25	15,4	16,8
Плосокрізний (ранній пар)	5	16,2	15,6
	15	17,3	19,1
	25	22,8	19,8
	0–25	17,6	16,4
НІР _{0,95} , для шару 0–25 см, кг/см ²		4,3	1,8

На початку весняно-польових робіт у посівах пшениці озимої внаслідок заплівання ґрунту відбувалося суттєве ущільнення та підвищення показників його твердості, особливо верхніх шарів, у 5,6–5,8 за полицевого обробітку та 4,3–5,9 раза за мілкого безполицевого розпушування. Підвищення твердості у верхньому шарі (0–5 см) посівів пшениці озимої до 17,7 кг/см² та у нижчележачих шарах не перевищувало оптимальних параметрів твердості і не пригнічувало ріст і розвиток рослин (табл. 14).

Під час сівби ярих культур показники твердості у шарі 0–25 см були у 2 рази нижчими, ніж у ґрунті вегетуючих рослин пшениці озимої, що пояснюється проведеними на той час весняними передпосівними культивуваннями, які суттєво знижували щільність та твердість ґрунту, особливо у шарі 0–5 см.

На кінець вегетації у посівах всіх культур, незалежно від систем обробітку ґрунту, відбувалося підвищення твердості ґрунту в 2,0–3,0 рази внаслідок пересушування (зневоднення) шару 0–25 см та дії антропогенних факторів (тиск коліс тракторів, машин і т. ін.). Відзначимо також, що за полицевої системи

наприкінці вегетації показники твердості були нижчими на 5 кг/см², ніж за мілкої, що в подальшому мало післядію на проведення обробітків ґрунту восени та під наступну культуру сівозміни.

14. Твердість ґрунту під культурами залежно від системи обробітку ґрунту в середньому (середнє за 2005–2009 рр.), кг/см²

Культура (фактор А)	Глибина замірів, см	Система обробітку ґрунту (фактор В)			
		весною на початку польових робіт		у кінці вегетації культури	
		полицева	мілка (безполицева)	полицева	мілка (безполицева)
Сівозміна: зерно-паро-просанна					
Пшениця озима	5	15,2	17,7	21,5	27,4
	15	15,2	17,5	19,2	25,1
	25	19,8	18,9	18,3	23,2
	0-25	15,9	16,8	19,6	25,2
Соняшник	5	4,4	6,5	16,6	19,4
	15	6,5	13,6	20,7	33,8
	25	12,7	15,0	32,5	33,6
	0-25	7,1	10,8	20,8	25,8
НІР _{0,95} – шар 0-25 см, кг/см ² , фактор А		4,8			
фактор В		2,1			
взаємодія АВ		5,7			
Сівозміна: зерно-парова					
Пшениця озима	5	15,2	17,7	21,2	27,1
	15	15,2	17,5	18,3	25,2
	25	19,8	18,9	17,5	24,1
	0-25	15,9	16,8	19,0	25,4
Ячмінь ярий	5	8,1	10,4	21,0	29,3
	15	10,8	16,9	18,4	24,4
	25	19,6	18,9	17,5	22,4
	0-25	11,8	14,2	19,7	25,7
НІР _{0,95} – шар 0-25 см, кг/см ² , фактор А		3,1			
фактор В		2,2			
взаємодія АВ		5,5			

Викладені закономірності також підтверджуються дослідженнями, проведеними в другому стаціонарному досліді протягом 2010–2013 рр., у якому вивчали ефективність полицевої, диференційованої та мульчувальної систем обробітку ґрунту. За даними досліджень, твердість ґрунту в орному шарі

відмічена найнижча навесні в системі полицевого обробітку після пшениці озимої перед сівбою соняшнику – 7,1 кг/см². Після ячменю ярого перед посівом кукурудзи вона становила 8,3 кг/см² і в пару після кукурудзи – 7,8 кг/см²; найвищою була в системі мульчувального обробітку, зокрема в пару після кукурудзи – 17,6 кг/см² і після ячменю ярого перед посівом кукурудзи – 15,6 кг/см² (табл. 15).

15. Зміна показників твердості ґрунту у зв'язку з дією систем обробітку (середнє за 2010–2013 рр.), кг/см²

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Шари ґрунту, см	Весною на початку польових робіт (фактор В)					Наприкінці парування і вегетації культури (фактор В)				
		чистий пар	пшениця озима	соняшник	ячмінь ярий	кукурудза	чистий пар	пшениця озима	соняшник	ячмінь ярий	кукурудза
Полицева	5	4,2	15,2	4,4	8,1	3,4	15,8	20,5	16,6	21,0	17,0
	15	5,8	15,2	6,5	10,8	5,7	21,1	18,2	20,7	18,4	21,0
	25	14,9	19,8	12,7	19,6	13,5	21,9	17,3	32,5	17,5	31,1
	0–25	7,8	15,9	7,1	11,8	8,3	18,1	18,6	20,8	19,7	20,2
Диференційована	5	14,6	16,3	7,0	8,3	4,1	14,9	22,2	16,2	25,1	17,9
	15	17,1	20,2	11,8	15,7	12,2	24,6	23,0	33,2	20,7	33,3
	25	16,8	24,1	12,9	20,1	16,8	24,1	21,0	33,0	22,3	33,4
	0–25	15,4	18,8	9,8	13,5	11,8	19,7	20,0	24,8	23,2	25,1
Мульчувальна	5	16,2	17,7	6,5	10,4	11,3	19,8	28,4	19,4	29,3	20,1
	15	17,3	17,5	13,6	16,9	13,8	26,5	23,1	33,8	24,4	33,7
	25	22,8	18,9	15,0	18,9	14,9	26,9	22,2	33,6	22,4	33,8
	0–25	17,6	16,8	10,8	14,2	15,6	22,4	25,2	25,8	25,7	26,0
НІР _{0,95} – шар 0-25 см, кг/см ² , фактор А											
фактор В		4,5					1,8				
взаємодія АВ		4,8					2,3				
		7,3					4,2				

Система диференційованого обробітку ґрунту, де застосовувалися такі самі знаряддя, як і за мульчувальної, але за дещо більшої глибини, займала проміжне положення щодо показників твердості.

Посівний шар ґрунту 0–5 см за всіх систем обробітку перебував у зоні оптимальної твердості (3,4–16,2 кг/см²), а в шарі 5–15 см зафіксовано підвищення твердості до 12,2–17,1 кг/см², порівнюючи з верхнім в 1,1–3,0 рази.

Шар ґрунту 15–25 см виявився найбільш ущільненим як за полицевої системи обробітку, так і в разі застосування дискових, плоскорізних і чизельних знарядь за диференційованої і мульчувальної систем.

Зміна твердості орного шару ґрунту залежала не тільки від способу обробітку ґрунту, але й від впливу кореневої системи тієї чи іншої культури, що вирощується на полі. Так, на фоні безполицевого обробітку, на наступний рік, навесні показники твердості в шарі ґрунту 0–25 см розподілилися в такому порядку: після пшениці озимої – 9,8 кг/см², ячменю ярого – 15,6, кукурудзи – 17,6 кг/см²; по чизельному обробітку після пшениці озимої – 10,8 кг/см², ячменю ярого – 11,8, соняшнику – 13,5 кг/см². Отримані дані свідчать про те, що культури з різним типом кореневої системи неоднаково впливають на твердість ґрунту. Наприклад, посіви пшениці озимої з сильно розгалуженою кореневою системою і оптимальною густиною рослин на площі здатні суттєво поліпшувати твердість орного шару, тоді як кукурудза, соняшник, які мають більш потужні корені, але вирощуються за меншої густоти стояння справляють на неї менший вплив.

Твердість ґрунту в посівах пшениці озимої на час відновлення весняної вегетації перевищувала ділянки зябу в 1,1–3,0 рази. Найвищою вона була на полі з неглибоким спусуванням за дискового обробітку пару – 18,8 кг/см² і найменшою – по оранці – 15,9 кг/см².

Твердість орного шару змінювалася в динаміці під впливом атмосферних опадів, температури повітря і розвитку кореневої системи. Від початку весняних робіт і до збирання врожаю вона збільшувалась у посівах пшениці озимої з 15,9–18,8 до 18,6–25,2 кг/см², або в 1,2–1,3 рази, у соняшнику – з 7,1–10,8 до 20,8–25,8 кг/см², або в 2,4–2,9 рази, кукурудзи з 8,3–15,6 до 20,2–26,0, або в 1,6–2,4 рази, на ділянках ярого ячменю – з 11,8–14,2 до 19,7–25,7 кг/см², або в 1,7–1,8 рази. У кінці вегетації пшениці озимої та соняшнику, як і у весняний період, чітко зберігалася тенденція підвищення показників твердості ґрунту орного шару з глибиною.

На погіршення стану орного шару в посівах ячменю ярого негативний вплив справила дія протягом тривалого часу високих температур і відсутність опадів, а в результаті пересихання ґрунту в кінці вегетації культур, що підкріплюється показниками твердості, зокрема верхнього шару 0–10 см, які перевищували більш глибокі шари в 1,1–1,3 рази, виходячи за межі оптимальних величин (21,0–29,3 кг/см²).

Вплив обробітку ґрунту на його твердість, починаючи з моменту проведення восени, зберігався аж до припинення вегетації посівами. Зокрема, на кінець вегетації тенденція до зниження показників твердості ґрунту на фоні оранки (18,1–20,8 кг/см²) реєструється по всіх культурах, порівнюючи з варіантів диференційованої (19,7–25,1 кг/см²) і мульчувальної (22,4–26,0 кг/см²) систем обробітку, що пояснюється передусім зменшенням глибини обробітку та особливістю дії безполицевих знарядь без обороту пласта на ґрунт.

На основі досліджень можна зробити висновок, що застосування всіх способів обробітку ґрунту, а особливо глибокої полицевої оранки, сприяє зниженню показників твердості внаслідок механічного розпушування. Зменшення глибини розпушування ґрунту до 12–14, 14–16 см, при використанні безполицевих знарядь, сприяє підвищенню показників твердості до 18,8 кг/см² у весняний період перед сівбою культур (шар 0–30 см), що не перевищує гранично допустимі параметри (21 кг/см²) для росту та розвитку польових культур. Суттєве підвищення твердості в кінці вегетації культур до 18,1–26,0 % обумовлене в першу чергу техногенним навантаженням, зниженням щільності та пористості, погіршенням структурного та водного режимів в оброблювальному шарі (0–30 см), яке в подальшому протягом осінньо-зимового періоду внаслідок підвищення вологості та зворотних процесів замерзання–відтаювання відновиться до оптимальних параметрів.

3.3. Щільність складення та пористість

Щільність складення ґрунту являє собою одну із важливих характеристик будови ґрунту. Це динамічний показник, який знаходиться в безпосередній залежності від гранулометричного складу, вмісту органічної речовини, структури і вологості ґрунту, біології культури, агротехнічних заходів [219, 230–232].

Під щільністю ґрунту розуміють відношення маси абсолютно сухого ґрунту за непорушеної будови, в якому ґрунт перебуває на полі) до його об'єму, тобто маса 1 см³ ґрунту [233, 234]. У науковій літературі часто використовують замість терміну щільність ґрунту – об'ємна маса.

Динамічність щільності проявляється в тому, що розрихлений в процесі механічного обробітку ґрунт під дією сили земного тяжіння, атмосферних опадів, сільськогосподарських машин і знарядь самоущільнюється і досягає при цьому характерної для даного типу ґрунтів рівноважної щільності. Тобто рівноважна щільність – це щільність, яку набуває ґрунт через певний проміжок часу після механічної дії під впливом природних процесів. Для ґрунтів середнього і важкого механічного складу рівноважна щільність складає 1,1–1,3 г/см³ [230, 233, 234].

Кращим еталоном щільності ґрунту, за даними В. В. Медведева [202], є цілинні непорушені землі. На цілині практично повністю відсутній антропогенний вплив, наявні природні цикли перетворення речовин і прояву ґрунтових процесів, стабільні структура, баланс вологи та поживних речовин, температура і ін. Проведені визначення щільності ґрунту в заповіднику “Асканія–Нова” на цілині довели, що протягом 30 років показники її залишалися стабільними і незмінними [235, 236]. У верхньому шарі 0–20 см, збагаченому на корені, щільність ґрунту була близькою до 1,0 г/см³, у шарі 20–40 см – у межах 1,15–1,22 г/см³, 40–70 см – близькою 1,30 г/см³, а 70–100 см – не більше 1,34 г/см³. Ці значення можна визнати як найбільш характерні, еталонні для чорноземів південних в непорушеному стані (рівноважна щільність). На оранці поряд із цілиною показники щільності до глибини 60–80 см були вищими на 0,3 г/см³ і більше, що пояснюється значним впливом антропогенних факторів на ґрунт.

Рівноважна щільність ґрунту не завжди збігається з оптимальною, тобто кожна сільськогосподарська культура в міру своїх біологічних особливостей по – різному реагує на ущільнення ґрунту. Під оптимальною щільністю розуміють таку її величину, за якої забезпечується найбільш продуктивний розвиток вирощуваної культури. Так, за даними В. В. Медведева [233, 237, 238], оптимальною щільністю ґрунту для пшениці озимої є 1,10–1,35, ячменю ярого – 1,05–1,35, кукурудзи – 1,05–1,30, соняшнику – 1,00–1,35 г/см³, а в цілому по культурах оптимальні параметри становлять 1,00–1,45 г/см³ [239]. На думку И. Б. Ревута [211, 230], А. С. Кушнарєва [231, 240], діапазон, оптимальної щільності для більшості сільськогосподарських культур становить 1,10–1,25 г/см³.

Зменшення або (особливо) збільшення щільності ґрунту порівняно з оптимальною на 0,1–0,3 г/см³ призводить до зниження врожаю сільськогосподарських культур на 20–40 % [241, 242]. Особливо негативно

реагують на ущільнення цукрові буряки, картопля, дещо менше просапні культури (кукурудза).

Значний вплив на щільність ґрунту має гумус. За даними Н. К. Шикули [75], зниження вмісту гумусу в ґрунті пропорційно збільшує його щільність, тобто це взаємопов'язані процеси. Прогресуюча втрата гумусу в ґрунтах України призводить до дезагрегативування чорноземів, зниження ґрунтової родючості. При цьому порушується водно-повітряний режим, рівноважна щільність в орному шарі збільшується, ґрунт набуває глибистості, що змушує проводити додатковий обробіток з метою руйнування глиб. У ґрунтах із умістом гумусу 3,5–4,0 % практично складається оптимальна щільність, яка приблизно дорівнює рівноважній [231]. Урівноважити щільність ґрунту можна за допомогою органічних та мінеральних добрив [243], а також залишенням рослинних решток попередника, тобто заходів, які підвищують родючість. Ці заходи дають змогу підвищувати оптимальний рівень щільності на 0,1–0,2 г/см³ і більше.

Щільність складення ґрунту також значно залежить від його вологості і, навпаки, зволоження орного шару надзвичайно впливає на його щільність. У результаті висушування зволоженого ґрунту до найменшої вологоємності відбувається його ущільнення [244]. За даними П. К. Іванова, Л. І. Коробової, щільність ґрунту зростає тільки до 70 % НВ, а потім починається зворотний процес [245].

Щільність ґрунту в дослідях, проведених в Північному Степу, залежала насамперед від способів основного обробітку ґрунту під культури та в парах, а також від кількості і якості загортання залишених на поверхні рослинних решток попередника [246, 247].

Щільність будови ґрунту в паровому полі різнилася залежно від виду пару, строків визначення, агротехнічних заходів. Після основного обробітку восени ґрунт мав мінімальну щільність. Незважаючи на досить тривалий період від проведення основного обробітку восени до початку весняно-польових робіт, протягом якого ґрунт самоущільнюється, різниця в показниках щільності орного шару по варіантах дослідів була досить помітною. Найменшою вона виявилася за полицевого обробітку – 1,15–1,16 г/см³, дещо більшою за чизелювання – 1,19–1,22 г/см³, що можна пояснити наявністю на даному агрофоні нерозпушених гребенів. На ділянках раннього пару, де визначення показників навесні

проводилося до обробітку ґрунту, щільність його досягала 1,23–1,26 г/см³. З глибиною ущільнення орного шару збільшувалося, особливо у варіантах раннього пару та дискового мульчувального обробітку. Для мілких обробіток характерне ущільнення прошарку в нижній частині орного шару (20–30 см) у середньому до 1,29–1,31 г/см³ (табл. 16). У цілому на початку парування показники щільності не перевищували оптимальних параметрів (1,3 г/см³) в орному шарі ґрунту (0–30 см) і становили 1,15–1,26 г/см³. На кінець парування відбулося незначне ущільнення на 0,03–0,06 г/см³, особливо нижніх шарів (10–20 і 20–30 см) за рахунок дії антропогенних (тиск коліс сільськогосподарської техніки) та природних факторів (дія сили земного тяжіння, удари дощових крапель).

На час сівби пшениці озимої по пару зареєстровані певні зміни будови ґрунту порівняно з весняним періодом, зокрема зниження щільності у верхньому шарі 0–10 см до 1,05–1,10 г/см³, що є природним, зважаючи на проведення періодичних культивацій пару. У шарах 10–20 і 20–30 см відмічена тенденція до зростання величини щільності ґрунту.

Відомо, що рослини пшениці озимої негативно реагують як на дуже щільну, так і на надмірно пухку будову ґрунту. Тому для реалізації своїх потенційних можливостей вони потребують оптимальних показників, які для чорнозему звичайного становлять 1,00–1,15 г/см³ у шарі 0–10 і 1,15–1,30 г/см³, в шарі 10–30 см. З погляду на ці вимоги, щільність ґрунту перед сівбою озимини по пару в більшості випадків знаходилася в межах оптимуму і становила 1,18–1,24 г/см³ в орному шарі (0–30 см).

На ранньому пару процеси набуття ґрунтом рівноважного стану проходили більш динамічно. По пару після ячменю ярого, де на поверхні зберігалася 2,0–2,5 т/га подрібненої соломи, спостерігалася поступове розущільнення чорнозему по всьому профілю орного шару під час догляду за паровим полем. Після соняшнику, рослинні рештки якого дуже ламкі і швидко загортаються в ґрунт, ущільненість піднасінного прошарку 10–30 см наприкінці парування помітно зростала і в окремі роки (2005, 2006) перевищувала гранично допустимі параметри на 0,05–0,06 г/см³.

16. Щільність ґрунту за різних способів обробітку чистого пару після ячменю та соняшнику (середнє за 2005-2009 рр.)

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Щільність ґрунту, г/см ³	
		початок парування	кінець парування
<i>Пар після ячменю</i>			
Дисковий (мульчувальний)	0–10	1,12	1,08
	10–20	1,25	1,28
	20–30	1,29	1,30
	0–30	1,22	1,22
Чизельний	0–10	1,10	1,06
	10–20	1,22	1,24
	20–30	1,26	1,31
	0–30	1,19	1,20
Полицевий	0–10	1,07	1,05
	10–20	1,16	1,23
	20–30	1,22	1,27
	0–30	1,15	1,18
Плоскорізний (ранній пар)	0–10	1,18	1,10
	10–20	1,29	1,27
	20–30	1,31	1,29
	0–30	1,26	1,22
НІР _{0,95} – шар 0–30 см, г/см ³		0,09	0,07
<i>Пар після соняшнику</i>			
Чизельний	0–10	1,12	1,09
	10–20	1,26	1,28
	20–30	1,28	1,32
	0–30	1,22	1,23
Полицевий	0–10	1,09	1,08
	10–20	1,21	1,23
	20–30	1,21	1,27
	0–30	1,16	1,19
Плоскорізний (ранній пар)	0–10	1,15	1,10
	10–20	1,27	1,29
	20–30	1,29	1,33
	0–30	1,23	1,24
НІР _{0,95} – шар 0–30 см, г/см ³		0,08	0,10

Приблизно така сама тенденція отримана протягом 2010–2013 рр. під час вивчення полицевої, диференційованої та мульчувальної систем обробітку ґрунту. Тут ґрунт по пару після кукурудзи та основного обробітку восени мав мінімальну

щільність, а протягом осінньо–зимового періоду самоущільнювався і на початку весняно–польових робіт набував рівноважного стану (табл. 17).

17. Показники щільності ґрунту залежно від способів обробітку чистого пару після кукурудзи в середньому (середнє за 2010–2013 рр.), г/см³

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Щільність ґрунту, г/см ³	
		початок парування	кінець парування
Полицевий	0–10	1,04	0,84
	10–20	1,10	1,04
	20–30	1,12	1,14
	0–30	1,09	1,01
Дисковий	0–10	1,05	1,00
	10–20	1,22	1,30
	20–30	1,24	1,29
	0–30	1,17	1,20
Плосокрізний (ранній пар)	0–10	1,09	0,99
	10–20	1,24	1,25
	20–30	1,34	1,29
	0–30	1,22	1,18
НІР _{0,95} – шар 0–30 см, г/см ³		0,06	0,05

На відміну від пару після соняшнику та ячменю тут зареєстровано нижчі показники щільності на початку – 1,09–1,22 г/см³ та в кінці парування – 1,01–1,20 г/см³. Такі дані можна пояснити міжрядними обробітками кукурудзи на початку вегетації та розущільненням у результаті цього верхніх шарів, а також великою кількістю рослинних решток та вищими вихідними запасами вологи на початку парування. Як і в першому досліді, з глибиною щільність поступово зростала до 1,12–1,24 г/см³. В орному шарі (0–30 см) найнижчі показники зафіксовано по полицевому обробітку – 1,09 г/см³, а в ранньому пару закономірно зростають до 1,22 г/см³. Наприкінці парування було помітне розущільнення орного шару внаслідок постійних культивацій під час догляду за паром та змішування великої кількості рослинних решток кукурудзи (8–10 т/га) з ґрунтом верхніх шарів 0–10, 10–20 см.

У посівах зернових культур на початку польових робіт в орному шарі (0–30 см) незалежно від системи обробітку ґрунту щільність не перевищувала умовну допустиму межу для пшениці озимої (1,00–1,35 г/см³), ячменю ярого (1,05–1,35

г/см³) за В. В. Медведевим [233] і становила в посівах пшениці озимої 1,3, ячменю ярого – 1,14 г/см³. Сприятливі умови для щільності ґрунту були і після посіву соняшнику – 1,15 г/см³ за оптимальної величини для даної культури 1,00–1,45 г/см³ (табл. 18).

18. Вплив систем обробітку ґрунту на показники щільності під культурами (середнє за 2005–2009 рр.), г/см³

Культури (фактор А)	Шар ґрунту, см	Система обробітку ґрунту (фактор В)			
		весною на початку польових робіт		у кінці вегетації культури	
		полицева	мілка (безполицева)	полицева	мілка (безполицева)
Сівозміна зерно-паро-просапна					
Пшениця озима	0–10	1,28	1,31	1,31	1,32
	10–20	1,30	1,32	1,32	1,34
	20–30	1,31	1,34	1,33	1,35
	0–30	1,30	1,32	1,32	1,33
Соняшник	0–10	1,05	1,16	1,25	1,34
	10–20	1,13	1,28	1,30	1,37
	20–30	1,28	1,31	1,30	1,38
	0–30	1,15	1,25	1,28	1,36
НІР _{0,95} – шар 0-25 см, г/см ³ , фактор А		0,08		0,04	
фактор В		0,02		0,02	
взаємодія АВ		0,10		0,05	
Сівозміна зерно-парова					
Пшениця озима	0–10	1,27	1,31	1,31	1,33
	10–20	1,31	1,32	1,33	1,34
	20–30	1,32	1,33	1,33	1,36
	0–30	1,30	1,32	1,32	1,34
Ячмінь ярий	0–10	1,06	1,19	1,29	1,33
	10–20	1,16	1,30	1,32	1,34
	20–30	1,19	1,31	1,31	1,34
	0–30	1,14	1,26	1,31	1,34
НІР _{0,95} – шар 0-25 см, г/см ³ , фактор А		0,05		0,01	
фактор В		0,03		0,02	
взаємодія АВ		0,07		0,03	

Деяке ущільнення ґрунту за мілкою безполицевою розпушування на 0,02–0,12 г/см³, пояснюється меншими глибинами обробітку (12–14 см) даної системи

порівняно з полицевою де ґрунт внаслідок глибокої оранки (25–27 см) значно розуцільнювався.

На кінець вегетації культур ґрунт закономірно ущільнювався на 0,02–0,08 г/см³, досягаючи величини 1,28–1,32 г/см³ за полицевої системи та 1,33–1,36 г/см³ за мілкового безполицевого розпушування. Але ці показники вже не мали жодного значення для польових культур. В осінньо–зимовий період, унаслідок процесів зволоження та промерзання ґрунту, його щільність поверталася знову до оптимальних показників щільності для вирощування польових культур.

У дослідях, проведених навесні 2010–2013 рр., перед сівбою польових культур у сівозміні щільність посівного шару ґрунту (0–10 см) була порівняно невисокою і становила по оранці 1,02–1,11 г/см³. Дещо вищі її показники зареєстровані після застосування важких дискових борін, плоскорізів і чизельних знарядь в системі диференційованого (1,05–1,17 г/см³) та мульчувального обробітків (1,09–1,20 г/см³). У шарах 10–20 і 20–30 см щільність ґрунту зростала і досягала відповідно позначок 1,09–1,32 та 1,12–1,35 г/см³. Найбільш ущільненим виявився ґрунт під ячменем ярим (після соняшнику) за дискового та під соняшником (після озимини) за мілкового плоскорізного розпушування скиби (табл. 19).

На час відновлення весняної вегетації рослин в посівах пшениці озимої щільність ґрунту перевищувала зяблеві агрофони, при цьому її показники мало різнилися по профілю орного шару та способах обробітку ґрунту і знаходилися в межах, оптимальних для зернової культури величин (1,29–1,32 г/см³).

Протягом літнього періоду посівний шар ґрунту (0–10 см) у полі чистого пару під впливом періодичних культивацій розуцільнювався, тому щільність його на час сівби озимини дорівнювала 0,84–1,00 г/см³. У нижній частині орного шару, навпаки, спостерігалось зростання означених показників.

Порівняно з весняним визначенням у посівах соняшнику відстежувалася чітка тенденція до підвищення щільності ґрунту під час збирання врожаю. Особливо це стосується верхнього (0–10 см) шару ґрунту за мілкового безполицевого і чизельного обробітків. По оранці найбільш помітні зміни в бік зростання величини щільності ґрунту характерні для шару 10–20 см (1,31 г/см³ проти 1,12 г/см³ у посіві олійної культури).

19. Дія систем обробітку на показники щільності ґрунту під різними культурами (середнє за 2010–2013 рр.), г/см³

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Шар ґрунту, см	Весною на початку польових робіт (фактор В)				Наприкінці вегетації культури (фактор В)			
		пшениця озима	соняшник	ячмінь ярій	кукурудза	пшениця озима	соняшник	ячмінь ярій	кукурудза
Полицева	0–10	1,30	1,07	1,04	1,02	1,31	1,20	1,29	1,18
	10–20	1,31	1,14	1,14	1,09	1,31	1,30	1,31	1,26
	20–30	1,31	1,30	1,16	1,16	1,33	1,28	1,27	1,28
	0–30	1,31	1,17	1,12	1,09	1,32	1,26	1,29	1,24
Диференційована	0–10	1,32	1,11	1,06	1,05	1,34	1,24	1,25	1,22
	10–20	1,32	1,28	1,17	1,10	1,35	1,28	1,29	1,26
	20–30	1,33	1,30	1,23	1,21	1,35	1,30	1,29	1,30
	0–30	1,32	1,23	1,15	1,12	1,34	1,27	1,27	1,26
Мульчувальна	0–10	1,30	1,16	1,17	1,12	1,32	1,34	1,32	1,31
	10–20	1,30	1,31	1,28	1,29	1,33	1,35	1,36	1,33
	20–30	1,28	1,29	1,25	1,27	1,34	1,32	1,29	1,33
	0–30	1,29	1,26	1,23	1,23	1,33	1,34	1,32	1,32
НІР _{0,95} – шар 0-25 см, г/см ³ , фактор А		0,01				0,01			
фактор В		0,03				0,04			
взаємодія АВ		0,04				0,05			

Отже, на основі отриманих значень щільності ґрунту можна зробити висновок, що на початку весняних польових робіт, протягом років досліджень, незалежно від системи обробітку ґрунту для всіх досліджуваних польових культур склалися сприятливі умови щільності, які перебували в межах 1,09–1,32 г/см³ в орному шарі (0–30 см). За мілкою мульчувального обробітку внаслідок зменшення глибини розпушування до 12–14, 14–16 см зафіксовано деяке ущільнення шару 0–30 см на 0,02–0,14 г/см³, яке не перевищує оптимальних показників щільності для вирощування культур.

Серед важливих агрофізичних показників, які визначають поведінку води в ґрунті, а також співвідношення води й повітря, назвемо пористість (шпаруватість) та шпари аерації. Пористість – сумарний об’єм усіх пор, виражений у відсотках до загального об’єму ґрунту. Пористість обумовлює переважно водний і повітряний

режими ґрунту. Від розміру пор залежить переміщення води в ґрунті, водопроникливість і водопіднімальна здатність, мобільність води [205, 234].

Величина пористості в різних ґрунтах і їх горизонтах одного й того ж ґрунту коливається в досить широкі межі – приблизно від 25 до 80 % в мінеральних ґрунтах. У верхніх гумусових горизонтах мінеральних ґрунтів величина пористості буває здебільшого підвищеною (50–60 %) за рахунок добре вираженої структури, наявності ходів коренів, ріючих тварин, комах тощо. Донизу пористість зменшується, наближаючись до 40–45 % у глинистих і суглиннистих ґрунтах [248].

Розмір пор та їх величина визначають поведінку води в ґрунті, що дуже важливо з агрономічної точки зору. По відношенню до води пори розділяють на капілярну (діаметр < 0,1 мм) й некапілярну пористість (діаметр > 0,1 мм). Капілярні пори утримують і переміщують воду за допомогою меніскових сил, а некапілярні (пори аерації) здебільшого зайняті повітрям і слугують каналами транзитного току води в глибину ґрунту [249].

За правильного обробітку ґрунту, оптимального зволоження утворюються міцні агрегати з порами, характерними для природних умов; при цьому покращується аерація ґрунту та зменшуються втрати вологи на фізичне випаровування [250].

Пористість ґрунту в наших дослідженнях розраховували за формулою з урахуванням щільності та питомої маси ($2,62 \text{ г/см}^3$) ґрунту, характерної для дослідної ділянки в орному шарі (0–30 см). За результатами досліджень виявлено, що пористість обернено пропорційно залежала від щільності і коливалася в межах 48,1–61,5 %.

Максимальні показники пористості (50,0–67,9 %), незалежно від способу обробітку, отримали у верхньому шарі (0–10 см) як на початку весняно–польових робіт, так і наприкінці вегетації польових культур, що пояснюється культивацією верхнього шару перед висівом та міжрядними обробітками під час догляду за просапними культурами, а також наявністю в цьому шарі максимальної кількості рослинних решток попередника, які в свою чергу розущільнювали, оструктурували ґрунт та сприяли появі пор.

Під час висихання ґрунтової вологи навесні у верхні шари ґрунту проникає повітря і в подальшому стимулює розвиток активності аеробних бактерій, які сприяють мінералізації рослинних решток та гумусу і вивільненню доступних поживних речовин для рослин. Найбільш аерованим у нашому випадку навесні виявився ґрунт за полицевої системи обробітку, в середньому вище на 3,3–3,7 %

порівняно з мілким безполицевим, що пояснюється наявністю тут великої кількості некапілярних пор (діаметр $> 0,1$ мм), які слабо утримують вологу. На більш аерованому ґрунті внаслідок вищої активності аеробних бактерій в подальшому складався сприятливіший поживний режим ґрунту.

За мілкої безполицевої, мульчувальної систем обробітку ґрунту відмічена тенденція до зниження пористості у верхньому посівному шарі (0–10 см) на 1–5 % порівняно з полицевою, у зв'язку з меншою глибиною обробітку (12–14, 14–16 см) та особливістю роботи безполицевих знарядь без обороту пласта. З поглибленням у нижчі шари пористість закономірно знижувалася на 4–6 % за полицевої та 1–4 % за мілкої безполицевої, мульчувальної систем унаслідок дії сил земного тяжіння та маси верхніх шарів ґрунту, які тиснуть на нижчележачі шари, ущільнюючи їх. Слід, також, відмітити високі показники пористості (49,6–61,8 %) за диференційованої системи обробітку, які практично не поступаються полицевій оранці, за рахунок проведення в сівозміні, один раз на п'ять років, періодичної оранки під кукурудзу на 23–25 см.

На кінець вегетації відбувалося закономірне ущільнення ґрунту внаслідок дії природних та техногенних факторів, у результаті чого об'єм пор зменшувався в середньому на 2,7–5,7 % за полицевої і диференційованої систем обробітку та на 1,5–3,5 % за мілкового безполицевого розпушування. Більш пористий ґрунт на полицевій і диференційованій системах обробітку ґрунту навесні завжди інтенсивніше ущільнювався протягом вегетаційного періоду порівняно з мілким безполицевим.

Із викладеного можна зробити висновок, що пористість ґрунту обернено пропорційна до щільності, тобто, чим вищі показники щільності, тим нижчий об'єм пор у ґрунті. Підвищити пористість до 54,3 % та покращити аерацію ґрунту на 30,3–32,4 % можна за рахунок основної обробітку ґрунту (особливо оранки і чизельного розпушування), а також залишенням рослинних решток, які розуцільнюють ґрунт та сприяють більшому утворенню в ньому пор.

3.4. Протидефляційна стійкість

Вітрова ерозія ґрунту (дефляція) значною мірою проявляється в районах з малою кількістю опадів, високими весняними і літніми температурами повітря, посиленою вітровою активністю, малою зв'язністю ґрунтів, а особливо на полях із відсутнім або слабким рослинним покривом [23, 77, 90, 109, 251–253].

Розрізняють два основних види вітрової ерозії: повсякденну і пилові бурі. *Повсякденна ерозія* найбільш виражена на легких і карбонатних суглинкових ґрунтах і зумовлюється вітрами малої швидкості, завихренням повітря, невеликими поривами вітру, а також дією на сухий ґрунт різних ґрунтообробних механізмів. Під впливом вітру та сільськогосподарської техніки спостерігається легке “димлення” над полем часток ґрунту, які далеко не переносяться. Повсякденну ерозію часто не помічають і не надають великого значення, але вона повільно і систематично руйнує ґрунт. *Пилові бурі* – вид вітрової ерозії, який відзначається найбільш руйнівною дією і спричиняється вітрами, швидкість яких перевищує 15 м/с [90].

Вітрова ерозія ґрунту в степовій зоні України проявляється майже на всій території зазвичай у зимово–весняний період та посушливі роки з різкими перепадами температур і активним вітровим режимом, коли ґрунти не мають рослинності і найбільш ерозійно уразливі. За рік налічується від 8 до 21 дня, коли швидкість вітру перевищує, або рівна 15 м/с. Небезпеку появи ерозії частіше створюють вітри східного напрямку із швидкістю більше 12 м/сек. [90].

Еродованість (величина переносу ґрунтових частинок вітром) – найбільш об’єктивний показник ступеня вітростійкості ґрунту. Вона залежить здебільшого від властивостей поверхневого шару ґрунту (гранулометричний склад, грудкуватість і зв’язність ґрунтових агрегатів, кількість стерні і т. ін.). Для більшості ґрунтів за вмісту у верхньому шарі 0–5 см грудочок розміром більше 1 мм і в кількості понад 60 % від її сухої маси створюються сприятливі умови стійкості до видування, а за кількості, меншої 50%, видування ґрунтових часток зростає [254].

У таких умовах для попередження видування ґрунту необхідно мати на кожен відсоток зниження грудкуватості верхнього шару на поверхні додатково 8–10 шт./м² умовної стерні довжиною 20 см у перерахунку на пшеницю озиму [255, 256]. За теоретичними розрахунками еродованості ґрунту вітром, використовуючи формулу Е. И. Шиятого, крайньою допустимою межею є 120 г. Якщо еродованість дорівнює, або менша 50 г, то поверхня ґрунту вважається сильновітростійкою і помірностійкою за значень 50–120 г [257].

У наших дослідженнях відразу після обробітку ґрунту в полях сівозмін Північного Степу склалися сприятливі умови стійкості до видування ґрунту,

грудкуватість верхнього шару (агрегати > 1 мм) в більшості випадків була на рівні 60 % і більше, тобто в оптимальних межах. Наприкінці зими та на початку весни (період найбільшої небезпеки вітрової ерозії) під впливом погоди (промерзання, відтавання, зволоження, висушування) грудочки сильно руйнувалися до ерозійно небезпечних розмірів, а кількість вітростійких агрегатів зменшувалася в 1,3–1,4 раза і становила 43–45 % (табл. 20, 21).

20. Показники протидефляційної стійкості ґрунту навесні в чистому парі залежно від способів його обробітку

Показник	Спосіб обробітку ґрунту	Попередники		
		ячмінь (середнє за 2005–2009 рр.)	соняшник (середнє за 2005–2009 рр.)	кукурудза (середнє за 2010–2013 рр.)
Наявність умовної стерні на поверхні, шт./м ²	полицевий	10	12	20
	чизельний	124,8	96	-
	дисковий	72	-	333
	плоскорізний (ранній пар)	465	396	630
Грудкуватість (агрегати > 1 мм) у шарі ґрунту 0–5 см	полицевий	44	45	46
	чизельний	43	44	-
	дисковий	44	-	43
	плоскорізний (ранній пар)	45	45	45
Механічна міцність грудочок, %	полицевий	81	83	82
	чизельний	72	74	-
	дисковий	69	-	67
	плоскорізний (ранній пар)	74	73	75
Еродованість ґрунту вітром, г/м ² /5 хв	полицевий	150	185	134
	чизельний	20	25	-
	дисковий	131	-	113
	плоскорізний (ранній пар)	8	12	5
Коефіцієнт вітростійкості поверхні	полицевий	0,86	0,64	0,89
	чизельний	6,0	4,8	-
	дисковий	0,96	-	1,06
	плоскорізний (ранній пар)	15,0	10,0	24,0

В умовах руйнування ерозійно стійких грудочок (агрегати > 1 мм) важливе значення мають залишені на поверхні рослинні рештки попередника, які захищають поверхню ґрунту від видування пилюватих фракцій навесні. Так, найбільша кількість умовної стерні на поверхні залишалася після дискового 72–333 шт./м² та чизельного – 96–124,8 шт./м² обробітків, а максимальна безумовно в ранньому парі – 396–630 шт./м². Ранній пар – це найбільш радикальний захід боротьби не тільки з вітровою, а й з водною ерозією навесні. Навіть сильні вітри (понад 15 м/с) у ранньому парі не в змозі видувати більше 5–12 г/м² ґрунту за 5 хв. Експозиції, того часу як за полицевого обробітку ці показники зростають в 15–26 разів і становлять 134–185 г/м².

21. Вплив способів основного обробітку на показники протиерозійної стійкості ґрунту після пшениці озимої навесні

Показник	Система обробітку ґрунту	Пшениця озима	
		середнє за 2005–2009 рр.	середнє за 2010–2013 рр.
Наявність умовної стерні на поверхні, шт./м ²	полицева	30	28
	мілка (безполицева)	180	-
	диференційована	-	125
	мульчувальна	-	250
Грудкуватість (агрегати > 1 мм) у шарі ґрунту 0–5 см	полицева	44	45
	мілка (безполицева)	43	-
	диференційована	-	44
	мульчувальна	-	45
Механічна міцність грудочок, %	полицева	82	82
	мілка (безполицева)	72	-
	диференційована	-	69
	мульчувальна	-	73
Еродованість ґрунту вітром, г/м ² /5 хв	полицева	145	150
	мілка (безполицева)	29	-
	диференційована	-	51
	мульчувальна	-	32
Коефіцієнт вітростійкості поверхні	полицева	0,82	0,8
	мілка (безполицева)	4,1	-
	диференційована	-	2,35
	мульчувальна	-	3,75

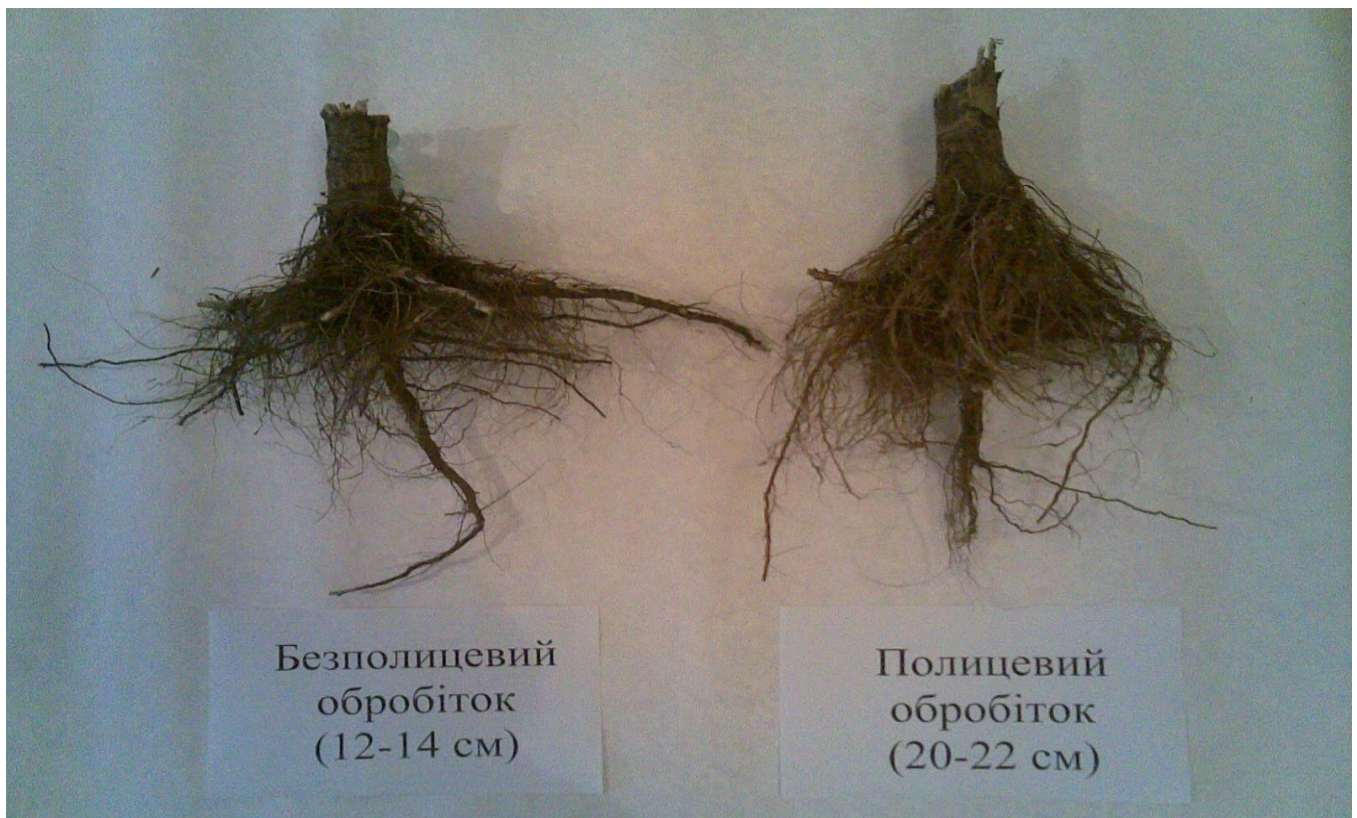
Коефіцієнт вітростійкості поверхні (відношення допустимої межі еродованості 120 г/м² до фактичної еродованості) найвищим закономірно був у ранньому парі (10–24) у зв'язку зі захищеністю поверхні рослинними рештками.

Відзначимо й чизельний обробіток, де коефіцієнт вітростійкості був також високим, але нижчим у 2,0–2,5 раза, ніж у ранньому пару. У літній період під час догляду за паром, при проведенні культивуацій, ризики прояву дефляції зростають в рази, навіть по ранньому пару, але все ж таки ґрунт залишається стійкішим до видування у варіантах безполицевого обробітку порівняно з полицевим. Використання полицевого обробітку в пару та під культурами в сівозміні сприяло максимальним проявам вітрової ерозії (дефляції).

Використання мілкої безполицевої мульчувальної системи обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах рівень еродованості знижує до 29–32 г/м² завдяки захищеності ґрунту рослинними рештками. Наявність умовної стерні на поверхні ґрунту при цьому становить 180–250 шт./м² (табл. 21).

За полицевої системи обробітку ґрунту еродованість зростає до 145–150 г/м², а коефіцієнт вітростійкості знижується в 4,6–5,0 разів і становить 3,75–4,1. Проміжне положення в цих умовах займала диференційована система основного обробітку ґрунту з еродованістю 51 г/м², що нижче, ніж за полицевої системи в 3 рази.

Таким чином, використання мілкої мульчувальної системи обробітку ґрунту в сівозміні дає можливість суттєво знизити прояви вітрової ерозії (дефляції) до безпечного рівня (29–32 г/м²) за рахунок залишення на поверхні ґрунту рослинних решток попередніх культур, які значною мірою знижують швидкість вітру над поверхнею ґрунту та сприяють зменшенню видування ерозійно небезпечних фракцій розміром <1 мм, як у полях чистого пару, так і по зябу навесні перед сівбою польових культур.



Розвиток кореневої системи соняшнику залежно від обробітку ґрунту



Ріст і розвиток рослин соняшнику під впливом обробітку ґрунту (зліва – полицева оранка, справа – безполицевий дисковий обробіток)



Біологічна активність ґрунту залежно від його обробітку в посівах соняшнику (розклад лляного полотна, експозиція 30 днів)



Біологічна активність ґрунту в посівах ячменю ярого під впливом обробітку (розклад лляного полотна, експозиція 30 днів)



Універсальний дисковий агрегат УДА-2,4-20



Дисковий агрегат АГ-2,4-20

**СУЧАСНІ ДИСКОВІ АГРЕГАТИ ДЛЯ МУЛЬЧУВАЛЬНОГО
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**



Агрегат дисковий ґрунтообробний напівнавісний АГМ-4,2



Агрегат дисковий АГН-2,5; Велес-агро

**СУЧАСНІ ДИСКОВІ АГРЕГАТИ ДЛЯ МУЛЬЧУВАЛЬНОГО
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**



Дисково-чизельний агрегат ДИЧ-3,1-20



Ґрунтообробний агрегат АКШ-6Г

**СУЧАСНІ ҐРУНТООБРОБНІ КОМБІНОВАНІ АГРЕГАТИ ДЛЯ
МУЛЬЧУВАННЯ**



МУЛЬЧУВАЛЬНИЙ ОБРОБИТОК ҐРУНТУ



Мульчувальний обробіток ґрунту КШН-5,6 "Резидент" – справа та полицева оранка ПО-3-35 – зліва



Нульовий обробіток ґрунту в посівах кукурудзи



**Чизельний обробіток ґрунту після ячменю чизель – культиватором Conser
Till Plow**



Ранній пар після стерньового попередника зліва та полицева оранка в чорному пару справа перед першим обробітком навесні



Ранній пар після соняшнику зліва та чизельний обробіток в чорному пару справа перед першим обробітком навесні



Плоскорізний навісний агрегат ПН-2,5

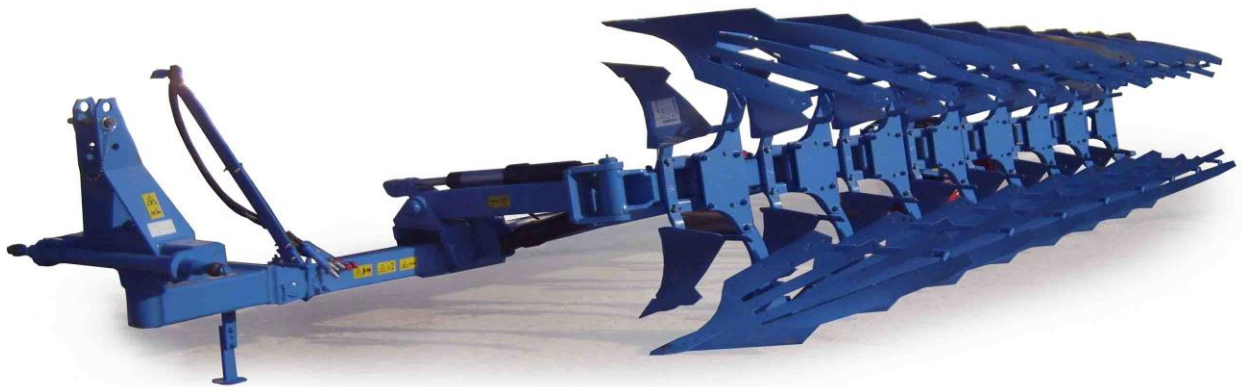


Плоскорізний навісний агрегат АКШ-3,6

**СУЧАСНІ ПЛОСКОРІЗНІ АГРЕГАТИ ДЛЯ МУЛЬЧУВАЛЬНОГО
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**



Плуг оборотний ПОН-3-35



Плуг оборотний напівнавісний LEMKEN TERRION Евро Діамант

СУЧАСНІ ОБОРОТНІ ПЛУГИ



Плуг оборотний напівнавісний з передплужниками PON 5–40+



Плуг оборотний навісний UNIA VARIO

СУЧАСНІ ОБОРОТНІ ПЛУГИ



Агрегат комбінований ґрунтообробно - посівний АКПД-6Р



ґрунтообробно посівний агрегат АППМ-4

СУЧАСНІ ҐРУНТООБРОБНО - ПОСІВНІ КОМПЛЕКСИ



Чизель глибокорозпушувач ГР-3,4-45



Чизельний культиватор Conser Till Plow

ЧИЗЕЛЬНІ АГРЕГАТИ ДЛЯ МУЛЬЧУВАННЯ



Плуг чизельний глибокорозпушувач ГРК-3

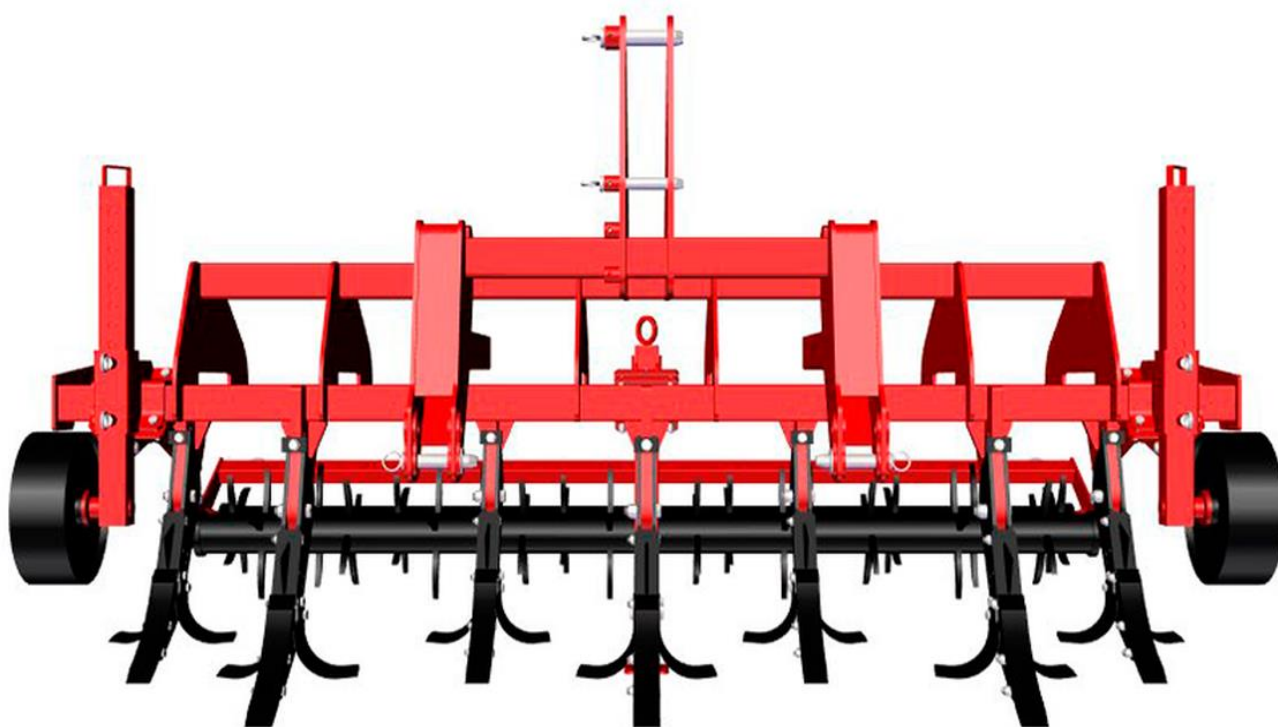


Плуг чизельний ПЧ-4

ЧИЗЕЛЬНІ АГРЕГАТИ ДЛЯ МУЛЬЧУВАННЯ



Чизельний культиватор Chisel Plow



Чизель глибокорозпушувач АГР- 3,4 «Булава»

ЧИЗЕЛЬНІ АГРЕГАТИ ДЛЯ МУЛЬЧУВАННЯ

РОЗДІЛ 4

ВОЛОГІСТЬ ҐРУНТУ ПО РІЗНИХ АГРОФОНАХ ЙОГО ОБРОБІТКУ

Ґрунтова волога – це важливий елемент забезпечення процесів росту надземної частини і кореневої системи рослин. Вона посилює або зменшує механічний опір ґрунту, що є важливим фактором при проведенні основного обробітку ґрунту. Як зазначав К. А. Тимірязєв [258], вологозабезпечення – одна з найважливіших умов життя рослин. Продуктивність польових культур знаходиться в прямо пропорційній залежності від їх вологозабезпеченості. За достатньої кількості ґрунтової вологи, складаються сприятливі умови для росту і розвитку польових культур, а в кінцевому результаті зростає їх урожайність.

4.1. Зміна вологості в ґрунті та водоспоживання польовими культурами

Ґрунтова волога визначає умови життя мікроорганізмів, біогенність ґрунту, інтенсивність розкладання рослинних решток, органічних сполук і накопичення в ґрунті рухомих поживних речовин. Нестача вологи завжди була обмежувальним фактором у визначенні рівня врожаю польових культур. Регулювання водного режиму визнано найважливішим завданням землеробства і його центральної ланки – обробітку ґрунту [259, 260].

У Північному Степу України висока продуктивність практично всіх вирощуваних культур, в умовах отримання своєчасних і повних сходів, формується за рахунок вологозапасів, накопичених у глибоких шарах ґрунту протягом осінньо-зимового періоду року. Опади весняно-літнього періоду значно поступаються сумарній витраті вологи на споживання рослинами і фізичне випаровування, їх ефективність невелика і становить 25–30 %. Ґрунти північного Степу України характеризуються непроливним режимом, який характеризується поповненням водою за рахунок атмосферних опадів без наскрізного промочування [109, 234, 261, 262].

Максимум вологи в ґрунті спостерігається навесні. Промочування ґрунту в сприятливі роки перевищує півтора метра, в несприятливі роки значно знижується. Опади літнього періоду в більшій своїй масі не надходять до кореневої системи рослин, випаровуючись з поверхні ґрунту, частково стікаючи у

ставки, долини рік та їх басейни. Тобто велика частина річних опадів (33-50%) витрачається непродуктивно [234, 260, 263].

Встановлено, що в роки з непромерзлим ґрунтом взимку накопичення вологи в глибоких шарах під посівами озимих і на зябу визначається в основному кількістю опадів і меншою мірою способами та глибиною обробітку. Коли ґрунт сильно зволожується з поверхні восени від випадання частих дощів та рано замерзає, можна відмітити, як загальну закономірність, покращення водного режиму на більш глибоких обробітках і погіршення на поверхневих і мілких [264–267]. Однак, на думку багатьох учених, поглиблення орного шару за рахунок оранки не завжди супроводжується зростанням запасів вологи. Так, Д.С. Васильєв, П.Г. Семихненко встановили, що глибина розпушеного шару ґрунту не має істотного впливу на збереження вологи [268]. Такої самої думки дотримуються і І.С. Годулян [269] та інші вчені [270, 271], які вважають, що мілкий обробіток ґрунту після просапних культур у посушливі роки має деякі переваги за показниками вологозабезпеченості озимих в осінній період порівняно з оранкою.

На основі проведених досліджень Ф.Т. Моргун робить висновок, що на ділянках плоскорізного обробітку порівняно з оранкою у метровому шарі ґрунту накопичується на 30–50 мм продуктивної вологи більше [104]. Такого висновку дійшли й І.П. Макаров [272], А.Х. Онтаєв [273], Е.А. Теплицький [274]. Значна кількість учених відмічає однаковий вплив полицевого і плоскорізного обробітку на забезпеченість рослин водою та їх споживання різними польовими культурами [275–277].

У північному Степу України рослини найчастіше страждають від нестачі вологи або від посухи як ґрунтової, так і повітряної, що веде до негативних змін у фізіологічних процесах, порушення обміну речовин у рослинах, а отже, й до втрати врожаю [204]. Захищаючись від посухи, рослини перебудовують свій організм на функціонування в режимі економного споживання води, що безперечно знижує їх продуктивність [278, 279].

Як зазначав А.А. Ізмаїльський, осінні дощі та сніг взимку відіграють значно більшу роль для накопичення вологи в ґрунті, ніж весняні, а особливо літні опади [280].

За твердженням П.А. Костичева, для чорноземних ґрунтів режим вологості можна розділити на два періоди: у перший чорнозем накопичує вологу, а в другий – він постійно втрачає воду, тобто висихає. Накопичення вологи в

зимовий період у ґрунті надзвичайно важливе для рослин, оскільки вона проникає в глибокі шари ґрунту. Вода за літніх короткочасних дощів поглинається лише верхнім шаром ґрунту, після чого швидко випаровується [281].

Головне завдання основного обробітку ґрунту у холодний осінньо-зимовий період року – накопичити щонайбільше вологи в ґрунті за рахунок снігозатримання та проведення протиерозійних заходів. Усі агротехнічні заходи (спосіб і глибина обробітку, удобрення, сівба та ін.) мають бути спрямовані на збереження вологи та її раціональне використання [71].

Згідно з отриманими даними, в Північному Степу України рівень акумуляції опадів ґрунтом за осінньо-зимовий період під різними культурами відрізнявся і залежав від способів обробітку ґрунту, погодних умов, стану поверхні поля, залишкових запасів води, агротехнічних прийомів [282].

У посівах ячменю ярого акумуляція вологи визначалася особливостями погоди. У середньому за 2005–2009 рр. на час сівби ячменю ярого уміст продуктивної вологи у шарі 0–150 см за полицевого обробітку становив 201, мілкого мульчувального плоскорізного – 200 мм (табл. 22).

Різниця в показниках між варіантами не перевищувала 4–7 мм за м'якої зими, періодичних відлиг, незначного промерзання і швидкого відтаювання ґрунту весною (2005, 2008, 2009 роки.). Перевага полицевого обробітку в додатковому накопиченні води спостерігалась у роки з морозною, сніжною зимою, повільним і тривалим сніготаненням (2006 р.), мілкого плоскорізного розпушування – за недобору нормативної суми опадів протягом грудня – лютого, відсутності снігового покриву і підвищеної вітрової активності (2007 р.). Висока акумулятивна здатність стерньового фону в цих умовах також пов'язана з меншою площею випаровуючої поверхні, наявністю у верхньому шарі (0–15 см) до 7 т/га подрібненої соломи і збереженням “дренажної” системи, сформованої після відмирання коренів попередньої культури.

Витрати води з ґрунту в період весняно-літньої вегетації ячменю за усередненими даними варіювали від 128 до 142 мм, безпосередньо залежали від рівня врожайності зерна, і найвищими виявилися за полицевого обробітку на фоні внесення азотних добрив.

22. Запаси вологи в ґрунті та її сумарне водоспоживання ячменем ярим по стерньовому попереднику під впливом систем обробітку у шарі 0–150 см, мм

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Рік	Сівба	Збирання	Використано вологи з ґрунту	Опади за вегетацію	Сумарне водоспоживання	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
без добрив + побічна продукція попередника (фактор В)							
Полицева	2005	239	127	112	194,4	306,4	181,3
	2006	226	29	197	173,1	370,1	86,8
	2007	158	1	157	116,8	273,8	188,8
	2008	139	62	77	235,3	312,3	83,7
	2009	210	0	210	126,0	336,0	147,3
	середнє	201	65	136	194,2	330,1	117,0
Мілка (безполицева)	2005	233	108	125	194,4	319,4	190,1
	2006	205	45	160	173,1	333,1	96,8
	2007	170	26	144	116,8	260,8	286,5
	2008	135	64	71	235,3	306,3	83,2
	2009	217	0	217	126,0	343,0	166,5
	середнє	200	72	128	194,2	322,2	128,3
N₆₀ + побічна продукція попередника (фактор В)							
Полицева	2005	239	118	121	194,4	315,4	87,3
	2006	226	1	225	173,1	398,4	76,3
	2007	158	0	158	116,8	274,8	131,4
	2008	139	45	94	235,3	329,3	75,1
	2009	210	0	210	126,0	336,0	107,0
	середнє	201	59	142	194,2	336,7	87,5
Мілка (безполицева)	2005	233	100	133	194,4	327,4	123,0
	2006	205	18	187	173,1	360,1	81,2
	2007	170	5	165	116,8	281,8	182,9
	2008	135	42	93	235,3	328,3	73,4
	2009	217	0	217	126,0	343,0	107,5
	середнє	200	62	138	194,2	332,4	96,9
НІР _{0,95} – середнє, мм:							
фактор А		2,0	4,5	-	-	-	-
фактор В		2,0	6,0				
взаємодія АВ		4,0	8,0				

Сумарне водоспоживання ячменю ярого значно залежало від кількості опадів у рік проведення досліджень. Так, у посушливі роки (2007, 2009) воно було мінімальним – 274,8–336,0 мм, але незважаючи на меншу кількість використаної вологи, рослини у 2,0–2,5 раза більше витрачали її на формування одиниці врожаю. Коефіцієнт водоспоживання за посушливих умов був

максимально високим – 188,8–286,5 мм/т, у той час як у вологі роки (особливо 2008 рік) із зростанням сумарного водоспоживання до 328,3–336,0 мм коефіцієнт суттєво знижувався (73,4–83,7 мм/т). Тобто рослини ячменю за посушливих умов непродуктивно використовують вологу, витрачаючи її більше на підтримання свого тургорного стану (транспірацію).

У середньому за роки досліджень відзначена тенденція до підвищення використання води рослинами ячменю за полицевої обробітки на 4,3–7,9 мм. Незважаючи на вищу витрату води за оранки, рослини використовували її раціональніше, тобто коефіцієнт водоспоживання був нижчий на 9,4–11,3 мм/т, порівняно з мілким мульчувальним плоскорізним обробіткою.

Паралельно із зростанням урожайності в разі внесення мінеральних добрив підвищувалося закономірно і сумарне водоспоживання рослин ячменю на 6,6–10,2 мм, а коефіцієнт водоспоживання, навпаки, суттєво знижувався (на 29,5–31,4 мм/т). Внесення добрив поряд із ростом врожайності сприяє більш раціональному використанню води, тобто зменшує витрату води на одиницю врожаю.

Протягом 2010–2013 рр. під час дослідження систем обробітки ґрунту перед сівбою ячменю ярого запаси продуктивної води у шарі 0–150 см дорівнювали: за полицевої системи обробітки – 151,7 мм, диференційованої (чизелювання) – 169,6, мульчувальної (дискування) – 160,4 мм. Перевагу в збільшенні акумуляції води в осінньо-зимовий період тут мала диференційована (чизелювання) та мілка мульчувальна (дискування) системи обробітки порівняно з полицевою на 17,9 та 8,7 мм відповідно, що пояснюється наявністю на цих агрофонах рослинних решток, які сприяли додатковому накопиченню снігу, наслідком чого було зростання акумуляції води, особливо в теплі малосніжні зими (2011–2012 рр., 2012–2013 рр.) – рис. 1. У подальшому водний режим ґрунту змінювався залежно від стану поверхні, темпів росту і розвитку рослин на різних агрофонах, гідротермічних умов.

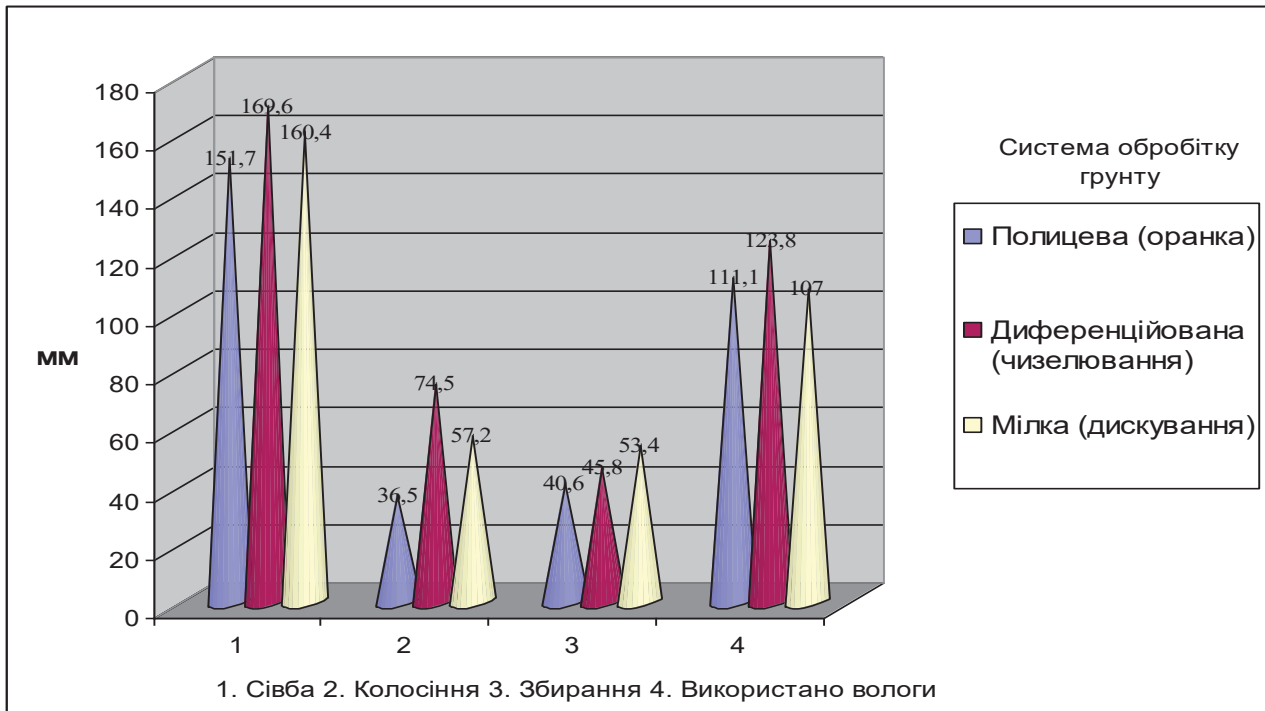


Рис. 1. Динаміка запасів продуктивної вологи в посівах ячменю ярого залежно від систем та способів обробітку ґрунту у шарі 0–150 см за 2010–2013 рр.

Протягом вегетаційного періоду зернофуражної культури вологозапаси в ґрунті поступово зменшувалися порівняно з першим визначенням навесні і у фазу колосіння становили за полицевої системи 18,2–36,5 мм, диференційованої – 24,3–74,5, мілкої мульчувальної – 37,0–57,2 мм залежно від рівнів живлення рослин. Удобрені рослини на відміну від неудобрених мали потужнішу вегетативну масу і закономірно використовували більше вологи для підтримання тургорного стану. Водовитрачання зростало по висхідній: природний фон – $N_{30}P_{30}K_{30}-N_{60}P_{30}K_{30}$. У фазі розвитку кущіння–колосіння, який відзначався недобором опадів, відбувалося стрімке накопичення вегетативної маси та інтенсивне використання води рослинами ячменю, про що свідчать низькі залишкові запаси вологи. Відповідно до стану посівів і передумов для формування врожайності зерна найбільші витрати вологи з ґрунту зареєстровані на чизелюванні (диференційована система) – 121,3–124,9 та оранці (полицева система) – 111,1–118,2 мм, найменші – на дискуванні (мульчувальна система) – 107–112,8 мм (табл. 23).

23. Сумарне водоспоживання ячменем ярим по просапному попереднику за різних систем обробітку ґрунту у шарі 0–150 см (середнє за 2010–2013 рр.), мм

Система обробітку ґрунту	Сівба	Збирання	Використано вологи з ґрунту	Опади за вегетацію	Сумарне водоспоживання	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
<i>Без добрив + рослинні рештки</i>						
Полицева	151,7	40,6	111,1	152,8	263,9	105,1
Диференційована	169,6	45,8	123,8		276,6	103,6
Мілка (мульчувальна)	160,4	53,4	107,0		259,8	89,6
<i>N₃₀P₃₀K₃₀ + рослинні рештки</i>						
Полицева	151,7	38,9	112,8	152,8	265,6	112,5
Диференційована	169,6	44,7	124,9		277,7	105,9
Мілка (мульчувальна)	160,4	52,3	108,1		260,9	90,6
<i>N₆₀P₃₀K₃₀ + рослинні рештки</i>						
Полицева	151,7	33,5	118,2	152,8	271,0	132,2
Диференційована	169,6	48,3	121,3		274,1	116,6
Мілка (мульчувальна)	160,4	47,6	112,8		265,6	99,1
НІР _{0,95} , мм: фактор А	8,0	9,5				
фактор В	0,0	5,0	-	-	-	-
взаємодія АВ	8,0	13,0				

Від фази колосіння до збирання зернофуражної культури випадали дощі, які поповнювали запаси вологи у ґрунті до 33,5–53,4 мм в 1,5–метровому шарі. Відмічено прямий взаємозв'язок між рівнем залишкових запасів її (колосіння) і кількістю ввібраної вологи опадів. Випаровування води в цей період корегувалося здебільшого ступенем проективного покриття поверхні рослинами зернофуражної культури з явними ознаками гальмування цього процесу в більш щільних посівах. Щодо абсолютних величин умісту вологи у ґрунті, то по варіантах обробітку ґрунту збереглася тенденція, притаманна фазі колосіння рослин ячменю.

Сумарне водоспоживання рослин ячменю ярого корелювало з показниками використаної вологи з ґрунту та зростало на величину опадів (152,8 мм) протягом вегетаційного періоду. Найменше вологи на одиницю врожаю використовувалося за мілкої мульчувальної системи обробітку (дискування), коефіцієнт водоспоживання тут був мінімально низьким і становив лише 89,6–99,1 мм/т,

незважаючи на мінімальний урожай зерна – 2,05–2,68 т/га. Використання полицевої та диференційованої систем обробітку ґрунту хоча і сприяло зростанню врожайності до 2,51–2,90 т/га, але призводило до збільшення витрат вологи на одиницю врожаю в 1,1–1,3 раза (табл. 23).

Аналогічно, відбувалося і формування водного режиму ґрунту в посівах соняшнику в трипільній зерно-паро-просапній сівозміні. Так, на час сівби олійної культури запаси продуктивної вологи в шарі 0–150 см варіювали по роках від 99,3 до 217,1 мм і в середньому за 2005–2010 рр. становили: за полицевого обробітку – 182,9, мілкого плоскорізного – 179,7 мм. Суттєву перевагу полицевої оранки в накопиченні вологи відмічено в морозні, сніжні зими 2006 і 2008 років, мілкого плоскорізного розпушування – у теплі, малосніжні зими з частими відлигами (2007 р.) – табл. 24.

Посіви соняшнику від сівби до настання повної стиглості насіння в більшості випадків майже повністю використовували наявні запаси ґрунтової вологи, особливо на фоні внесення мінеральних добрив. Це пояснюється біологічними особливостями рослин (потужна коренева система, досить велика листкова поверхня, тривалий вегетаційний період) та складними гідротермічними умовами (посухи, суховії), що призводило до непродуктивного випаровування вологи.

Показники кількості використаної води з ґрунту змінювалися відповідно до рівня продуктивності посівів олійної культури: найбільшими (160,1 мм) вони були на полицевому обробітку за використання побічної продукції і внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$, найменшими (133,0 мм) – за мілкого плоскорізного обробітку без застосування мінеральних добрив.

Такі самі закономірності спостерігалися і в сумарному водоспоживанні. За полицевого обробітку сумарне водоспоживання згідно зі середніми показниками зростало на 4,6–16 мм порівняно з плоскорізним. Коефіцієнт водоспоживання знижувався в посушливі роки (2007 р.) до 155,7–160,7 мм. Рослини соняшнику в посушливих умовах використовували вологу з глибоких шарів (глибше 1,5 м) і, незважаючи на повне використання її у шарі 1,5 м, витрачали води менше на формування одиниці врожаю. Внесення мінеральних добрив також забезпечувало економне використання води рослинами соняшнику на одиницю врожаю, коефіцієнт водоспоживання при цьому знижувався на 6,2–8,0 мм/т.

**24. Запаси вологи у ґрунті та її сумарне водоспоживання соняшником
у зв'язку із системами обробітку ґрунту та удобренням у шарі 0–150 см, мм**

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Рік	Сівба	Збирання	Використано вологи з ґрунту	Опади за вегетацію	Сумарне водоспоживання	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
Без добрив + рослинні рештки (фактор В)							
Полицева	2005	200,0	68,6	131,4	227,4	358,8	169,2
	2006	217,1	46,8	171,0	252,9	423,9	203,7
	2007	149,0	0	149,0	198,2	347,2	160,7
	2008	129,6	33,5	96,1	329,8	425,9	165,7
	2009	198,9	33,7	165,2	211,1	376,3	136,8
	2010	202,7	22,4	180,3	270,2	450,5	212,5
	середнє	182,9	34,1	148,8	248,2	397,1	172,6
Мілка (безполіцева)	2005	195,4	61,4	134,0	227,4	361,4	175,4
	2006	207,0	56,5	150,5	252,9	403,4	212,3
	2007	174,7	41,9	132,8	198,2	331,0	157,6
	2008	99,3	37,4	61,9	329,8	391,7	155,4
	2009	205,5	42,4	163,1	211,1	374,2	150,8
	2010	196,2	41,0	155,2	270,2	425,4	189,0
	середнє	179,7	46,7	133,0	248,2	381,1	171,6
N₃₀P₃₀K₃₀ + рослинні рештки (фактор В)							
Полицева	2005	200,0	72,4	127,6	227,4	355,0	159,1
	2006	217,1	13,5	203,6	252,9	456,5	201,9
	2007	149,0	0	149,0	198,2	347,2	155,7
	2008	129,6	31,5	98,1	329,8	427,9	155,0
	2009	198,9	19,2	179,7	211,1	390,8	130,2
	2010	202,7	0	202,7	270,2	472,9	195,4
	середнє	182,9	22,8	160,1	248,2	408,3	164,6
Мілка (безполіцева)	2005	195,4	65,5	129,9	227,4	357,3	166,1
	2006	207,0	20,1	186,9	252,9	439,8	206,4
	2007	174,7	0	174,7	198,2	372,9	159,3
	2008	99,3	29,2	70,1	329,8	399,9	149,8
	2009	205,5	30,5	175,0	211,1	386,1	136,9
	2010	196,2	0	196,2	270,2	466,4	184,3
	середнє	179,7	24,2	155,5	248,2	403,7	165,4
НІР _{0,95} середнє, мм:							
фактор А		2,8	4,1	-	-	-	-
фактор В		0,2	8,1				
взаємодія АВ		2,8	11,8				

Із вивченням водного режиму ґрунту під соняшником у п'ятипільній зерно-паро-просапній сівозміні протягом 2010–2013 рр. відмічено тенденцію до акумуляції опадів холодної пори року на ділянках диференційованої

(безполицевий обробіток) та мілкої мульчувальної (чизельний обробіток) систем обробітку ґрунту (177,1–179,4 мм проти 170,3 мм на полицевому обробітку в шарі 0–150 см). Під час цвітіння олійної культури спостерігалася зворотна залежність, тобто більше водовитрачання було притаманне варіантам з вищими вихідними (весняними) запасами вологи у ґрунті, а також удобрених рослин, які формували потужнішу листостеблову масу (рис. 2, табл. 25).

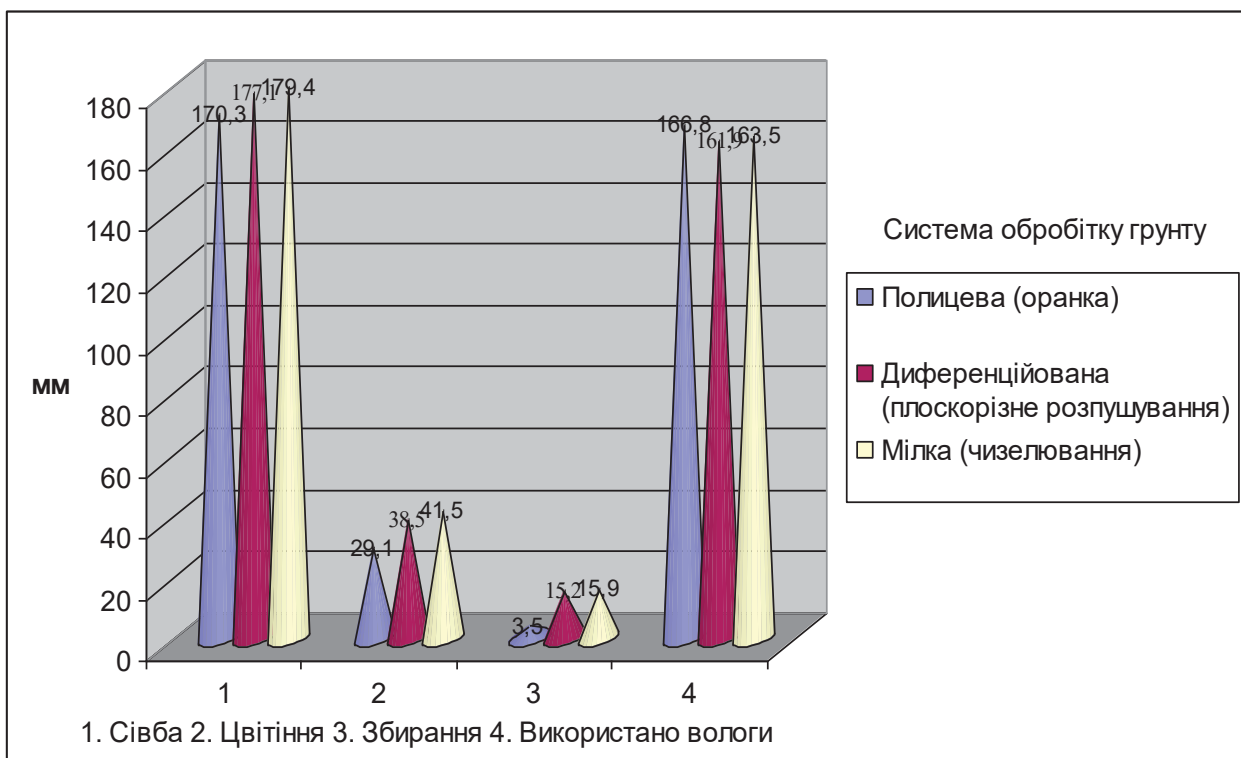


Рис. 2. Динаміка запасів продуктивної вологи в посівах соняшнику залежно від систем та способів обробітку ґрунту, у шарі 0–150 см за 2010–2013 рр.

Посіви соняшнику від сівби до настання повної стиглості насіння майже повністю використовували наявні запаси ґрунтової вологи, особливо на фоні внесення добрив. Це пояснюється, насамперед, біологічними особливостями рослин (потужна коренева система, досить велика листкова поверхня, тривалий вегетаційний період) та складними гідротермічними умовами (посуха у серпні), що призводило до непродуктивного випаровування води з поверхні ґрунту.

Показники кількості використаної вологи з ґрунту за вегетацію у більшості випадків змінювались відповідно до рівня продуктивності посівів олійної культури: найбільшими (163,5–174 мм) вони були за мілкої мульчувальної

(чизельний обробіток) та диференційованої (плоскорізний обробіток) систем обробітку ґрунту внаслідок використання післяжнивних решток і внесення $N_{60}P_{30}K_{30}$, найменшими (166,8–168,5 мм) – на ділянках полицевого обробітку, особливо без застосування мінеральних добрив (табл. 25).

25. Сумарне водоспоживання соняшником у п'ятипільній сівозміні під впливом різних систем обробітку ґрунту у шарі 0–150 см (середнє за 2010–2013 рр.), мм

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Сівба	Збирання	Використано вологи з ґрунту	Опади за вегетацію	Сумарне водоспоживання	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
Без добрив + рослинні рештки (фактор В)						
Полицева	170,3	3,5	166,8	194,6	361,4	151,8
Диференційована	177,1	15,2	161,9		356,5	139,8
Мілка (мульчувальна)	179,4	15,9	163,5		358,1	134,6
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + рослинні рештки (фактор В)						
Полицева	170,3	2,9	167,4	194,6	361,7	161,4
Диференційована	177,1	3,7	173,4		368,0	144,8
Мілка (мульчувальна)	179,4	5,4	174,0		368,6	137,5
$N_{60}P_{30}K_{30}$ + рослинні рештки (фактор В)						
Полицева	170,3	1,8	168,5	194,6	363,1	157,2
Диференційована	177,1	2,2	174,9		369,5	141,2
Мілка (мульчувальна)	179,4	3,7	171,2		365,8	134,9
НІР _{0,95} , мм:						
фактор А	6,1	5,5	-	-	-	-
фактор В	2,2	4,9	-	-	-	-
взаємодія АВ	6,1	9,1	-	-	-	-

Коефіцієнт водоспоживання соняшником знижувався в 1,1–1,2 раза з використанням мілкої мульчувальної системи обробітку порівняно з полицевою, що свідчить про більш економне споживання води рослинами на варіантах, укритих післяжнивними рештками попередника, які зменшують фізичне випаровування вологи з поверхні ґрунту та сприяють раціональному використанню води рослинами для підтримання фізіологічних процесів. Майже не поступалася мульчувальній (чизелювання) за показниками раціонального використання вологи диференційована (плоскорізний обробіток) система

обробітку ґрунту, яка давала можливість рослинам олійної культури знизити коефіцієнт водоспоживання на 12,0–16,6 мм/т та більш економно використовувати ґрунтову вологу.

Перед сівбою кукурудзи на зерно після ячменю ярого в середньому за 2010–2013 рр. акумулювалася практично однакова кількість продуктивної вологи: 172,6–175,3 мм на глибокій оранці (полицева, диференційована системи обробітку) та 173,6 мм на мілкому безполицевому обробітку, що пояснюється невеликою загальною кількістю післяжнивних решток попередника (ячмінь ярий) – 1,9–2,7 т/га (рис. 3).

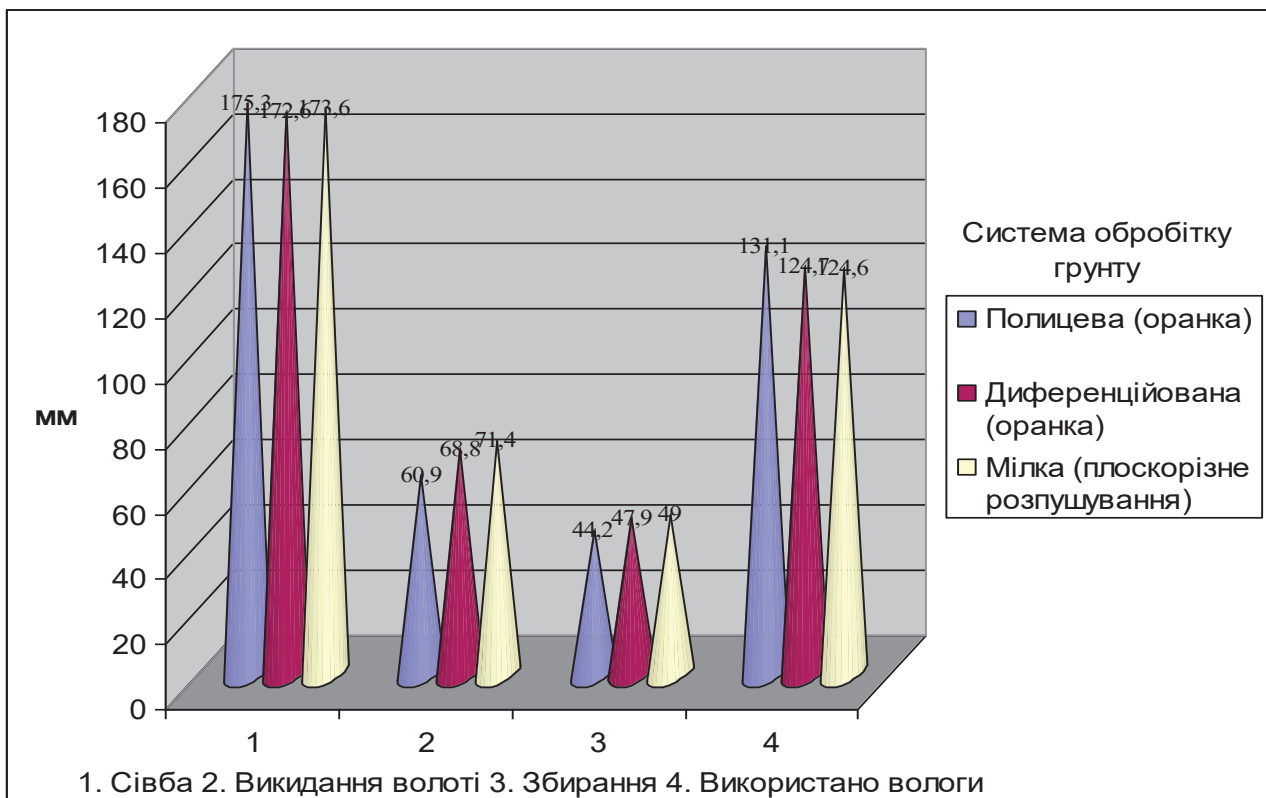


Рис. 3. Динаміка запасів продуктивної вологи в посівах кукурудзи застосування різних систем та способів обробітку ґрунту у шарі 0–150 см (середнє за 2010–2013 рр.), мм

Підвищена акумулятивна і вологозберігаюча здатність стерньового агрофону за мілкою обробітку відзначена у 2011 та 2013 роках. і зумовлена меншою площею випаровуючої поверхні за рахунок наявності захисного екрана і збереженням “дренажної” системи, сформованої після відмирання коренів

попередньої культури. Полицева оранка мала перевагу у вологонакопиченні лише у 2012 році. за умов відсутності належного стерньового екрана з післяжнивних решток.

Протягом вегетаційного періоду зернової просапної культури до фази викидання волотей рослини використовували майже 70 % ґрунтових вологозапасів, що пов'язано з нижчим урожаєм зерна на мульчувальному фоні. Залишкові запаси вологи у фазу повної стиглості зерна були незначними, при цьому вони здебільшого різнилися фонами удобрення, ніж за способами обробітку ґрунту (від 44,2–49,0 мм на ділянках без мінеральних добрив до 22,1–31,5 мм за внесення $N_{60}P_{30}K_{30}$) – табл. 26. В оберненій залежності змінювалися показники використаної ґрунтової вологи за період вегетації кукурудзи: 1311–1246 м³/га (без добрив), 1315–1483 м³/га ($N_{30}P_{30}K_{30}$), 1421–1532 м³/га ($N_{60}P_{30}K_{30}$).

Коефіцієнт водоспоживання під час вирощування кукурудзи на зерно також був у 1,1–1,2 раза вищим за полицевої та диференційованої систем обробітку порівняно з мульчувальним фоном. Застосування мілкої мульчувальної системи обробітку сприяло більш економному використанню вологи на 9,3–11,8 мм/т.

Проаналізовані дані підтверджують, що незалежно від способів та систем обробітку протягом років досліджень, на фоні загального непромивного водного режиму ґрунту, характерного для степової зони за класифікацією О.А. Роде [234, 267], формувався не наскрізний, найменш насичений клас вологості ґрунту, тобто було характерним не щорічне промочування півтораметрового шару ґрунту, зокрема у 2007, 2008 та 2012 рр., які характеризувалися недобором нормативної суми опадів протягом грудня–лютого, відсутністю снігового покриву за підвищеної вітрової активності. Вода опадів у ці роки зволожувала ґрунт лише на 90–110 см до рівня НВ, у результаті чого формувався прошарок між накопиченою вологою протягом холодного періоду і вологою в глибоких шарах ґрунту на рівні ВВ. За весняно-літньої вегетації рослин коренева система, досягаючи сухого прошарку (ВВ), не може в більшості випадів досягти глибших шарів, при цьому рослини починають страждати від посухи, особливо за відсутності опадів протягом вегетації, знижуючи врожай.

26. Сумарне водоспоживання кукурудзою за різних систем обробітку ґрунту та удобрення у шарі 0–150 см (середнє за 2010–2013 рр.), мм

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Сівба	Збирання	Використано вологи з ґрунту	Опади за вегетацію	Сумарне водоспоживання	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
Без добрив + рослинні рештки (фактор В)						
Полицева	175,3	44,2	131,1	194,6	325,7	65,0
Диференційована	172,6	47,9	124,7		319,3	58,6
Мілка (мульчувальна)	173,6	49,0	124,6		319,2	55,7
N₃₀P₃₀K₃₀ + рослинні рештки (фактор В)						
Полицева	175,3	27,0	148,3	194,6	342,9	69,4
Диференційована	172,6	32,7	139,9		334,5	62,5
Мілка (мульчувальна)	173,6	42,1	131,5		326,1	57,8
N₆₀P₃₀K₃₀ + рослинні рештки (фактор В)						
Полицева	175,3	22,1	153,2	194,6	347,8	72,0
Диференційована	172,6	27,3	145,3		339,9	64,8
Мілка (мульчувальна)	173,6	31,5	142,1		336,7	60,2
НІР _{0,95} , мм:						
фактор А	2,9	5,0	-	-	-	-
фактор В	0,0	7,2	-	-	-	-
взаємодія АВ	2,9	12,1	-	-	-	-

На основі проведених досліджень можна зробити висновки, що в умовах північного Степу України формується непромивний водний режим з ненаскрізним найменш насиченим класом вологості. Перевага полицевої системи обробітку ґрунту в додатковій акумуляції вологи протягом осінньо-зимового періоду відмічається в роки з морозними сніжними зимами, повільним і тривалим сніготаненням (2006 р.), мілкою мульчувальною плоскорізною розпушування – за недобору нормативної суми опадів протягом грудня–лютого, відсутності снігового покриву і підвищеної вітрової активності (2007, 2012, 2013 роки).

Використання консервуючого (чизельного) обробітку за диференційованої системи збільшує накопичення вологи на 91,0–179,0 м³/га в осінньо-зимовий період за рахунок рослинних решток, які затримують більше снігу, особливо в теплі малосніжні зими.

Застосування мілкої мульчувальної системи обробітку ґрунту, незважаючи на зниження врожаю зерна, сприяє більш економному витрачання вологи на одиницю врожаю в 1,1–1,2 рази під час вирощування польових культур.

4.2. Роль чорних парів у накопиченні води і відновленні водного балансу в сівозміні

Чорний пар у зоні недостатнього зволоження – вагомий фактор поліпшення вологозабезпеченості рослин, який за дією на врожай пшениці озимої практично не поступається перед зрошенням. Пар – це агротехнічний захід підвищення родючості ґрунту, застосування добрив, зручного в цей час поглиблення орного шару, боротьби проти злісних бур'янів поле [71, 90, 98, 109, 283–289].

Вологозабезпеченість ґрунту по пару зазвичай вища на 45-75 мм. Саме ці додаткові запаси вологи визначають сприятливі умови для отримання сходів пшениці озимої і високого врожаю. Проте в посушливих умовах позитивна роль парів цим не обмежується. У парах накопичується доступний для рослин азот, ефективно відбувається боротьба з бур'янами і падалицею, шкідниками і хворобами, усувається ґрунтовода. Післядія пару на врожай сільськогосподарських культур простежується декілька років [71, 290].

Чисті пари виконують свою агротехнічну роль лише за правильної системи обробітку ґрунту та їх застосування залежно від конкретних ґрунтово-метеорологічних та виробничих умов (системи скороченого обробітку ґрунту та ін.) [71].

На думку Г.Р. Пікуша, А.Я. Гетманця, Є.М. Лебедя, І.А. Пабата [109], чорний та ранній пари в степовій зоні не можна вважати рівноцінними. Перший забезпечує вищий урожай пшениці озимої, більш ефективний у сівозмінах на рівнинах. Різниця в урожаї пшениці озимої на користь чорного пару в дослідях досягала 3–5 ц/га. А другий (ранній пар) – раціональний в місцях сильного прояву ерозійних процесів, особливо на схилах у ґрунтозахисних сівозмінах. Мульчувальний шар у ранньому пару більш ефективний тоді, коли його частково загортають у ґрунт, перемішуючи з верхнім шаром. У цьому випадку мульча швидше розкладається, поверхня ґрунту стає шорсткою, що робить її більш стійкою проти ерозії.

З тестових способів обробітку чорного пару, проведених в Північному Степу, перевага чизелювання над оранкою в накопиченні вологи проявлялася переважно в роки підвищеної вітрової активності (2006/2007), коли завдяки хвилястому нанорельєфу і наявності пожнивних решток на гребнях помітно зростала меліоративна ефективність чизельного фону.

За рівнем акумуляції зимових опадів на пару після ячменю необроблений агрофон (ранній пар) щорічно переважав оранку на зяб. Проведення її в посушливі роки за майже повної зневодненості орного шару призводить до надмірної брилуватості ґрунту, що в поєднанні зі сильними вітрами зумовлює значні втрати вологи. Водночас на перезволоженому ґрунті (25–27%) залипають полиці плуга, не витримується задана глибина обробітку, погіршується кришення скиби, формується плугова підощва. Ці явища повністю нівелюють переваги оранки, пов'язані із збільшенням площі поглинаючої поверхні ріллі і гофрованістю нанорельєфу.

На ділянках стерньового раннього пару (пар після ячменю) на час стійкого похолодання формувалася щільний захисний екран, утворений стернею, подрібненою соломкою та відмерлою рослинністю. У межах незайманого фону спостерігалася суттєве зниження швидкості вітру в приземному повітряному просторі, більш раннє і рівномірне відкладення снігу, підвищення його в'язкості та щільності. У поєднанні з високою буферною і утримуючою здатністю раннього пару це зменшувало втрати на стік, випаровування, вимерзання та видування, сприяло збільшенню коефіцієнта вбирання опадів і додатковому накопиченню вологи в коренеактивному шарі ґрунту (0-150 см), порівняно з оранкою та чизелюванням, у середньому на 105–131 м³/га (табл. 27). Такої самої думки дотримуються, наприклад В.П. Нарцисов [291], О.Г. Тараріко [292]. Г.І. Миронов та інші, які вважають, що мілкий безполицевий обробіток із мульчувальним шаром на поверхні ґрунту сприяє накопиченню і збереженню значно більшої кількості вологи, ніж зяблева оранка.

Тривалий безморозний період після збирання ячменю ярого (100–120 днів) з достатньою сумою активних температур дозволяє вирощувати по дисковому мульчувальному обробітку в полі, відведеному під пар, пожнивну яру культуру, яка не скошується восени, а залишається у вигляді рослинної мульчі до весни наступного року. Накопичення снігу і додаткове вбирання води ґрунтом на створеному агрофоні відбувається за умов, коли рослини до настання морозів досягають фази трубкування (висота 25–35 см), а густина стеблостою становить не

менше 250 шт./м². Позитивні властивості екранованого пару, як водовбирної системи, втрачаються за відсутності продуктивних опадів шаром понад 10 мм у липні–серпні (отримання сходів проміжної культури після 20 вересня), занадто пізньому (грудень) припиненні її вегетації (витрати води на підтримання життєдіяльності рослин протягом тривалого часу), а також за використання важких колісних тракторів, які переуцільнюють ґрунт, через що гальмується надходження вологи в нижню частину кореневмісного шару [293, 294].

27. Динаміка запасів продуктивної вологи ґрунту чистого пару по стерньовому попереднику (середньому за 2005–2009 рр.), мм

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Фон (восени), мм	Весна, мм	Сівба пшениці озимої, мм	Накопичення вологи за осінньо-зимовий період, мм	Зміна вологозапасів за весняно-літній період (втрати вологи), мм
Чорний пар						
Дисковий (мульчувальний)	0–50	23,3	75,1	58,0	51,8	–17,1
	50–100	22,5	63,5	62,4	41,0	–1,1
	0–100	45,8	138,6	120,4	92,8	–18,2
	100–150	23,5	54,7	55,3	31,2	0,6
	0–150	69,3	193,3	175,7	124,0	–17,6
Чизельний	0–50	23,3	76,3	57,8	53,0	–18,5
	50–100	22,5	67,4	60,2	44,9	–7,2
	0–100	45,8	143,7	118,0	97,9	–25,7
	100–150	23,5	55,5	54,4	32,0	–1,1
	0–150	69,3	199,2	172,4	129,9	–26,8
Полицевий	0–50	23,3	75,5	57,4	52,2	–18,1
	50–100	22,5	67,8	59,7	45,3	–8,1
	0–100	45,8	143,3	117,1	97,5	–26,2
	100–150	23,5	53,3	53,4	29,8	0,1
	0–150	69,3	196,6	170,5	127,3	–26,1
Ранній пар						
Плоскорізний	0–50	23,3	77,1	59,6	53,8	–17,5
	50–100	22,5	70,7	62,0	48,2	–8,7
	0–100	45,8	147,8	121,6	102,0	–26,2
	100–150	23,5	61,9	59,1	38,4	–2,8
	0–150	69,3	209,7	180,7	140,4	–29,0
НП _{0,95} (шар 0–150 см), мм		-	3,2	4,1	-	-

По пару після соняшнику запаси продуктивної вологи у ґрунті в середньому за 2005–2009 рр. весною на ранньому і чорному парах становили 178,6–183,9 мм, тобто були однаковими (табл. 28).

28. Динаміка запасів продуктивної вологи поля чистого пару по соняшнику (середнє за 2005–2009 рр.), мм

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Фон (восени), мм	Весна, мм	Сівба пшениці озимої, мм	Накопичення вологи за осінньо-зимовий період, мм	Зміна вологозапасів за весняно-літній період (втрати вологи), мм
Чорний пар						
Чизельний	0–50	27,3	73,1	52,0	45,8	–21,1
	50–100	14,9	64,4	54,5	49,5	–9,9
	0–100	42,2	137,5	106,5	95,3	–31,0
	100–150	11,3	41,1	47,3	29,8	6,1
	0–150	53,5	178,6	153,6	125,1	–25,0
Полицевий	0–50	27,3	72,5	54,7	45,2	–17,9
	50–100	14,9	66,0	54,7	51,1	–11,4
	0–100	42,2	138,5	109,4	96,3	–29,3
	100–150	11,3	41,9	50,0	30,6	8,1
	0–150	53,5	180,4	159,3	126,9	–21,3
Ранній пар						
Плоскорізний	0–50	27,3	73,4	57,5	46,1	–15,9
	50–100	14,9	66,1	57,5	51,2	–8,7
	0–100	42,2	139,5	115,0	97,3	–24,6
	100–150	11,3	44,4	53,4	33,1	9,0
	0–150	53,5	183,9	168,3	130,4	–15,6
НІР _{0,95} (шар 0–150 см), мм		-	2,1	6,1	-	-

Спостерігалася обернена залежність між кількістю залишкової (збирання соняшнику) і акумульованою вологою у ґрунті. Так у разі наявності в шарі 0–150 см вологи на рівні 158,0 мм (2008 р.) у холодний період її накопичено 50,0–60,0 мм, за залишкових запасів 25,0 мм (2005 р.) ґрунт поглинав 190,0–195,0 мм продуктивної вологи. Тобто, чим менша кількість вологи в ґрунті після збирання попередника, тим вища акумуляція її в осінньо-зимовий період.

Важливо, що парове поле забезпечує майже повне збереження ґрунтової вологи, накопиченої за зиму. При цьому кількість води, яка втрачена за період парування, здебільшого визначає погодними умовами і меншою мірою – агротехнічними заходами. Наприклад, у посушливому 2007 р. втрати продуктивної вологи з 1,5–метрового шару ґрунту становили 32,3–76,2 мм (25,2–40,3 %) від весняних (вихідних) запасів, у дощовому 2008 р. цей показник не перевищував 6,7 мм (2,9 %).

Чорний пар більше втрачав вологи на глибоко розпушених з осені ділянках і менше – у варіантах мілкового дискового обробітку, що пояснюється формуванням тут ущільненого прошарку ґрунту (10–20 см) і досить високим ступенем проективного покриття його поверхні рослинними рештками [109].

У деяких випадках (2006 р.) значні втрати вологи із шару 0–150 см зареєстровані по ранньому пару після ячменю, що може обумовитися підвищеним рівнем вихідних запасів її у ґрунті, а також наявністю у верхньому шарі товщиною 0–10 см великої кількості неперепрілої соломи, яка за певних умов прискорює процеси випаровування і вивітрювання води.

Такі самі закономірності було отримано в другому стаціонарному досліді, з вивчення ефективності чистого пару після кукурудзи. У чистому пару протягом 2010–2013 рр. характерною особливістю формування водного режиму ґрунту в осінньо-зимовий період було менше вбираних, атмосферних опадів за оранки порівняно з варіантами дискового обробітку ґрунту та раннім паром. Абсолютні показники вмісту вологи навесні становили: на полицевому обробітку – 151,3, дискуванні – 166,3, ранньому пару (до обробітку) – 175,2 мм (табл. 29).

Проведення полицевої оранки восени після кукурудзи за майже повної зневодненості орного шару призводило до надмірної брилуватості поверхні і значних втрат продуктивної вологи на випаровування, вимерзання та видування наприкінці осені–на початку зими (15,0–23,9 мм).

За період літнього парування протягом років досліджень після полицевого обробітку не було відмічено втрат ґрунтової вологи. На мульчувальних фонах дискового обробітку втрачалось 8,6 мм (5,1 %), безполицевому весняному розпушуванні скиби (ранній пар) – 9,5 мм (5,4 %). Більші втрати вологи за мілкового мульчувального обробітку зумовлюються як підвищеним рівнем вихідних запасів її в ґрунті навесні, так і наявністю у верхньому шарі 0–10 см великої кількості

неперепрілих решток кукурудзи, які перемішуючись з ґрунтом під час культивацій прискорюють процеси випаровування і вивітрювання води.

29. Запаси продуктивної вологи та їх динаміка по чистому пару після кукурудзи (середнє за 2010–2013 рр.), мм

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Фон (восени), мм	Весна, мм	Сівба пшениці озимої, мм	Накопичення вологи за осінньо-зимовий період, мм	Зміна вологозапасів за весняно-літній період (втрати вологи), мм
Чорний пар						
Полицевий (25–27 см)	0-50	17,7	70,7	58,3	53,0	– 12,4
	50-100	6,1	42,8	51,8	36,7	+ 9,0
	0-100	23,8	113,5	110,1	89,7	– 3,4
	100-150	8,7	37,7	41,6	29,0	– 3,9
	0-150	32,6	151,3	151,7	118,7	+ 0,4
Дисковий (10–12 см)	0-50	20,6	72,1	57,2	51,5	–14,9
	50-100	6,9	53,0	54,7	46,1	+ 1,7
	0-100	27,5	125,2	111,9	97,7	–13,3
	100-150	9,0	41,1	46,4	32,1	–5,3
	0-150	36,5	166,3	158,3	129,8	–8,6
Ранній пар						
Плоскорізнний (12–14 см)	0-50	19,4	69,9	57,3	50,5	–12,6
	50-100	8,4	56,5	58,2	48,1	+ 1,7
	0-100	27,8	126,4	115,6	98,6	–10,8
	100-150	10,7	48,7	50,1	38,0	+ 1,4
	0-150	38,5	175,2	165,7	136,7	–9,5
НІР _{0,95} (шар 0–150 см), мм		4,2	6,3	5,1	–	–

На час сівби озимини чистий пар, незалежно від попередників (ячмінь ярий, соняшник, кукурудза) та способу утримання, зберігав 151,7–180,7 мм продуктивної вологи (шар 0–150 см), що становить 65–75% від граничної польової вологоємності (ГПВ). Такий ресурсний потенціал парового поля (з урахуванням атмосферних опадів) повністю задовольняє потребу рослин у воді в період їх осінньої вегетації.

Унаслідок формування щільного стеблостою пшениці з осені і періодичних відлиг зимою атмосферні опади затримувалися на місці випадання і добре вбиралися ґрунтом (табл. 30–32).

За холодний період року у посівах озимини відбувалося суттєве поповнення запасів продуктивної вологи в шарі 0–150 см (40–60 мм), при цьому у відносному

вимірі більше її накопичувалось у післядії за глибокої оранки та чизелювання. Абсолютні показники вмісту вологи у ґрунті досягали на початку весни в паровому полі після ячменю 225–228, соняшнику – 214–219, кукурудзи – 207,0–211,0 мм, або відповідно 94–95, 89–91 та 86–88 % від ГПВ.

30. Запаси продуктивної вологи в посівах пшениці озимої та її водоспоживання залежно від способів обробітки чистого пару після стерньового попередника (середнє за 2005–2009 рр.)

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Сівба, мм	Відновлення вегетації весною, мм	Збирання, мм	Зміна вологозапасів у ґрунті за період, мм *		Опади за вегетацію, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
					1	2			
					накопичен о	використан о			
Чорний пар									
Дисковий (мульчувальний)	0–50	58,0	80,2	44,0	22,2	36,2	241,2	385,2	58,4
	50–100	62,4	73,2	16,0	10,8	57,2			
	0–100	120,4	153,4	60,0	33,0	93,5			
	100–150	55,3	67,2	16,8	12,0	50,5			
	0–150	175,7	220,6	76,7	45,1	144,0			
Чизельний	0–50	57,8	80,6	42,8	22,9	37,8	241,2	383,1	58,8
	50–100	60,2	73,1	17,2	12,8	55,9			
	0–100	118,0	153,7	60,0	35,7	93,7			
	100–150	54,4	67,2	19,0	12,9	48,2			
	0–150	172,4	220,9	79,0	48,5	141,9			
Полицевий	0–50	57,4	81,0	41,9	23,6	39,2	241,2	389,7	59,2
	50–100	59,7	73,8	17,1	14,0	56,6			
	0–100	117,1	154,8	59,0	37,6	95,8			
	100–150	53,4	68,8	16,1	15,4	52,7			
	0–150	170,5	223,6	75,0	53,0	148,5			
Ранній пар									
Плоскорізний	0–50	59,6	78,8	48,1	19,2	30,8	241,2	372,9	58,1
	50–100	62,0	73,1	19,3	11,1	53,7			
	0–100	121,6	151,9	67,4	30,3	84,5			
	100–150	59,1	69,0	21,7	9,9	47,2			
	0–150	180,7	220,8	89,1	40,2	131,7			
НІР _{0,95} (шар 0–150 см), мм		4,1	2,1	5,6	-	-	-	-	-

* Примітка: 1 – сівба–відновлення вегетації весно; 2 – відновлення вегетації весною–збирання.

Тобто використання чистого пару в північному Степу як попередника пшениці озимої забезпечує майже повне відновлення ресурсів ґрунтової вологи, що навіть за відсутності дощів під час весняно-літньої вегетації рослин (2007, 2012 рр.) гарантує отримання сталого врожаю зерна і дозволяє уникнути згубного впливу посухи.

31. Вплив способів основного обробітку ґрунту на запаси продуктивної вологи та сумарне водоспоживання посівів пшениці озимої після чистого пару по соняшнику (середнє за 2005–2009 рр.)

Обробіток ґрунту в пару	Шар ґрунту, см	Сівба, мм	Відновлення вегетації весною, мм	Збирання врожаю, мм	Зміна вологозапасів у ґрунті за період, мм *		Опади за вегетацію, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
					1	2			
					накопичено	використано			
Чорний пар									
Чизельний	0–50	52,0	76,2	38,0	24,3	38,2	242,1	396,8	60,1
	50–100	54,5	69,7	10,2	15,3	59,5			
	0–100	106,5	145,8	48,2	39,6	97,7			
	100–150	47,3	67,7	10,8	20,5	57,0			
	0–150	153,6	213,6	58,9	60,0	154,7			
Полицевий	0–50	54,7	80,0	43,7	25,4	36,3	242,1	399,9	60,6
	50–100	54,7	70,0	9,8	15,1	60,1			
	0–100	109,4	150,0	53,5	40,5	96,4			
	100–150	50,0	67,6	6,3	17,6	61,3			
	0–150	159,3	217,6	59,8	58,2	157,8			
Ранній пар									
Плосокрізний	0–50	57,5	78,6	39,9	21,1	38,7	242,1	395,2	59,3
	50–100	57,5	71,9	11,6	14,3	60,3			
	0–100	115,0	150,5	57,5	35,4	99,0			
	100–150	53,4	65,1	10,6	11,7	54,4			
	0–150	168,3	215,5	62,1	47,2	153,4			
НП _{0,95} (шар 0–150 см), мм		6,4	3,3	2,5	-	-	-	-	-

* Примітка: 1 – сівба–відновлення вегетації весно; 2 – відновлення вегетації весною–збирання.

32. Сумарне водоспоживання посівів пшениці озимої по чистому пару після кукурудзи за різних способів його обробітку (середнє за 2010–2013 рр.)

Обробіток ґрунту в пару	Шар ґрунту, см	Сівба, мм	Відновлення вегетації весною, мм	Збирання, мм	Зміна волого-запасів у ґрунті за період, мм*		Опади за вегетацію, мм	Сумарне водоспоживання, мм	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
					1	2			
					накопичено	використано			
Чорний пар									
Полицевий (25-27 см)	0–50	58,3	75,0	46,4	16,7	28,6	196,2	346,5	72,6
	50–100	51,8	68,3	4,7	16,5	63,6			
	0–100	110,1	144,8	51,1	34,7	93,7			
	100–150	41,6	63,5	6,9	21,9	56,6			
	0–150	151,7	208,3	58,0	56,6	150,3			
Дисковий (10-12 см)	0–50	57,2	76,5	37,8	19,3	38,7	196,2	349,6	72,0
	50–100	54,7	68,5	6,0	13,8	62,5			
	0–100	111,9	145,0	43,8	33,1	101,2			
	100–150	46,4	61,9	9,7	15,5	52,2			
	0–150	158,3	207,0	53,6	48,7	153,4			
Ранній пар									
Плоско-різний (12-14 см)	0–50	57,3	76,3	38,9	19,0	37,4	196,2	345,4	75,2
	50–100	58,2	70,2	9,8	12,0	60,4			
	0–100	115,6	146,6	48,7	31,0	97,9			
	100–150	50,1	64,4	13,1	14,3	51,3			
	0–150	165,7	211,0	61,8	45,3	149,2			
НІР _{0,95} (шар 0–150 см), мм		6,6	3,5	5,5	-	-	-	-	-

* Примітка: 1 – сівба–відновлення вегетації весно; 2 – відновлення вегетації весною–збирання.

Витрата ґрунтової вологи пшеничним полем з ґрунту за період “відновлення вегетації рослин–фаза повної стиглості зерна” варіювала у вологому 2008 р. від 16–40 мм до 200–240 мм у відносно посушливих 2006 та 2009 роках (середнє 132–158 мм). На озимині по пару після ячменю відстежувалася пряма залежність між показниками

витрати води з ґрунту і рівнем продуктивності посівів. Нижчими вони виявилися на ділянках мілкого безполицевого весняного обробітку (ранній пар).

Сумарне водоспоживання було практично однаковим по всіх способах обробітку чистого пару після ячменю – 383,1–389,7 мм за винятком раннього пару, де водоспоживання зменшувалося на 10,2–16,8 мм, що пояснюється економним витрачанням вологи на одиницю основної продукції і підтверджується дещо нижчим значенням коефіцієнта водоспоживання – 58,1 мм/т. Аналогічні закономірності відмічені і в пару після соняшнику та кукурудзи, тут спостерігалася лише тенденція до зменшення сумарного водоспоживання раннім паром порівняно з варіантами чорного. Підвищення коефіцієнта водоспоживання на 12–15 мм/т по пару після кукурудзи порівняно з парами після ячменю та соняшнику пояснюється загальною нижчою врожайністю пшениці озимої, особливо в аномально посушливому 2012 р.

Режим вологи у ґрунті під польовими культурами та в пару постійно змінюється, тому важливого значення набуває спостереження за взаємозв'язками між поступальною і витратною частинами водного балансу, а також між ґрунтовою вологою і її споживанням рослинами у сівозміні. Баланс вологи у ґрунті нами був розрахований за вихідними даними запасу її до початку сівби в період збирання врожаю, а також за кількістю опадів у період вегетації тієї чи іншої культури. Із показників по культурах виводили середні показники в сівозмінах. Дані розрахунків балансу вологи у першому стаціонарному досліді наведено в табл. 33.

Баланс вологи за усередненими даними в зерно-паро-просапній сівозміні складався однаково незалежно від систем обробітку ґрунту, відмічалася лише невелика тенденція до підвищення сумарних витрат вологи за вегетаційний період (4,4 мм) по полицевій системі, що пояснюється вищими показниками врожайності культур.

У зерно-паровій сівозміні деяку перевагу мала мілка (безполицева) система обробітку ґрунту, де в холодний осінньо-зимовий період накопичувалося дещо більше вологи (на 3,2 мм) порівняно з полицевою, що пояснюється наявністю тут мульчі після зернових культур та кращою акумуляцією вологи раннім паром. По решті показників відмічалась така сама закономірність, як і в зерно-паро-просапній сівозміні. Сумарні витрати вологи за вегетаційний період зростали на 7,0 мм по полицевій системі порівняно з мілкою (безполицевою).

**33. Баланс вологи під культурами залежно від систем обробітку ґрунту
у короткоротаційних сівозмінах (середнє за 2005–2009 рр.)**

Чергування культур у сівозміні	Система обробітку ґрунту	Запас вологи в шарі 0–150 см, мм		Використано з ґрунту в період вегетації, парування, мм	Опади за вегетаційний період, (мм)	Сумарні витрати вологи за вегетаційний період, мм	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
		перед сівбою культур та відновлення вегетації пшениці озимої	під час збирання врожаю, сівба пшениці озимої				
Зерно-паро-просапна сівозміна							
Чистий пар	полицева	180,4	159,3	21,3	279,1	300,4	-
	мілка (безполицева)	183,9	168,3	15,8	279,1	294,9	-
Пшениця озима	полицева	217,6	59,8	157,8	242,1	399,9	60,6
	мілка (безполицева)	215,5	62,1	153,4	242,1	395,5	59,3
Соняшник	полицева	182,9	15,5	167,4	248,2	415,6	164,6
	мілка (безполицева)	179,7	15,6	164,1	248,2	412,3	165,4
Середнє	полицева	193,6	78,2	115,5	256,4	371,9	112,6
	мілка (безполицева)	193,0	82,0	111,1	256,4	367,5	112,3
Зерно-парова сівозміна							
Чистий пар	полицева	196,6	170,5	26,1	279,1	305,2	-
	мілка (безполицева)	209,7	180,7	29,0	279,1	308,1	-
Пшениця озима	полицева	223,6	75,0	148,5	241,2	389,7	59,2
	мілка (безполицева)	220,8	89,1	131,7	241,2	372,9	58,1
Ячмінь ярий	полицева	201,0	52,0	149,0	194,2	343,2	87,5
	мілка (безполицева)	200,0	58,0	142,0	194,2	336,2	96,9
Середнє	полицева	207,0	99,1	107,8	238,2	346,0	73,4
	мілка (безполицева)	210,2	109,2	89,5	238,2	339,0	77,5

Загалом водний режим ґрунту в сівозміні з полем соняшнику складався більш напружено, ніж у зерно-паровій з полем ячменю, про що свідчать менші показники запасів вологи перед сівбою культур на 7,2–13,4 мм та вищі сумарні витрати вологи на 25,9–28,5 мм протягом вегетації. Коефіцієнт водоспоживання тут також був вищим на 34,8–39,2 мм/т, що можна пояснити наявністю в цій сівозміні соняшнику та його біологічними особливостями, зокрема, здатністю “висушувати” ґрунт

глибше 1,5 м. У цілому можна зауважити, що системи обробітку ґрунту мали менший вплив на формування балансу вологи, ніж набір культур у сівозміні.

У п'ятипільній зерно-паро-просапній сівозміні запаси вологи в ґрунті перед сівбою польових культур були на 7,1–8,5 мм вищими за мілкої мульчувальної та диференційованої систем обробітку ґрунту порівняно з полицевою оранкою, що пояснюється наявністю мульчі в полях сівозміни, яка захищає поверхню ґрунту від фізичного випаровування (табл. 34).

34. Баланс вологи в короткоротаційній п'ятипільній сівозміні на фоні різних систем обробітку ґрунту (середнє за 2010–2013 рр.)

Чергування культур у сівозміні	Система обробітку ґрунту	Запас вологи в шарі 0–150 см, мм		Використано з ґрунту в період вегетації, парування, мм	Опади за вегетаційний період, мм	Сумарні витрати вологи за вегетаційний період, мм	Коефіцієнт водоспоживання, мм/т
		перед сівбою культур та відновлення вегетації пшениці озимої	під час збирання врожаю, висів пшениці озимої				
Зерно-паро-просапна сівозміна							
Чистий пар	полицева	151,3	151,7	+0,4	210,9	210,5	-
	диференційована	166,3	158,3	8,0		218,9	-
	мілка (мульчувальна)	175,2	165,7	6,8		217,7	-
Пшениця озима	полицева	208,3	58,0	150,3	196,2	346,5	71,3
	диференційована	207,0	53,6	153,4		349,6	69,6
	мілка (мульчувальна)	211,0	61,8	149,2		345,4	71,3
Соняшник	полицева	170,3	1,8	168,5	194,6	363,1	157,2
	диференційована	177,1	2,2	174,9		369,5	141,2
	мілка (мульчувальна)	179,4	3,7	171,2		365,8	134,9
Ячмінь	полицева	151,7	33,5	118,2	152,8	271,0	132,2
	диференційована	169,6	48,3	121,3		274,1	116,6
	мілка (мульчувальна)	160,4	47,6	112,8		265,6	99,1
Кукурудза	полицева	175,3	22,1	153,2	194,6	347,8	72,0
	диференційована	172,6	27,3	145,3		339,9	64,8
	мілка (мульчувальна)	173,6	31,5	142,1		336,7	60,2
Середнє	полицева	171,4	53,4	118,0	189,8	307,8	86,5
	диференційована	178,5	57,9	120,6		310,4	78,4
	мілка (мульчувальна)	179,9	62,1	116,4		306,2	73,1

Сумарні витрати вологи з ґрунту варіювали в вузькому діапазоні (306,2–310,4 мм) і майже не змінювалися залежно від систем обробітку ґрунту. Необхідно відзначити економніше споживання води польовими культурами за мілкої мульчувальної системи обробітку ґрунту, про що свідчить зниження показника коефіцієнта водоспоживання на 13,4 мм/т порівняно з полицевою системою.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що чистий пар у північному Степу незалежно від попередників (ячмінь ярий, соняшник, кукурудза), способів обробітку ґрунту та догляду на час сівби пшениці озимої забезпечує майже повне відновлення ресурсів ґрунтової вологи (151,7–180,7 мм), що навіть за відсутності дощів під час весняно-літньої вегетації рослин гарантує отримання сталого врожаю зерна і дозволяє уникнути згубного впливу посухи. Окрім цього, чистий пар регулює в цілому водний режим у короткоротаційних сівозмінах, відновлюючи запаси продуктивної вологи після польових культур, які мають здатність пересушувати 1,5–метровий шар ґрунту (соняшник).

Використання раннього пару в Степу забезпечує збільшення коефіцієнта засвоєння опадів у коренеактивному шарі ґрунту (0–150 см), порівняно з оранкою та чизелюванням, у середньому на 105–131 м³/га за рахунок рослинних решток попередника, які сприяють більш ранньому і рівномірному накопиченню снігу.

РОЗДІЛ 5.

ВПЛИВ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ, БІОЛОГІЧНУ АКТИВНІСТЬ ТА ГУМУСНИЙ СТАН ЧОРНОЗЕМУ

Удосконалення способів основного обробітку ґрунту дає можливість регулювати практично всі ґрунтові процеси, створювати сприятливі умови для розвитку рослин і забезпечувати високу ефективність застосування мінеральних добрив разом із поживними рештками попередника, які забезпечують процес розширеного відтворення родючості та відновлення природного ґрунтоутворення чорноземів в агроценозах [6].

5.1. Уміст елементів живлення та поживних речовин у ґрунті

В умовах північного Степу України величина врожаю польових культур визначається багатьма факторами, серед яких важливим є фактор родючості ґрунту, або наявність у ньому поживних елементів, необхідних для росту і розвитку рослин та діяльності ґрунтової мікрофлори.

Чорноземи північного Степу України мають доволі високий потенціал родючості, однак значна частина елементів живлення у ґрунті міститься у формі складних органічних або нерозчинних мінеральних сполук і тому не може засвоюватися коренями рослин. Різні способи основного обробітку ґрунту, впливаючи на його вологість, аерацію, інтенсивність діяльності мікроорганізмів та інші фактори, відіграють важливу роль у регулюванні поживного режиму, підвищуючи ефективність добрив, і створюючи умови, сприятливі для вирощування польових культур [295–297].

Багатьма вченими виявлена чітко виражена диференціація орного шару за родючістю в разі полицевого обробітку ґрунту, яка зменшувалася по профілю ґрунту зверху вниз [298–301]. А використання плоскорізних знарядь на чорноземних, темно-каштанових і дерново-підзолистих ґрунтах призводить до гетерогенності, тобто помітного відокремлення частин оброблюваного шару за родючістю [302–304].

Гетерогенна будова оброблюваного шару з перевагою за родючістю верхньої його частини сприяє дезорієнтації коренів рослин. А в умовах сухого клімату це знижує продуктивність рослин із-за дефіциту вологи і доступних поживних речовин у верхньому шарі. Тому з точки зору стимуляції мікробіологічної діяльності всього орного шару, усунення диференціації за родючістю, підсилення процесів мінералізації органічних речовин багатьма дослідниками зроблені висновки про доцільність періодичного чергування полицевих і безполицевих обробітків [305–307]. Однак значна частина вчених [71, 302, 308] підкреслює, що диференціація орного шару за плоскорізного розпушування не знижує родючість ґрунту і продуктивність сільськогосподарських культур. Розбіжності серед учених щодо залежності поживного режиму від різних способів обробітку ґрунту пояснюються в першу чергу відмінностями ґрунтово-кліматичних умов, а також змінами у часі вмісту азоту, фосфору і калію у ґрунті.

Незважаючи на значну роль азоту, фосфору і калію в отриманні високих урожаїв польових культур [309–311], вплив систем та способів обробітку ґрунту на режим засвоєваних сполук елементів живлення вивчений недостатньо, а до того ж він носить суперечливий характер в оцінці різними дослідниками.

Чистий пар. Проведені нами дослідження в стаціонарних дослідах разом з лабораторією родючості ґрунтів ІСГСЗ НААН України (завідувач кандидат с.-г. наук В.І. Чабан) показують, що вже перед першою культивацією чистого пару (травень) в орному шарі ґрунту (0–30 см) містилось 11,6–14,6 мг/кг нітратного азоту. На час проведення повторного визначення вмісту азоту в ґрунті (липень) показники зросли до 19,7–26,1 мг/кг, а перед сівбою пшениці досягли рівня 28,5–32,6 мг/кг. Тобто основна кількість нітратного азоту в усіх варіантах досліду утворювалася в першу половину парування. У наступний період кількість N–NO₃, незалежно від способу обробітку ґрунту, ще зростала, але інтенсивність процесу була значно нижчою і додатково його утворилося лише 20–22 %, а по ранньому пару 26 %.

Перед першою весняною культивацією азот нітратів без компостування по окремих шарах ґрунту за всіма способами обробітку розподіляється рівномірно з тенденцією до зниження в шарі 20–30 см проти 0–10 та 10–20 см. За другого строку відбору зразків спостерігалася чітка диференціація з більш високими

показниками у верхніх горизонтах. У третій строк відбору практично по всіх варіантах обробітку ґрунту реєструвалася однакова кількість азоту в шарах 0–10 і 10–20 см з подальшим його зниженням у шарі 20–30 см.

Здатність парового поля забезпечувати посіви озимих необхідною кількістю азотних сполук є позитивним явищем. Однак передчасна і надлишкова мобілізація азоту є небажаною з погляду можливих втрат його від різних негативних явищ (ерозія, міграція, денітрифікація). За нашими даними, ефективним заходом, що призупиняє надмірне залучення у кругообіг азоту, є використання ріллі як раннього пару без відчуження побічної продукції за межі поля [312]. Так, кількість нітратів в орному шарі ґрунту на ранньому пару після ячменю ярого та соняшнику в першому визначенні (навесні) становила 11,6–11,9, другому (середина літа) – 20,8–23,3 мг/кг, що відповідно на 7–17 та 5–16% менше, ніж на чорному (оранка, чизелювання, дискування).

На час сівби пшениці озимої розбіжності щодо вмісту N–NO₃ у шарі ґрунту 0–30 см залежно від строків, способів та глибини обробітку парового поля дещо нівелювались, але сутність тенденції зберігалася. Така сама тенденція була і по пару після кукурудзи: зниження нітратного азоту в усі три строки визначення в ранньому пару порівняно з іншими обробітками.

Незважаючи на досить високі показники вмісту азоту нітратів, особливо в другий та третій строки спостережень, потенційні можливості ґрунту в природних умовах були вичерпані не повністю. Про це свідчить визначення азоту після 7–добового інкубування ґрунту в лабораторних умовах. Уже в перший строк спостережень на варіантах обробітку (дискування, чизелювання та оранка) ґрунт мав можливість за достатнього зволоження та оптимального температурного режиму в шарі 0–30 см накопичувати 29,0–32,3 мг/кг азоту. У варіантах раннього пару цей показник становив 29,0–31,0 мг/кг. У наступні строки потенціальні можливості ґрунту зростали і дорівнювали 35,2–45,2 та 45,4–51,1 мг/кг з тенденцією до зниження на ділянках раннього пару. Закономірності розміщення цієї форми азоту по профілю ґрунту були аналогічними, як і по вмісту N–NO₃ без компостування.

Енергія нітрифікації ґрунту майже не залежала від строків визначення та способів утримання чистого пару і варіювала в межах 15,1–20,0 мг/кг. Згідно факторіально усередненими даними відстежувалася незначна перевага пару після ярого

ячменю над паром після соняшнику та кукурудзи щодо потенційної спроможності до мобілізації азоту нітратів у ґрунті протягом усього періоду парування.

Рівень вмісту фосфатів у ґрунті може суттєво змінюватися залежно від реакції ґрунтового розчину, умов зволоження, температурного режиму, антропогенних чинників (застосування добрив, обробіток та ін.). Для визначення вмісту фосфору в чорноземах використовували екстрагенти з кислотою (метод Чирикова, Францесона), лужною (метод Мачигіна) та з нейтральною реакціями (метод Карпінського–Зам'ятіної). Із використанням методу Чирикова (екстрагент 0,5 Н оцтова кислота) в екстракт переходить до 10–15 % фосфатів від їх загального вмісту. За методом Францесона (екстрагент 0,002 Н соляна кислота) цей показник становить приблизно 1–1,5 %. У разі використання методу Мачигіна (екстрагент 1 % вуглекислий амоній) екстрагується приблизно 3–4,5 % фосфатів від їх загального вмісту. За методом Карпінського–Зам'ятіної (екстрагент 0,03 Н сірчаноокислий калій) визначається ступінь рухомості сполук фосфору у ґрунті. Тобто методи Францесона, Мачигіна і Карпінського–Зам'ятіної більш чутливі порівняно з методом Чирикова і, використовуючи їх, можна отримати показники, які більш точно характеризують вплив того чи іншого фактору на фосфатний стан ґрунту.

Із використанням методу Чирикова встановлено, що вміст рухомих форм фосфору в середньому за 2005–2009 рр. для шару 0–30 см по всіх варіантах обробітку ґрунту, строках відбору зразків та попередниках пару (табл. 5.3) був високим (154–168 мг/кг). Якогось певного впливу вивчених факторів на вміст фосфору не виявлено.

Спостерігається лише закономірне зниження їх вмісту у шарі 20–30 см порівняно із шаром 0–10 см, яке у варіантах з чизелюванням і мілкими обробітками пару становило 10–12 %, а під час оранки 7–8 %. Крім цього, простежуються тенденції, які проявляються в сезонному зниженні вмісту фосфатів від першого до третього строків відбору зразків (до 1–3 %) та в деякій перевазі (на 3–6 %) вмісту фосфатів у ґрунті після стерньового пару, порівняно з паром після соняшнику та кукурудзи.

У вмісті лужнорозчинних фосфатів (метод Мачигіна) по обох попередниках спостерігалась певна стабільність за всіх способів обробітку і строків відбору зразків. Їх уміст у шарі 0–30 см був у межах 43,6–47,8 мг/кг. Нижчі показники

притаманні безполицевому обробітку, а більш високі – полицевому. Як і за іншими методами виявлено досить чітке зниження вмісту фосфатів у шарі 20–30 см проти 0–10 см, яке за полицевого обробітку становило 17–18 %, а за інших – 21–29 %.

Визначення вмісту фосфору за методом Францесона показало ряд закономірностей. У середньому за 2005–2009 рр. по шару 0–30 см найбільш високі показники вмісту фосфору були із застосуванням полицевого обробітку, особливо у перший строк відбору зразків (17,2 мг/кг після стерньового попередника і 17,1 мг/кг після соняшнику). Порівняно з безполицевим обробітком перевага оранки становила, відповідно, 13,1 і 15,8 %. Інші способи обробітку (чизелювання і дискування) також поступалися оранці, але різниця була менш виразною. Сезонна динаміка вмісту фосфору та вплив попередника виражені не суттєво. Чітко простежується вплив способів обробітку на вміст фосфору по профілю ґрунту. Так, по оранці в шарі 0–30 см його вміст був на 9–27 % нижчим, ніж у шарі 0–10 см, тоді як за чизелювання – на 36–41 %, безполицевого обробітку (ранній пар) – на 29–31 %, а дискового (мульчувального) – на 36 %.

Ступінь рухомості фосфатів у середньому за роки досліджень по парових полях для шару 0–30 см змінювався, залежно від способу обробітку, від 0,15 до 0,22 мг/л розчину. Це можна класифікувати як підвищену рухомість. По обох попередниках більш високі показники притаманні полицевому обробітку. У сезонній динаміці ступеня рухомості фосфатів чіткої закономірності не виявлено. Те саме можна констатувати і в разі порівняння попередників пару. Зміна ступеня рухомості фосфатів по шарах ґрунту виявлена досить чітко, особливо порівнюючи полицевий і безполицевий способи обробітку. Так, за першого у шарі 20–30 см показники ступеня рухомості були на 30 % нижчими, ніж у шарі 0–10 см, тоді як за другого – на 41 %.

Уміст рухомого калію за Чириковим, по всіх варіантах обробітку ґрунту і попередниках у шарах 0–10 і 10–20 см був високим та дуже високим і знаходився в інтервалі 143–172 мг/кг, а в шарі 20–30 см підвищеним і високим з інтервалом 114–133 мг/кг.

Суттєвого впливу способів обробітку, терміну відбору зразків та попередників пару на вміст рухомого калію не виявлено. Спостерігається лише закономірне зниження його вмісту в шарах 10–20 та 20–30 см порівняно із шаром

0–10 см, яке притаманне практично в однаковій мірі всім способам обробітку ґрунту та обом попередникам.

Дещо інші залежності спостерігалися під час визначення вміст калію за методом Мачигіна. Для шару 0–30 см уміст калію класифікується як підвищений з показниками 284–359 мг/кг, для 0–10 см по стерньовому фону – як високий (365–430 мг/кг), а по соняшниковому – як підвищений і високий (316–403 мг/кг). Суттєвої різниці між способами обробітку ґрунту не виявлено. Пар після стерньового попередника містив значно більше рухомого калію, ніж після соняшникового. В абсолютних значеннях ця перевага для шару ґрунту 0–30 см становила 21–41 мг/кг (7–14%). Досить чітко простежується диференціація вмісту калію по шарах ґрунту зі зниженням від 430–316 мг/кг у шарі 0–10 см до 323–232 мг/кг у шарі 20–30 см.

Таким чином, використання чистих парів незалежно від способів їх обробітку забезпечує посіви озимих необхідною кількістю елементів живлення для формування сталого і високого врожаю пшениці озимої. Ефективним заходом щодо збереження ґрунту і елементів живлення від втрати за різних негативних явищ (ерозія, міграція, денітрифікація) є використання ріллі по типу раннього пару без відчуження побічної продукції за межі поля.

Пшениця озима. У подальшому у весняний період росту і розвитку пшениці озимої спостерігалися певні закономірності в рівнях наявності поживних речовин у ґрунті. Що стосується азоту нітратів, то в середньому за роки досліджень суттєвих змін як по способах обробітку ґрунту, так і видах парів по різних попередниках не спостерігалось. Його вміст у шарі 0–30 см залежно від указаних факторів становив 8,7–9,7 мг/кг. Відстежувалася тенденція до гальмування процесів нітрифікації на ранньому пару після ячменю та кукурудзи. Порівнюючи запаси азоту нітратів під час сівби озимих з наявністю їх на весну, чітко бачимо зниження показників на 24,8 мг/кг після пару по ячменю, на 24,1 мг/кг після пару по соняшнику та на 21,1 мг/кг – після пару по кукурудзі. Така різниця в рівнях змін умісту азоту за осінньо-зимовий період певною мірою пов'язана з інтенсивністю формування вегетативної маси озимини, зі станом водопроникнення за цей період та глибиною промивання нітратів.

Щодо потенційних можливостей ґрунту ($N-NO_3$ після компостування) та енергії нітрифікації, то залежності, які зазначені для азоту без компостування, були практично повторені.

Вивчення вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті під пшеницею озимою зі залученням різних методів (Чирикова, Мачигіна, Францесона, Карпінського-Зам'ятіної) дало можливість встановити ряд закономірностей і тенденцій:

- зниження показників по профілю орного шару від верхнього (0-10 см) до нижнього (20–30 см);
- зменшення вмісту фосфатів під озиминою після соняшникового пару порівняно з паром після ячменю та кукурудзи;
- нечітко виражений вплив способів обробітку ґрунту.

Порівнюючи вміст фосфатів у весняний строк з осіннім (перед сівбою озимини) відзначаємо зниження відповідних показників з осені до весни, що можна пояснити як використанням фосфору рослинами, так і зміною температурного режиму та зволоження ґрунту. Це явище чіткіше виражено під пшеницею озимою на пару після соняшнику.

Рухомі форми калію визначали двома методами – Чирикова (кислоторозчинні) і Мачигіна (лужнорозчинні). Обидва методи свідчать лише про одну загальну закономірність, яка полягає в зниженні вмісту його рухомих форм від шару 0–10 до 20–30 см. Роль передпопередника озимої пшениці та способів обробітку парів незначна.

Наприкінці вегетації уміст елементів живлення у ґрунті орного шару (0–30 см) закономірно зменшувався внаслідок використання їх рослинами пшениці озимої. Так, уміст рухомих форм азоту зменшився на 20–30 %, фосфору – 10–15 %, калію на 5–10 %.

Таким чином, застосування різних способів обробітку ґрунту під чисті пари в посівах пшениці озимої суттєво не змінювало азотного живлення рослин. Відстежувалася тенденція до гальмування процесів нітрифікації на ранньому пару після ячменю та кукурудзи. Способи обробітку ґрунту практично не впливали на запаси P_2O_5 і K_2O в шарі 0–30 см перед сівбою пшениці озимої. Запасів елементів живлення пару було достатньо для формування високого врожаю зерна незалежно від досліджуваних агроприйомів.

Ячмінь ярий. Уміст азоту нітратів у посівах ячменю ярого на ділянках без застосування добрив за полицевої і мілкої безполицевої систем обробітку ґрунту

знаходився на рівні низької забезпеченості (8,7–8,8 мг/кг, 2005–2009 рр.), а із застосуванням мінеральних добрив кількість його зросла до 20,5–23,5 мг/кг (підвищена забезпеченість).

Потенційні можливості ґрунту до забезпечення рослин азотом (після компостування) на фоні без добрив оцінюються як середні (26,0–27,0 мг/кг), з деякою перевагою полицевого обробітку ґрунту над безполицевим. На фоні застосування мінеральних добрив потенційні можливості ґрунту в накопиченні азоту зросли до підвищеного рівня забезпеченості (42,7–47,1 мг/кг). Тут також спостерігається суттєва перевага оранки над безполицевим розпушуванням. Аналогічна закономірність притаманна показникам енергії нітрифікації ґрунту.

Уміст кислоторозчинних форм фосфору в орному шарі ґрунту (метод Чирикова) був на рівні підвищеної забезпеченості без застосування добрив (138–140 мг/кг) та високої (163–169 мг/кг) з їх застосуванням. Способи та системи обробітку ґрунту практично не впливали на цей показник. Від застосування добрив уміст кислоторозчинного фосфору підвищувався на 18–21%. Що стосується лужнорозчинного фосфору (метод Мачигіна), то тут спостерігалася досить чітка залежність його вмісту від способів та систем обробітку ґрунту. На фоні без добрив перевага полицевої системи обробітку над мілкою безполицевою в середньому за 2005–2009 рр. становила 3,7 мг/кг (11 %), а із внесенням добрив 3,3 мг/кг (7 %).

Кількість рухомого калію, визначеного за методом Чирикова, на фоні без застосування добрив була підвищеною (98–104 мг/кг), а на фоні застосування добрив – високою (130–142 мг/кг). По обох фонах спостерігається перевага полицевої системи обробітку над мілкою безполицевою. У середньому за роки досліджень ця перевага становила 5 і 9 % відповідно. Вміст рухомого калію, визначеного за методом Мачигіна, класифікується як підвищений (220–293 мг/кг). Тут також простежується перевага полицевої системи обробітку, яка у відносних показниках на фоні без добрив дорівнює 5 %, а на фоні з добривами 14 %.

Уміст азоту нітратів у другому стаціонарному досліді в посівах ячменю ярого на ділянках без застосування добрив за полицевої, диференційованої та мульчувальної систем обробітку ґрунту знаходився на рівні середньої забезпеченості (11,8–15,6 мг/кг) з деякою перевагою полицевої системи обробітку ґрунту. Із застосуванням мінеральних добрив кількість його зросла до 14,9–21,6 мг/кг (середня та підвищена забезпеченість).

Після компостування потенційні можливості ґрунту до забезпечення рослин азотом були високими (39,1–49,9 мг/кг) з деякою перевагою полицевої системи обробітку ґрунту на неудобреному мінеральними добривами фоні порівняно з диференційованою та мульчувальною, що пояснюється більш глибоким розміщенням рослинних решток та вищою біологічною активністю в гомогенному орному шарі. Аналогічна закономірність притаманна також показникам енергії нітрифікації ґрунту.

Уміст фосфору в орному шарі ґрунту за методом Чирикова був на рівні підвищеної забезпеченості без застосування добрив (104–137 мг/кг) та підвищеної і високої (114–159 мг/кг) з їх застосуванням. Відмічена тенденція до зниження вмісту фосфору залежно від системи основного обробітку ґрунту по низхідній полицева–диференційована–мульчувальна у зв'язку з відмінністю топографії розміщення рослинних решток, різним ступіненом перемішування, ущільнення, сепарації ґрунтової маси, і як наслідок, різною біологічною активністю та інтенсивністю мінералізації рослинних решток. За полицевого обробітку процеси мінералізації рослинних решток та гумусу проходять більш інтенсивно, унаслідок чого вивільняється більша кількість біологічно зв'язаних елементів живлення, зокрема і фосфору.

Кількість рухомого калію незалежно від систем удобрення, визначеного за методом Чирикова, була підвищеною та високою (97–169 мг/кг) з деякою перевагою полицевої системи обробітку ґрунту над диференційованою – 1,7-4,6 % та мульчувальною – 8,5–11,2 % системами, що пояснюється дещо інтенсивнішими мінералізаційними процесами в гомогенному шарі з використанням оранки.

Таким чином, за мілкої мульчувальної системи обробітку ґрунту відмічається тенденція до зниження кількості нітратів у ґрунті порівняно з полицевою системою на 2,8–3,0 мг/кг, пов'язаного зі зниженням мінералізаційних процесів. За підвищеного та високого рівней забезпеченості ґрунту фосфором і калієм різниця в межах 11–29 мг/кг по вмісту цих елементів в орному шарі між варіантами мульчувального і полицевого обробітку вважається несуттєвою. Наявних запасів P_2O_5 і K_2O в шарі 0-30 см перед сівбою зернової культури було достатньо для формування високого врожаю зерна незалежно від досліджуваних агроприймів.

Кукурудза. Вміст азоту нітратів у посівах кукурудзи на ділянках без застосування добрив за полицевої, диференційованої та мульчувальної систем обробітку ґрунту знаходився на рівні середньої забезпеченості (13,5–15,8 мг/кг) з деякою перевагою полицевої системи обробітку ґрунту. Із застосуванням мінеральних добрив кількість азоту зросла до 17,0–21,6 мг/кг (середня та підвищена забезпеченість).

Після семиденного компостування в посівах кукурудзи потенційні можливості ґрунту до забезпечення рослин азотом незалежно від системи удобрення були підвищені (40,1–50,4 мг/кг). Відмічена перевага полицевої системи обробітку ґрунту над диференційованою та мульчувальною – 7–8 % на варіанті без внесення мінеральних добрив. Застосування туків у дозі N_{30-60} дозволило знизити перевагу оранки до 3,3–5,0 % та дещо вирівняти показники. Аналогічна закономірність була характерна для показників енергії нітрифікації ґрунту.

Уміст фосфору в орному шарі ґрунту за методом Чирикова був на рівні високої забезпеченості незалежно від удобрення (125–161 мг/кг). Зареєстрована також тенденція, як і в посівах ячменю, до зниження вмісту фосфору залежно від системи основного обробітку ґрунту по низхідній полицева–диференційована–мульчувальна.

Такі самі закономірності були притаманні і щодо вмісту рухомого калію. Незалежно від систем удобрення запаси його були високими (141–152 мг/кг) з перевагою полицевої системи обробітку ґрунту над диференційованою – 0,7–5,1% та мульчувальною – 7,2–9,0% системами у зв'язку з дещо інтенсивнішими мінералізаційними процесами за полицевого обробітку.

Із застосуванням мульчувальної системи обробітку ґрунту в посівах кукурудзи за середньої та підвищеної забезпеченості $N-NO_3$ відмічається тенденція до зниження кількості нітратів у ґрунті порівняно з полицевою системою на 1,6–1,9 мг/кг. За підвищеного та високого рівней забезпеченості ґрунту фосфором і калієм різниця в межах 11–16 мг/кг по вмісту цих елементів в орному шарі між варіантами мульчувального і полицевого обробітку вважається несуттєвою. Наявних запасів P_2O_5 і K_2O в шарі 0–30 см перед сівбою кукурудзи було достатньо для формування високого врожаю зерна незалежно від досліджуваних систем обробітку та удобрення.

Соняшник. Згідно з результатами досліджень (2005–2010 рр.) у посівах соняшнику вміст азоту нітратів на неудобреному фоні за полицевої і мілкої (безполицевої) систем був на рівні середньої забезпеченості (9,9–12,1 мг/кг). Із застосуванням мінеральних добрив кількість N–NO₃ у ґрунті зростала до 20,1–20,7 мг/кг, що класифікується як підвищена забезпеченість. Потенційні можливості ґрунту до мобілізації азотних сполук (після компостування) на тлі залучення у кругообіг побічної продукції вирощуваних культур були на рівні 27,0–30,2 мг/кг, а під час загортання рослинних решток разом із N₃₀P₃₀K₃₀ досягали 40–42 мг/кг. При цьому відмічена перевага полицевого обробітку над безполицевим.

Уміст кислоторозчинних форм фосфору (метод Чирикова) у середньому за роки досліджень у варіантах без застосування добрив оцінювався як підвищений (133–137 мг/кг), а із внесенням мінеральних добрив як високий (160–164 мг/кг). Розбіжності в показниках P₂O₅ на користь оранки не перевищували 3 %, тобто знаходились у межах похибки досліду. Водночас результати визначення вмісту лужнорозчинних фосфатів у ґрунті (метод Мачигіна) свідчили, що ця різниця за усередненими даними була суттєвішою і становила 4–14 %. У роки з прохолодною весною (2010 р.) вона досягала 5,9–11,6 мг/кг (23–28 %).

Уміст рухомого калію у ґрунті, визначеного за методом Чирикова, на фоні без мінеральних добрив класифікується як підвищений (99–112 мг/кг), із внесенням N₃₀P₃₀K₃₀ – як високий (120–131 мг/кг). Незалежно від методів визначення (Чириков, Мачигін) простежується перевага полицевого обробітку над безполицевим щодо кількості K₂O в орному шарі ґрунту.

Аналогічні результати досліджень були отримані у другому стаціонарному досліді під час вивчення ефективності полицевої, диференційованої та мілкої (мульчувальної) систем обробітку ґрунту в посівах соняшнику. Уміст азоту нітратів тут був на рівні середньої забезпеченості (14,6–16 мг/кг) на неудобрених ділянках і підвищений (16,1–20,7 мг/кг) у варіантах внесення N₃₀₋₆₀P₃₀K₃₀ на час сівби олійної культури в орному шарі. Під час збирання врожаю кількість нітратів у ґрунті знижувалася до 9,7–14,9 мг/кг, що пояснюється виносом нітратного азоту врожаєм соняшнику, а також частково переміщенням його у шари нижче 0–30 см унаслідок вимивання у вологі роки (2011 р.) з літніми зливами.

Застосування мінеральних добрив у дозах $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{30}K_{30}$ на тлі залучення у кругообіг побічної продукції попередньої культури зумовлювало зростання кількості нітратів в орному шарі під час сівби, відносно неудобреного фону, відповідно на 1,2–1,5 та 4,7–4,8 мг/кг. Ця закономірність простежувалась і в наступні терміни відбору зразків. Показово, що із внесенням у складі повного мінерального добрива підвищених норм азоту (N_{60}) потенційна спроможність ґрунту продукувати $N-NO_3$ в період цвітіння, а також формування, наливання і досягання сім'янок за плоскорізного і чизельного обробітків (диференційована і мульчувальна система обробітку) майже досягала рівня оранки за полицевої системи обробітку.

Як і в попередньому досліді, фактичний уміст $N-NO_3$ у ґрунті (до компостування), потенційні можливості його щодо мобілізації азоту (після штучної інкубації) вищими були у варіанті за полицевої системи обробітку ґрунту.

У часовому проміжку від фази цвітіння до повної стиглості насіння, завдяки прискоренню процесів розкладу рослинних решток і вивільненню азотних сполук у ґрунтовий розчин, розбіжності по варіантах досліді за вмістом нітратів у ґрунті нівелюються. Тобто в другу половину вегетації соняшнику спостерігалось деяке гальмування нітрифікації за полицевої системи обробітку і підсилення процесу за мульчувального, особливо чизельного обробітку, який забезпечує більш глибоке (порівняно з дискуванням та плоскорізним розпушуванням скиби) перемішування (розведення) рослинних решток з ґрунтом, а також створює кращі водно-фізичні умови для життєдіяльності мікробних популяцій. Більшою мірою це явище характерне для вологих років і меншою для посушливих.

Уміст кислоторозчинних форм фосфору в орному шарі ґрунту по варіантах досліді був на рівні підвищеної та високої забезпеченості (138–163 мг/кг). За час від сівби до цвітіння соняшнику із ґрунту використовувалося 3–16 мг/кг, від цвітіння до збирання – 1–15 мг/кг рухомих фосфатів. Незначні обсяги споживання дають підстави для припущення, що за достатнього зволоження ґрунту процеси поглинання фосфору врівноважувалися процесами його мобілізації, а в разі зневоднення орного шару рослин використовували елемент з підорних горизонтів.

В усі строки визначення спостерігали покращання фосфатного режиму ґрунту за полицевої системи обробітку ґрунту відносно інших варіантів. Це може

бути пов'язано як з посиленою біологічною активністю ґрунту на оранці, так і з вірогідним закріпленням P_2O_5 (аналогічно азоту) мікроорганізмами при розкладі в обмеженому середовищі на мульчувальному агрофоні залученої у кругообіг побічної продукції попередника.

По деяких позиціях відстежувалися певні закономірності:

- застосування мінеральних добрив сприяло підвищенню кількості рухомих фосфатів у чорноземі звичайному в середньому по трьох строках визначення за полицевого обробітку на 14,8, за мульчувального – на 9,7 мг/кг;

- на удобрених ділянках більше фосфору використовували посіви на фонах з унесенням підвищеної дози азоту ($N_{60}P_{30}K_{30}$) внаслідок формування тут значної вегетативної маси і приросту врожайності насіння;

- у переважній більшості випадків на неудобреному фоні споживання фосфору зростало за полицевої системи обробітку, на неудобреному – за мульчувальної та диференційованої, що відповідає особливостям ростових процесів і рівню продуктивності посівів соняшнику.

Уміст обмінного калію в орному шарі ґрунту, на відміну від рухомого фосфору, істотно знижувався по мірі його споживання рослинами з 161–168 мг/кг (висока забезпеченість) перед сівбою олійної культури до 88–103 мг/кг (підвищена забезпеченість) під час збирання врожаю. Основна частина K_2O (65–72 %) використовувалася до цвітіння в період інтенсивного росту і розвитку олійної культури. Відмічено сталу тенденцію щодо покращання на удобреному фоні забезпеченості посівів рухомими сполуками калію протягом усієї вегетації соняшнику, а також більшого використання цього елемента при внесенні туків з підвищеною дозою азоту ($N_{60}P_{30}K_{30}$).

Таким чином, за мілкої мульчувальної системи обробітку ґрунту відмічається зниження кількості нітратів у ґрунті порівняно з полицевою системою на природному агрофоні (без добрив) на 1,4–2,2 мг/кг. Внесення мінеральних добрив $N_{30-60}P_{30}K_{30}$ на фоні середньої і підвищеної забезпеченості $N-NO_3$ нівелює цю незначну різницю до 1,1–1,4 мг/кг. За підвищеного та високого рівней забезпеченості ґрунту фосфором і калієм різниця в межах 5–15 мг/кг за вмістом цих елементів в орному шарі між варіантами мульчувального і полицевого обробітку вважається несуттєвою. Наявних запасів P_2O_5 і K_2O в шарі

0–30 см перед сівбою олійної культури було достатньо для формування високого врожаю насіння незалежно від досліджуваних агроприйомів.

5.2. Біологічна активність ґрунту

Одним із важливих показників рівня родючості ґрунту є його біологічна активність, яка тісно пов'язана з розкладом і мінералізацією рослинних і тваринних рештків різними мікроорганізмами, що має велике значення у вивільненні біологічно зв'язаних елементів живлення в доступну для рослин рухому форму та покращує процеси кореневого живлення польових культур.

Багатьма вченими, основоположниками ґрунтознавства та мікробіології [313–315], доведена важлива роль мікроорганізмів у ґрунтоутворних процесах, оскільки під впливом біологічних факторів формуються основні властивості ґрунту, які відрізняють його від материнської породи.

Мінералізаційно-імобілізаційні процеси у ґрунті мають циклічний характер, відбиваючи динамічну рівновагу між ними в певний момент часу. Азот субстрату ґрунту постійно трансформується з неорганічної в органічну форму за допомогою асиміляційних процесів, з органічної у неорганічну – шляхом розкладу та мінералізації [204].

До чинників, які дозволяють інтенсифікувати мікробіологічні процеси, відносять удобрення мінеральними, органічними добривами, залишення на полі післяжнивних решток попередників за умови впровадження раціональних сівозмін і систем основного обробітку ґрунту. Підсилення мінералізаційних процесів до певного рівня можна визнати позитивним явищем, адже паралельно в такому агроценозі відбувається підвищення продуктивності польових культур. Надмірна активність ґрунтових мікроорганізмів може призводити до швидкої мінералізації гумусу та зростання непродуктивних втрат газоподібного азоту в ході процесів денітрифікації та нітрифікації, накопичення нітратів у ґрунті та подальшого їх вимивання з ґрунтовими водами. При цьому також знижується коефіцієнт використання азоту з добрив польовими культурами, який до того ж і так є не досить високим.

У результаті багаторічних досліджень учених різних країн була виявлена пряма кореляційна залежність загальної біологічної активності ґрунту від вмісту в

ньому гумусу, вологості, температури та фізико-хімічних властивостей, кількості отримуваної променевої енергії, чисельності макро-, мезо- та мікроорганізмів у ґрунтовій фауні, характеру ґрунтового покриву [315–317].

На рівень біологічної активності ґрунту значний вплив мають погодні умови під час вегетації. Так, за нормального зволоження показники біогенності, як правило, на 15–25% вищі, аніж за недостатнього. Під час посухи біологічна активність у верхньому шарі 0–10 см сильно уповільнюється, а за нормальної зволоженості активність мікроорганізмів зростає по всій глибині оброблювального шару [204].

Обробіток ґрунту має опосередкований вплив на мікробіологічну його активність, сповільнюючи чи підсилюючи мінералізаційні процеси [318]. Різні автори досліджень дотримуються неоднозначних точок зору щодо біологічної активності при застосуванні того чи іншого способу обробітку. Так, Ф.Т. Моргун та М.К. Шикула [73–75] вважають, що зміни фізико-механічного стану ґрунту, і відбуваються під впливом різних систем його обробітку, значною мірою впливають на водний, повітряний і тепловий режими ґрунту, тобто на його мікроклімат. За систематичного застосування вищі показники біологічної активності забезпечує поверхневий, мілкий плоскорізний обробіток, особливо із внесенням мінеральних азотних добрив, що позитивно впливає на поживний режим і гумусний стан ґрунту. У середині вегетаційного періоду біологічна активність за безполицевого обробітку зростає значно більше, аніж за полицевої оранки.

На думку Л.Н. Абросимової [319], за безполицевого обробітку найбільш енергійно процеси розкладу органічної речовини ґрунту відбуваються у верхньому його шарі, де зосереджена переважна частина мікроорганізмів, коренів рослин та рослинних решток. Із застосуванням оранки протягом року родючість ґрунту у вивернутому шарі під впливом мікроорганізмів за достатніх запасів вологи збільшується в 11 разів. А через три місяці показники біологічної активності верхнього і нижнього шарів відрізняється в 1,5–2,0 рази. Регулювання однієї тільки вологості ґрунту, доведення її до оптимуму дає можливість підвищити біологічну активність ґрунту в 4–7 разів.

За даними В.М. Ремесла, В.Ф. Сайка, І.С. Шаповала [195] та інших учених, біологічна активність і чисельність мікроорганізмів в орному шарі в посівах

пшениці озимої восени зростала при дискуванні, а у весняно-літній період – після оранки. На Драбівській дослідній станції в багатофакторному стаціонарному досліді за мінімальної обробітки біогенність зростала у верхньому шарі 0–10 см, а із застосуванням оранки у більш глибоких шарах – 10–20 та 20–30 см.

Більшість учених наголошують, що застосування помірних доз мінеральних добрив та мульчування створює сприятливі умови для діяльності ґрунтових мікроорганізмів, а це позитивно впливає на поживний режим і гумусний стан ґрунту, а також на культурний ґрунтоутворювальний процес [319–323].

Аналіз наукових літературних джерел свідчить про різні результати досліджень та суперечливі твердження науковців щодо біологічної активності ґрунту залежно від способів і систем його обробітки. Враховуючи викладене, на нашу думку, слід і надалі продовжувати вивчення досліджуваного питання з метою виявлення процесів направленості мінералізації рослинних решток за різних систем обробітки ґрунту в умовах степової зони.

Дослідженнями, проведеними в Північному Степу, встановлено, що інтенсивність розкладу целюлози лляного полотна в орному шарі ґрунту (0–30 см) під польовими культурами (експозиція – 30 днів) мала відмінності й залежала від фону удобрення (табл. 35). Системи обробітки ґрунту проявляли менш виражений вплив на біогенність, особливо в посушливі роки (2012 р.). Тенденцію до підвищення показників біологічної активності відмічено за полицевої системи обробітки ґрунту як під ярими культурами, так і в посівах озимої пшениці на 3–11%. Підсилення мікробіологічних процесів на полицевому обробітку пояснюється, вірогідно, кращою аерацією ґрунту та більш глибоким заорюванням рослинних решток попередника у більш вологі шари, де інтенсивність розкладу органічної маси вища. Послаблення розкладу тканини за диференційованої та мульчувальної систем обробітки можна пояснити дещо ущільненою будовою орного шару і локалізацією в обмеженому ґрунтовому середовищі (верхніх шарах 0–20 см) великої кількості рослинних решток.

Активність ґрунтової мікрофлори, незалежно від обробітки ґрунту та удобрення в орному шарі зростала з глибиною кожні 10 см на 3–4 % по всіх полях сівозміни. Зниження біологічної активності у верхніх шарах (0–10 см) пояснюється дещо меншими умовами зволоження внаслідок використання вологи рослинами та втрат на фізичне випаровування.

35. Інтенсивність розкладу лляної тканини у ґрунті під польовими культурами залежно від системи обробітку ґрунту та удобрення (середнє за 2010–2013 рр.)

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Біологічна активність ґрунту під культурами, (фактор В) %				
		чистий пар	пшениця озима	соняшник	ячмінь	кукурудза
Полицева	без добрив	30,2	24,1	13,0	14,9	13,8
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	33,3	27,2	17,4	18,9	17,9
	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	35,8	31,1	20,7	21,8	21,0
Диференційована	без добрив	30,2	24,0	11,8	13,6	12,3
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	32,8	27,0	17,1	18,3	17,2
	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	34,5	31,1	19,9	21,1	19,7
Мульчувальна	без добрив	30,2	24,1	11,6	13,7	12,4
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	32,9	27,1	16,2	18,3	17,3
	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	34,7	31,3	18,3	21,2	19,9
НІР _{0,95} , %:						
фактор А		2,6	1,1	0,8	1,0	0,9
фактор В		2,9	3,3	4,3	4,5	4,4
взаємодія АВ		5,1	4,5	5,1	5,5	5,6

Біологічна активність ґрунту в досліді суттєво залежала від внесених мінеральних добрив, корелюючи з показниками енергії нітрифікації. Біогенність залежно від удобрення зростала у висхідному порядку в посівах польових культур: неудобрений фон – 11,6–24,1 %; N₃₀P₃₀K₃₀ – 16,2–27,2 %; N₆₀P₃₀K₃₀ – 18,3–31,3%. Отримані дані підтверджують тезу щодо однонаправленості процесів розкладу целюлози, які показують не лише активність певної групи мікроорганізмів, але і ступінь мобілізації азоту в ґрунті.

Зберігаючи описані закономірності щодо способів основного обробітку і фонів удобрення, біологічна активність ґрунту була нижчою у 2012 році по всіх варіантах досліді, що пояснюється суттєвим погіршенням внутрішньогрунтового мікроклімату в період проведення експерименту внаслідок посушливих умов і прогресуючого зневоднення орного шару

чорнозему, підвищення його щільності і твердості. Біогенність ґрунту за таких умов суттєво знижувалась у 2–3 рази і становила 5–10%.

Найвищі показники активності мікроорганізмів відмічено в чистому парі із ступенем розкладу лляного полотна 30,2–35,8 % та перевищенням показників посівів ярих культур в 1,5–2,0 рази незалежно від способів обробітку. Така різниця перш за все пояснюється значно кращими умовами зволоження та агрофізичного стану ґрунту чистих парів порівняно з посівами ярих польових культур.

У полях парової пшениці показники біогенності були також високими – 24–31,3 %. Навесні під листковим апаратом розкущених рослин пшениці озимої вологість ґрунту, як правило, вища, ніж у рослин ярих культур, унаслідок меншої втрати вологи на фізичне випаровування та видування вітром порівняно з агрофоном без рослинності та рослинних решток на поверхні поля.

На основі результатів досліджень можна зробити висновок, що активність ґрунтової мікрофлори в першу чергу залежала прямо пропорційно від умов зволоженості орного шару (0–30 см), внесених мінеральних добрив та аерації ґрунту. Способи та системи основного обробітку регулювали ці показники у ґрунті. Відзначена тенденція до підвищення розкладу лляного полотна за полицевої системи обробітку ґрунту завдяки кращим умовам аерації з глибшим загортанням рослинних решток.

Застосування помірних доз мінеральних добрив ($N_{30-60}P_{30}K_{30}$), залишенні на полі рослинні рештки створюють сприятливі умови для діяльності ґрунтових мікроорганізмів, що позитивно впливає на поживний режим та гумусний стан ґрунту, а також на культурний ґрунтоутворювальний процес.

5.3. Гумусний стан, баланс поживних речовин та використання рослинних решток для відтворення природної родючості ґрунту

Основним показником родючості ґрунту є наявність у ньому органічних речовин і основної їх складової – гумусу. Органічні речовини ґрунту утворюються в результаті розкладання рослинних решток польових культур під дією ґрунтових мікроорганізмів та мезофауни, які використовують ці рештки як субстрат для своєї життєдіяльності [123, 224].

Гумус позитивно впливає на агрофізичні властивості ґрунту, збільшуючи кількість структурних агрегатів, надає орному шару оптимальну будову і щільність, підвищує його водопроникність та водоемкість; ґрунт при цьому стає стійкішим проти ерозії. Крім того, до складу гумусу входять фізіологічно активні речовини, які стимулюють ріст рослин, позитивно впливають на водообмін. Органічні сполуки, утворені під час гуміфікації, стимулюють формування в рослинах коренів, особливо на ранніх стадіях їхнього розвитку. У процесі розкладання гумусу культурні рослини також забезпечуються вуглекислим газом, необхідним елементом для фотосинтезу [224, 324].

Процес розкладання органічних решток розподіляють на мінералізацію і гуміфікацію. У результаті мінералізації виділяється вуглекислий газ, мінеральні сполуки азоту, фосфору, калію та інші макро- і мікроелементи. Під час гуміфікації відбувається консервація органічних речовин у формі відносно стійких проти розкладання гумусових кислот, що акумулюють у собі значні запаси елементів живлення й енергії. Регулювання запасів органічних речовин ґрунту значною мірою залежить від виду вирощуваних культур та ступеня загортання їх решток у ґрунт. Провідними факторами збереження і підвищення кількості гумусу в ґрунті є використання органічних добрив (гній), рослинних решток вирощуваних культур [224, 325, 326].

У процесі систематичного інтенсивного використання чорноземи значно втратили свою природну родючість через зниження рівня саморегуляції гумусного, фізико-хімічного та біологічного стану; агрофізичних властивостей, газово-температурного, поживного, окисно-відновного і водного режиму, що призвело до їх морфогенетичної деградації та зниження вмісту гумусу. Недостатнє надходження в ґрунт біомаси за полицевого обробітку викликає неухильне зниження гумусового потенціалу, відбувається мобілізація сполук азоту, які знаходяться в гумусі [72–75, 327–330].

Втрати гумусу в ґрунтах України постійно зростають з 1882 року; за 80 років було втрачено 0,4 % гумусу, з 1962 по 1982 рік було втрачено ще 0,6 % [331, 332]. За даними О.Ф. Смаглій [333, 334], щорічно через підвищення темпів мінералізації органічної речовини ґрунти втрачають 8–14 млн тонн гумусу. За розрахунками УНДІ захисту ґрунтів від ерозії [335], за рік втрачається в середньому 20 т/га ґрунту, а з ним – і значна частина гумусу.

Удобренню рослинними рештками у сучасному землеробстві приділяється все більше уваги у зв'язку з відсутністю органічних добрив (гною) через значне зниження поголів'я у тваринництві, спричинене кризовими явищами у аграрному виробництві. Рослинні рештки, як заміна гною, є одним із суттєвих джерел поповнення запасів органічних речовин, азоту і зольних елементів живлення рослин. Кількість рослинних решток, що надходять, варіює в широких межах і визначається кліматичними умовами, біологічними особливостями і характером господарського використання вирощуваних культур [327, 336–342].

Використання рослинних решток як органічного добрива, забезпечує енергетику культурного ґрунтоутворювального процесу в агроценозах за умови внесення азотних добрив (азоткомпенсації) 8–10 кг діючої речовини на 1 тону решток для забезпечення життєдіяльності мікроорганізмів. При цьому попереджується використання мінерального азоту ґрунту і за рахунок його високої біогенності гальмуються процеси мінералізації органічної речовини [327].

Спосіб загорання рослинних решток у ґрунт істотно впливає на коефіцієнт їхньої гуміфікації. Так, він вищий на третину в разі поверхневого загорання (мілкий, поверхневий обробіток) порівняно зі заорюванням, що свідчить про можливість використання нетоварної частини врожаю як органічного добрива для відновлення гумусу та родючості чорноземів [72–75, 327–330].

Більшість авторів стверджують, що зменшення мінералізації органічної речовини й збільшення частки процесів гуміфікації до 50 % можна досягти в разі глибокого заорювання органічних матеріалів углиб орного шару. Мілкий, малоінтенсивний обробіток ґрунту за типом дискування знижує мінералізацію органіки, що свідчить про більш раціональне використання продуктів мінералізації органічної речовини ґрунту польовими культурами. Тому найдоцільнішим щодо стабілізації гумусного стану є раціональне поєднання мінімального обробітку ґрунту з оранкою, тобто застосування диференційованої системи обробітку ґрунту. Гуміфікація органічних речовин як гною, так і рослинних решток залежить від їхнього сполучення з мінеральними добривами. За сумісного використання органічних решток і мінеральних добрив у рекомендованих дозах коефіцієнт гуміфікації збільшується на 23–25 % [123].

Використання в умовах Північного Степу рослинних решток вирощуваних культур у поєднанні з мінеральними добривами в помірних дозах $N_{30-60} N_{30-60} P_{30} K_{30}$

супроводжувалося певними змінами в показниках потенційної та ефективної родючості ґрунту. Систематичне, протягом 6 років, у першому досліді загортання у ґрунт (50 % за мілкою безполицевою обробіткою і практично повне за оранки) біомаси побічної продукції культур сівозміни навіть у разі автономного використання забезпечувало бездефіцитний баланс гумусу. За вихідної гумусованості орного шару 4,2 % на кінець другої ротації вміст загального гумусу в шарі 0–30 см у зерно-паровій сівозміні (з ярим ячменем) склав 4,21–4,24 %, у зерно-паро-просапній (із соняшником) – 4,22–4,28 %, а в поєднанні з внесенням мінеральних добрив підвищився відповідно на 0,03–0,13 і 0,01–0,04% (табл. 36). Внесення мінеральних добрив у поєднанні з рослинними рештками сприяло підвищенню коефіцієнта гумусованості, а відповідно і більшому накопиченню гумусу не тільки за мілкою мульчувального обробіткою, а й навіть за використанням полицевої оранки.

36. Уміст гумусу, валового азоту і фосфору по закінченні другої ротації сівозмін під впливом різних систем обробіткою ґрунту (2010 р.)

Система обробіткою ґрунту	Шар ґрунту, см	Сівозміна, %					
		зерно-парова			зерно-паро-просапна		
		гумус	азот	фосфор	гумус	азот	фосфор
Без добрив + рослинні рештки							
Полицева	0–10	4,43	0,22	0,16	4,46	0,22	0,17
	10–20	4,22	0,20	0,14	4,29	0,21	0,15
	20–30	3,98	0,19	0,14	3,90	0,20	0,14
	0–30	4,21	0,20	0,15	4,22	0,21	0,15
Мілка (безполицева)	0–10	4,42	0,22	0,16	4,64	0,23	0,15
	10–20	4,24	0,21	0,15	4,25	0,21	0,15
	20–30	4,05	0,18	0,14	3,96	0,19	0,14
	0–30	4,24	0,20	0,15	4,28	0,21	0,15
Рослинні рештки + NPK							
Полицева	0–10	4,62	0,22	0,16	4,35	0,22	0,16
	10–20	4,18	0,22	0,15	4,29	0,21	0,14
	20–30	3,93	0,18	0,15	4,05	0,20	0,14
	0–30	4,24	0,21	0,15	4,23	0,21	0,15
Мілка (безполицева)	0–10	4,62	0,22	0,16	4,66	0,23	0,16
	10–20	4,38	0,21	0,15	4,24	0,21	0,16
	20–30	4,10	0,20	0,15	4,06	0,20	0,15
	0–30	4,37	0,21	0,15	4,32	0,21	0,16
НІР _{0,95} (шар 0–30 см), %		0,04	-	-	0,05	-	-

У цілому спостерігалася тенденція до поліпшення гумусного стану ґрунту за систематичного мілкового безполицевого (мульчувального) обробітку в сівозмінах короткої ротації за рахунок зниження процесів мінералізації та підвищення процесів гуміфікації порівняно з оранкою на зяб. Уміст валового азоту і фосфору в ґрунті мало змінювався під впливом досліджуваних агроприйомів.

З метою розрахунку виносу елементів живлення та їх балансу в стаціонарних дослідках визначали хімічний склад основної та побічної продукції польових культур. Знання хімічного складу рослин дає широкі уявлення про вплив окремих агротехнічних заходів (обробіток ґрунту, внесення мінеральних добрив) на кругообіг біогенних елементів, масштаби їх відчуження з основною і побічною продукцією та про кількість залишених на полі в рослинних рештках і кореневій системі елементів живлення, які в подальшому беруть участь у гуміфікації та мінералізації з утворенням гумусу, зберігаючи і підвищуючи при цьому родючість ґрунту (табл. 37–39).

Згідно з результатами досліджень, хімічний склад зерна пшениці озимої і ячменю ярого був приблизно однаковий з переважанням умісту азоту (1,64–2,20 %) над фосфором (0,71–0,97 %) та калієм (0,42–0,88 %). Чітко вираженого впливу способів обробітку ґрунту на означені показники не простежувалося, водночас підживлення рослин аміачною селітрою істотно підвищувало кількість азоту в зерні обох культур. Насіння соняшнику містило 2,17–3,08 % азоту, 1,60–1,84 % фосфору і 0,80–0,87 % калію, що перевищувало вміст даних елементів у зерні зернових культур в 1,5–2,0 рази у зв'язку з біологічними особливостями олійної культури. Співвідношення між собою кількості елементів живлення у злаків по азоту становило 49–52 %, фосфору 15–17, калію – 33–39 %, у соняшнику – відповідно 37, 14 і 49 %. Вплив факторів, що вивчались у досліді (фон удобрення, обробіток ґрунту), на хімічні властивості насіння соняшнику був несуттєвим (табл. 37–39).

У побічній продукції вирощуваних польових культур уміст макроелементів розміщувався у висхідному порядку: фосфор–азот–калій. Уміст азоту в соломі пшениці озимої становив 0,72–1,12 %, фосфору 0,16–0,23 %, калію 1,15–1,65 %, у соломі ячменю ярого відповідно 0,73–1,24, 0,25–0,31 та 1,43–1,79 %, у листостебловій масі соняшнику – 0,98–1,33, 0,21–0,38 і 2,50–3,52 %. Впливу способів основного обробітку ґрунту на хімічні властивості побічної продукції не спостерігалось. При цьому вищі показники вмісту N, P₂O₅ і K₂O на всіх культурах характерні для варіантів, де загортання рослинних решток поєднувалось із внесенням мінеральних добрив.

37. Хімічний склад зерна, побічної продукції і кореневої системи озимої пшениці

Удобрення	Обробіток ґрунту	Вміст, % на абсолютно суху речовину										
		зерно			побічна продукція			коренева система				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅
Попередник – пар після ячменю (середнє за 2005–2009 рр.)												
Загортання рослинних решток + N ₃₀₋₆₀	дисковий	2,16	0,77	0,44	1,07	0,21	1,55	1,04	0,16	0,32		
	чизельний	2,13	0,77	0,43	0,86	0,22	1,65	1,08	0,15	0,34		
	полицевий	2,08	0,76	0,44	1,00	0,22	1,78	1,13	0,15	0,34		
Загортання рослинних решток	плоскорізний (ранній пар)	2,16	0,75	0,42	0,94	0,22	1,57	0,96	0,16	0,33		
	дисковий	1,71	0,74	0,46	0,81	0,17	1,11	0,83	0,14	0,29		
	чизельний	1,83	0,74	0,44	0,83	0,18	1,23	0,90	0,14	0,31		
	полицевий	1,87	0,72	0,45	0,79	0,16	1,33	0,85	0,13	0,28		
плоскорізний (ранній пар)	1,88	0,71	0,42	0,81	0,17	1,15	0,85	0,13	0,27			
Попередник – пар після соняшнику (середнє за 2005–2009 рр.)												
Загортання рослинних решток + N ₃₀₋₆₀	чизельний	2,01	0,77	0,46	0,87	0,20	1,53	0,99	0,14	0,31		
	полицевий	2,08	0,72	0,45	0,91	0,21	1,45	1,07	0,14	0,30		
Загортання рослинних решток	плоскорізний (ранній пар)	2,20	0,75	0,44	0,77	0,22	1,45	0,93	0,13	0,26		
	чизельний	1,64	0,75	0,43	0,73	0,19	1,25	0,81	0,13	0,25		
	полицевий	1,92	0,75	0,43	0,72	0,20	1,34	0,81	0,13	0,24		
	плоскорізний (ранній пар)	1,85	0,75	0,43	0,73	0,19	1,17	0,75	0,12	0,23		
Попередник – пар після кукурудзи (середнє за 2010-2013 рр.)												
Загортання рослинних решток + N ₆₀	полицевий	2,12	0,70	0,45	1,06	0,23	1,79	1,15	0,15	0,34		
	дисковий	2,19	0,78	0,45	1,12	0,22	1,65	1,06	0,16	0,33		
Загортання рослинних решток + N ₃₀	плоскорізний (ранній пар)	2,19	0,76	0,45	0,99	0,23	1,62	0,98	0,16	0,34		
	полицевий	2,08	0,70	0,42	0,95	0,19	1,58	1,01	0,14	0,32		
Загортання рослинних решток + N ₃₀	дисковий	2,13	0,73	0,42	0,99	0,20	1,41	0,96	0,15	0,32		
	плоскорізний (ранній пар)	2,12	0,75	0,45	0,98	0,20	1,43	0,93	0,15	0,30		
Загортання рослинних решток	полицевий	2,01	0,75	0,42	0,84	0,17	1,37	0,87	0,13	0,29		
	дисковий	1,90	0,73	0,42	0,86	0,18	1,16	0,85	0,14	0,30		
плоскорізний (ранній пар)	1,92	0,71	0,42	0,99	0,18	1,19	0,87	0,13	0,28			

**38. Макроелементний склад зерна, побічної продукції і кореневої системи ячменю ярого та соняшнику
(середнє за 2005-2009 рр.)**

Удобрення	Система обробітку ґрунту	Вміст, % на абсолютно суху речовину									
		Зерно, насіння		побічна продукція		коренева система					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Ячмінь ярий											
Загортання рослинних решток + N ₆₀	полицева	2,00	0,97	0,72	1,20	0,29	1,77	1,20	0,19	0,41	
	мілка (безолицева)	2,10	0,97	0,71	1,07	0,30	1,72	1,18	0,17	0,38	
	полицева	1,79	0,92	0,61	0,85	0,25	1,43	1,10	0,17	0,34	
Загортання рослинних решток	мілка (безолицева)	1,88	0,94	0,67	0,73	0,28	1,43	1,05	0,15	0,32	
Соняшник											
Загортання рослинних решток + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	полицева	3,06	1,81	0,87	1,33	0,31	3,52	0,96	0,17	1,30	
	мілка (безолицева)	2,98	1,78	0,87	1,15	0,29	3,04	0,84	0,16	1,04	
Загортання рослинних решток	полицева	3,01	1,78	0,83	1,07	0,27	3,11	0,91	0,16	1,10	
	мілка (безолицева)	2,94	1,77	0,84	0,96	0,25	2,67	0,85	0,15	1,09	

39. Хімічний склад зерна, побічної продукції і кореневої системи ячменю ярого, соняшнику та кукурудзи за 2010–2013 рр.

Удобрення	Система обробітку ґрунту	Вміст, % на абсолютно суху речовину											
		зерно, насіння			побічна продукція			коренева система					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ячмінь ярий													
Загортання рослинних решток + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	полицева	2,03	0,94	0,82	1,22	0,30	1,79	1,22	0,30	1,79	1,22	0,19	0,42
	диференційована	2,10	1,07	0,88	1,24	0,32	1,77	1,22	0,32	1,77	1,22	0,20	0,41
	мульчувальна	1,82	1,24	0,88	1,09	0,31	1,74	1,20	0,31	1,74	1,20	0,17	0,39
Загортання рослинних решток + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	полицева	1,96	0,82	0,78	1,05	0,28	1,63	1,18	0,28	1,63	1,18	0,18	0,39
	диференційована	2,05	1,07	0,82	1,07	0,31	1,61	1,17	0,31	1,61	1,17	0,19	0,39
	мульчувальна	1,82	1,17	0,80	0,92	0,30	1,60	1,14	0,30	1,60	1,14	0,17	0,36
Загортання рослинних решток	полицева	1,88	0,79	0,78	0,87	0,26	1,45	1,12	0,26	1,45	1,12	0,17	0,35
	диференційована	1,96	1,07	0,80	0,89	0,29	1,45	1,10	0,29	1,45	1,10	0,18	0,34
	мульчувальна	1,75	0,97	0,75	0,75	0,29	1,45	1,07	0,29	1,45	1,07	0,15	0,33
Соняшник													
Загортання рослинних решток + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	полицева	2,80	1,74	0,82	1,12	0,38	3,75	0,99	0,38	3,75	0,99	0,15	1,34
	диференційована	3,08	1,84	0,95	1,12	0,25	3,25	0,99	0,25	3,25	0,99	0,18	1,34
	мульчувальна	2,24	1,45	0,85	0,98	0,24	2,56	0,90	0,24	2,56	0,90	0,14	1,33
Загортання рослинних решток + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	полицева	2,73	1,74	0,80	1,12	0,37	3,44	0,99	0,37	3,44	0,99	0,15	1,34
	диференційована	2,82	1,74	0,90	1,05	0,22	3,12	0,99	0,22	3,12	0,99	0,16	1,34
	мульчувальна	2,24	1,45	0,80	0,91	0,24	2,56	0,92	0,24	2,56	0,92	0,13	1,31
Загортання рослинних решток	полицева	2,66	1,60	0,78	1,05	0,34	3,25	0,91	0,34	3,25	0,91	0,15	1,30
	диференційована	2,80	1,69	0,85	1,03	0,21	3,03	0,89	0,21	3,03	0,89	0,15	1,25
	мульчувальна	2,17	1,45	0,80	0,98	0,24	2,50	0,85	0,24	2,50	0,85	0,12	1,21
Кукурудза													
Загортання рослинних решток + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	полицева	1,72	0,73	0,48	0,88	0,45	1,40	0,74	0,45	1,40	0,74	0,32	0,60
	диференційована	1,68	0,86	0,50	0,87	0,47	1,40	0,70	0,47	1,40	0,70	0,31	0,60
	мульчувальна	1,62	0,94	0,50	0,85	0,47	1,38	0,70	0,47	1,38	0,70	0,30	0,59
Загортання рослинних решток + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	полицева	1,65	0,71	0,45	0,88	0,44	1,40	0,72	0,44	1,40	0,72	0,31	0,60
	диференційована	1,54	0,80	0,50	0,85	0,47	1,39	0,70	0,47	1,39	0,70	0,30	0,60
	мульчувальна	1,54	0,94	0,50	0,81	0,46	1,38	0,70	0,46	1,38	0,70	0,30	0,60
Загортання рослинних решток	полицева	1,59	0,71	0,35	0,82	0,46	1,39	0,70	0,46	1,39	0,70	0,30	0,59
	диференційована	1,51	0,74	0,40	0,80	0,47	1,38	0,69	0,47	1,38	0,69	0,29	0,59
	мульчувальна	1,50	0,84	0,40	0,80	0,47	1,37	0,69	0,47	1,37	0,69	0,29	0,58

Коренева система пшениці озимої і ячменю містила 0,75–1,22 % азоту, 0,12–0,20 % фосфору і 0,23–0,42 % калію. У коренях соняшнику кількість N і P_2O_5 була близькою до кількості їх у злаків (0,84–0,99 та 0,12–0,18%), а вміст K_2O вищий, ніж у зернових культур у 3,2–4,5 рази (1,04–1,34%). Стосовно досліджуваних агроприймів можна констатувати тенденцію до зростання вмісту азоту в коренях рослин, що вирощувалися на ділянках із застосуванням мінеральних добрив.

Винос поживних речовин був прямо пропорційний до їх урожайності, тобто внесення мінеральних добрив під польові культури поряд із збільшенням урожаю сприяло зростанню виносу рухомих форм елементів живлення як під окремими культурами, так і в середньому на 1 га сівозмінної площі в 1,1 рази. Способи та системи основного обробітку ґрунту практично не мали суттєвого впливу на винос елементів живлення. Максимальну кількість азоту в зерні використовувала пшениця озима – 71,0–119 кг/га, що перевищувало ячмінь ярий в 1,8–2,3, а насіння соняшнику в 1,5–1,6 рази. Це пояснюється в першу чергу біологічними особливостями (значним умістом азоту в зерні), а також високим урожаєм парової пшениці. Що стосується виносу рухомих форм фосфору, то пшениця озима і соняшник використовували практично однакову їх кількість на формування врожаю (28,1–42,9 та 30,7–42,6 кг/га відповідно), перевищуючи ячмінь ярий в 1,4–1,7 рази у зв'язку з низькими його врожаєм в посушливі роки. Аналогічна тенденція була зареєстрована й по виносу калію; пшениця озима виносила його найбільше на формування врожаю зерна (15,5–25,5 кг/га), ніж ячмінь ярий та соняшник в 1,2 та 1,1 рази відповідно.

Винесені елементи живлення врожаєм частково компенсувалися внесеними мінеральними добривами. Так, застосування помірних доз мінеральних добрив ($N_{30-60}P_{30}K_{30}$) під польові культури знижувало негативний баланс елементів живлення в 1,5–5,0 рази, а в окремих випадках і більше, зокрема у посівах ячменю ярого по рухомих формах азоту в 7 разів. У цілому по сівозмінах у першому стаціонарному досліді баланс поживних речовин майже в усіх випадках був негативним, з невисоким мінусовим балансом N– NO_3 , P_2O_5 , K_2O по неудобреному варіанту відповідно: - 55,4–55,8; - 26–26,5; - 13,6–13,9 та удобреному - 32,1–32,7; - 16,9–17,4; - 4,5–5,2 кг на 1 га сівозмінної площі. Таку саму закономірність отримано і в другому стаціонарному досліді - 42,0–49,2; -21,8–23,3; - 12,5–14,7 кг на 1 га сівозмінної площі відповідно. Вирівняти баланс елементів живлення в сівозмінах можливо за рахунок підвищення норм внесення добрив, особливо азотних.

Крім цього, залишання на полі рослинних решток польових культур у коротко-ротаційних сівозмінах повертає значну кількість, елементів живлення раніше відчужених з ґрунту. Ступінь їх повернення з рослинними рештками в першу чергу залежала від урожаю побічної продукції та біологічних особливостей культури. Так, найбільша кількість елементів живлення поверталася з рослинними рештками соломи пшениці озимої (N – 57,4–79; P₂O₅ – 13,1–17,3; K₂O – 94,0–140,6 кг/га), стеблами соняшнику (N – 50,1–70,5; P₂O₅ – 13,2–16,4; K₂O – 148,5–186,5 кг/га) та кукурудзи (N – 53,3–65,1; P₂O₅ – 29,9–33,3; K₂O – 90,4–103,6 кг/га), що пояснюється високим урожаєм побічної продукції та значним умістом елементів живлення в ній. Суттєво менша кількість (у 1,5–2,0 рази) елементів живлення повертається із побічною продукцією ячменю ярого (N – 32,9–43,2 ; P₂O₅ – 7,8–10,4; K₂O – 43,5–63,7 кг/га) через низьку врожайність соломи порівняно зі соломою пшениці озимої та стеблами соняшнику.

Значну частину елементів живлення повертає у ґрунт і коренева система польових культур. Так, корені озимої пшениці після своєї мінералізації залишають у ґрунті N – 40,2–63,8 ; P₂O₅ – 6,2–8,9; K₂O – 13,9–19,2 кг/га. Це дещо менше, ніж рослинні рештки, особливо по калію, в 6–8,5 раза, але вагомо в загальній сумі. Такі самі закономірності притаманні і для елементів живлення в корневих рештках соняшнику, кукурудзи та ячменю ярого, зменшення їх кількості порівняно з елементами живлення надземних решток по азоту було в 1,4–3,1; фосфору 2,4–4,2; калію 6,2–6,8 раза.

У загальній своїй сумі рослинні рештки (кореневі + рослинні рештки) залишають значну частину органічної маси, яка за гуміфікації та мінералізації частково перетворюється на гумус та рухомі елементи живлення (N–NO₃, P₂O₅, K₂O). Найбільшу кількість у загальній масі після себе в рослинних рештках залишали пшениця озима (N – 97,6–142,8 ; P₂O₅ – 19,3–26,2; K₂O – 107,9–159,8 кг/га), соняшник (N – 69,1–95,3; P₂O₅ – 16,7–20,2; K₂O – 172,0–220,0 кг/га) та кукурудза (N – 83,4–101,3; P₂O₅ – 42,8–49,0; K₂O – 115,8–133,0 кг/га), значно менше ячмінь ярий (N – 51,6–68,0; P₂O₅ – 10,5–14,0; K₂O – 49,7–71,7 кг/га). Залучена в біологічний кругообіг загальна кількість поживних речовин розподілялась у зернових культур по окремих органах рослин у такому співвідношенні: основна продукція – 44 %, побічна – 39–40 %, коренева система – 16–17 %, у соняшнику відповідно 32, 52 та 16 %.

Результати наших досліджень, відносно повернення елементів живлення з рослинними рештками у ґрунт підтверджуються даними В.С.

Чумака, Л.М. Десятник та А.В. Кохана [341], які вважають, що для збереження родючості ґрунтів необхідною умовою є компенсування винесених основних елементів живлення з урожаєм та побічною продукцією шляхом загортання рослинних решток у ґрунт і внесення відповідної дози азоту.

Способи та системи основного обробітку ґрунту мали незначний вплив на загальну величину повернення елементів живлення з рослинними рештками. Так, за загального вищого рівня врожайності польових культур із застосуванням полицевої та диференційованої систем обробітку відповідно і повернення елементів живлення було дещо більшим порівняно з мілкою (безполицевою) та мульчувальною системами: по азоту в 1,15–1,20; фосфору 1,03–1,05; калію 1,13–1,15 разів.

Відносні показники можливого повторного використання макроелементів після мінералізації маси коренів і побічної продукції вирощуваних культур становлять N – 48–53%, P₂O₅ – 30–34%, K₂O – 72–90% від обсягу їх біологічного кругообігу на створення врожаю, тобто під час планування системи удобрення в сівозміні слід передбачити, перш за все, компенсацію спожитого азоту і фосфору.

Таким чином, за суттєвого скорочення обсягів застосування органічних та мінеральних добрив певна компенсація втрат поживних речовин можлива за рахунок залишеної на полі нетоварної частини врожаю та коренів польових культур. Рослинні рештки дають можливість на кінець другої ротації короткоротаційних сівозмін підвищити вміст гумусу в орному шарі на 0,03–0,13 % та повернути у ґрунт значну частину рухомих форм елементів живлення (N–NO₃, P₂O₅, K₂O), тобто рослинні рештки сприяють збереженню та підвищенню рівня родючості ґрунту не тільки за мілкою обробітку, а й у разі використання полицевої оранки.

РОЗДІЛ 6

ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН ПОСІВІВ У ЗВ'ЯЗКУ ІЗ СПОСОБАМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

До вагомим обмежувальних факторів вирощування польових культур належить рівень забур'яненості посівів, ураження хворобами та пошкодження шкідниками. Навіть незважаючи на широке впровадження сучасних високоефективних хімічних засобів захисту, вони і надалі залишаються шкідливими об'єктами, які знижують урожай більш, ніж на третину.

У польових умовах шкідливі об'єкти, як і корисні, не можна розглядати ізольовано від агрофітоценозів. Вони є рівноправними компонентами, а зміна їх чисельності та складу обумовлюється, насамперед, змінами екологічних умов і неоднаковими вимогами окремих видів до лімітуючих факторів розвитку, пов'язаних з мульчуванням ґрунту, особливостями окремих способів обробітку ґрунту та технології вирощування культур у цілому [90, 343, 344].

6.1. Забур'яненість пару та посівів польових культур

Забур'яненість агроценозів, як один із найбільш негативних факторів, суттєво знижує ефективність усіх заходів, спрямованих на підвищення врожайності польових культур. Взаємозв'язки культурних рослин та бур'янів дуже глибокі і пояснюються умовами та особливостями еволюційного розвитку цих рослин в агроценозі [345].

Біологічна різноманітність бур'янів досить широка, майже 1,5 тис. видів, але серед них вважають найнебезпечнішими для посівів культурних рослин приблизно 30 видів, майже 100 помірно небезпечними; решта видів не має значної конкуренції з культурними рослинами, оскільки походить із природних біогеоценозів і не витримують конкуренції в агроценозах, тому й не можуть бути постійними мешканцями посівів польових культур [346].

Бур'яни за рахунок своєї надземної маси затіняють і заглушують культурні рослини, унаслідок чого посіви розвиваються повільніше, у них знижується інтенсивність фотосинтезу через скорочення асиміляційної поверхні листя та створення органічної речовини. Бур'яни також підсилюють негативну дію посухи, використовують значну кількість дорогоцінної вологи,

запаси якої зменшують на 14–16 % порівняно з незабур'яними посівами. До того ж бур'яни використовують значну кількість поживних речовини та сприяють розмноженню шкідників і хвороб сільськогосподарських культур [347–349].

В останні десятиліття в землеробстві Степу внаслідок кризових явищ та падіння культури землеробства збільшилася потенційна засміченість чорноземів в орному шарі ґрунту вегетативними (150–300 тис. пагонів/га) і насінневими (0,5–1,0 млрд. шт./га) органами розмноження. Загальновизнано вважається чистим ґрунт (культурний стан ґрунту), в орному шарі якого знаходиться менше 1 тис./га коренів багаторічних і 10 млн шт./га схожого насіння малорічних бур'янів. Через надмірну потенційну засміченість ґрунту на чорних парах і в посівах просапних культур за вегетаційний період може з'явитися на 1 м² до 1,5–2,0 тис. сходів малорічних і 15–30 паростків або пагонів багаторічних коренепаросткових бур'янів [123, 345, 350].

Серед причин значного зростання потенційної засміченості чорноземів Степу є такі:

- висока насіннева продуктивність і регенераційна здатність бур'янів за недостатньо ефективного контролювання їх на орних і необроблюваних землях;
- порушення науково обґрунтованих сівозмін, оптимальних строків виконання польових робіт і системи обробітку ґрунту;
- спрощення системи догляду за посівами та відсутність боротьби з бур'янами на необроблюваних землях.

Основний обробіток ґрунту відіграє провідну роль у підвищенні культури землеробства та контролюванні забур'яненості посівів, його проводять з урахуванням розвитку ерозійних процесів, біологічних особливостей культури, попередників, погодних умов, а також характеру та величини забур'яненості посівів. Перелічені фактори визначають і обумовлюють доцільність використання окремих способів та систем основного обробітку ґрунту [351, 352].

Багатьма науковцями доведено, що післязбиральне луцення стерні та подальша оранка на зяб є найбільш ефективними заходами захисту посівів від бур'янів за рахунок заорювання насіння в нижні шари ґрунту, завдяки чому воно не проростає [353–360]. За даними З.Б. Борисоника, поглиблення оранки з 20 до 30 см забезпечує зниження забур'яненості посівів кукурудзи вдвічі [361]. Проте, М.К. Шикуча не поділяє такої думки і вважає, що заоране на певну глибину чи рівномірно розміщене у ґрунтового профілі насіння бур'янів під

час чергового обробітку плугом знову виноситься на поверхню в зону можливого їх проростання [362]. Приблизно такої самої думки дотримуються Н.Ф. Бенедичук, Ф.А. Льоринець [363], С.П. Карабжей [364], А.К. Лисенко [365], Б. А. Смирнов [366], В.В. Яровенко [367] та інші вчені, які стверджують, що застосування безполицевого обробітку ґрунту за умови щорічного внесення гербіцидів не підвищує забур'яненості посівів порівняно з беззмінною оранкою.

Важливу роль у боротьбі з бур'янами відіграє чорний пар. У паровому полі створюються оптимальні умови для проростання насіння бур'янів, яке знаходиться у ґрунті протягом багатьох років у стані спокою і являє собою велику потенційну небезпеку. Остаточного позбутися насіння бур'янів в ґрунті та їх сходів у посівах культурних рослин практично неможливо, однак чорний пар є надійним і ефективним фактором у боротьбі зі забур'яненістю не тільки пшениці озимої, а й сівозміни в цілому [109].

За даними В.С. Цикова та Л.П. Матюхи, ретельний догляд за парами може суттєво знизити (на 35–40%) потенційну засміченість посівного й орного шарів ґрунту насінням малорічних і на 60–70% вегетативними органами розмноження багаторічних коренепаросткових бур'янів та дозволить отримати дружні сходи пшениці озимої, які не потребують на наступний рік хімічного захисту від бур'янів шляхом внесення гербіцидів [345, 350].

Як видно з короткого аналізу наукової літератури за темою, серед науковців немає одностайної думки, щодо впливу системи обробітку ґрунту на забур'яненість посівів, тому продовження досліджень в цьому напрямі і надалі залишатиметься актуальним, особливо з тенденцією в останній час мінімалізації обробітку ґрунту та появи високоефективних гербіцидів, які дещо нівелюють вплив фактора “обробіток ґрунту” на забур'яненість польових культур.

Проведеними дослідженнями в Північному Степу в стаціонарних умовах встановлено, що способи та системи основного обробітку ґрунту чистого пару суттєво впливали на його забур'яненість. Так, під час обліку бур'янів навесні перед першою культивацією чистого пару в першому стаціонарному досліді виявлено значні відмінності у видовому співвідношенні по варіантах досліді. При цьому звернемо увагу на зростання кількості багаторічних коренепаросткових бур'янів, зокрема осоту рожевого (*Cirsium arvense* L.) до 1,3–1,6 шт./м² на необроблених з осені фонах (ранній пар). Щодо берізки польової (*Convolvulus arvensis* L.), то найбільш забур'яненіми виявилися

ділянки, які підлягали безполицевому розпушуванню навесні (ранній пар) – 1,7–1,8 та чизельному обробітку восени – 1,1–1,6 шт./м².

Підвищення забур'яненості, зокрема у варіантах раннього пару і чизелювання, пояснюється умовами післязбирального періоду, коли за теплої погоди і достатнього зволоження осот рожевий (*Cirsium arvense L.*) і берізка польова (*Convolvulus arvensis L.*) посилено росли і розвивалися аж до настання холодів, формуючи додаткові пагони та накопичуючи пластичні речовини в них. Непорушені пагони багаторічників навесні активно відростають, утворюють густу сітку паростків та засмічують варіанти раннього пару і чизелювання. За полицевого обробітку, проведеного восени, пагони багаторічників підрізалися корпусами плуга, виверталися на поверхню та в більшості випадків гинули взимку, не відростаючи у весняний період.

Однією з особливостей формування видового складу бур'янів у ранньому пару після ячменю та соняшнику є поява нетипових рослин для умов незрошеного степового землеробства, зокрема кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale Wigg.*), грициків звичайних (*Capsella bursa-pastoris L.*), полину гіркого (*Artemisia absinthium L.*), а також наявність великої кількості сходів лободи білої (*Chenopodium album L.*) – 12–82 та амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia L.*) – 34–70 шт./м². Це дає підставу стверджувати про ймовірність поповнення запасів життєздатного насіння в ґрунті після збирання попередника (осіннє обнасення рослин) і високу пристосованість його до стресових умов зимівлі.

Зареєстровано меншу кількість злакових однорічних бур'янів, а також падалиці соняшнику на ранніх парах, порівняно з чорними, що зумовлено зневодненням верхнього необробленого шару ґрунту, де розташована основна частина насіння, та загибеллю насіння падалиці соняшнику на поверхні ґрунту. У 2006 році вперше виявлена присутність на пару після ячменю (крім варіанта оранки на зяб) підмаренника чіпкого (*Galium aparine L.*), який рано відновлює вегетацію, добре переносить затінення і тому відзначається високою шкодочинністю в посівах озимини.

Полицевий обробіток чорного пару, порівняно з іншими варіантами досліду, сприяв більш інтенсивному проростанню пізніх ярих (злакові однорічні *Gramineae*) та зимуючих бур'янів (талабан польовий – *Thlaspi arvense L.*), у зв'язку з ліпшим прогріванням верхнього (0–10 см) шару ґрунту і зменшенням фізіологічної токсичності пожнивних решток за рахунок повнішого перемішування їх у ґрунтового середовищі (рис. 4, 5).

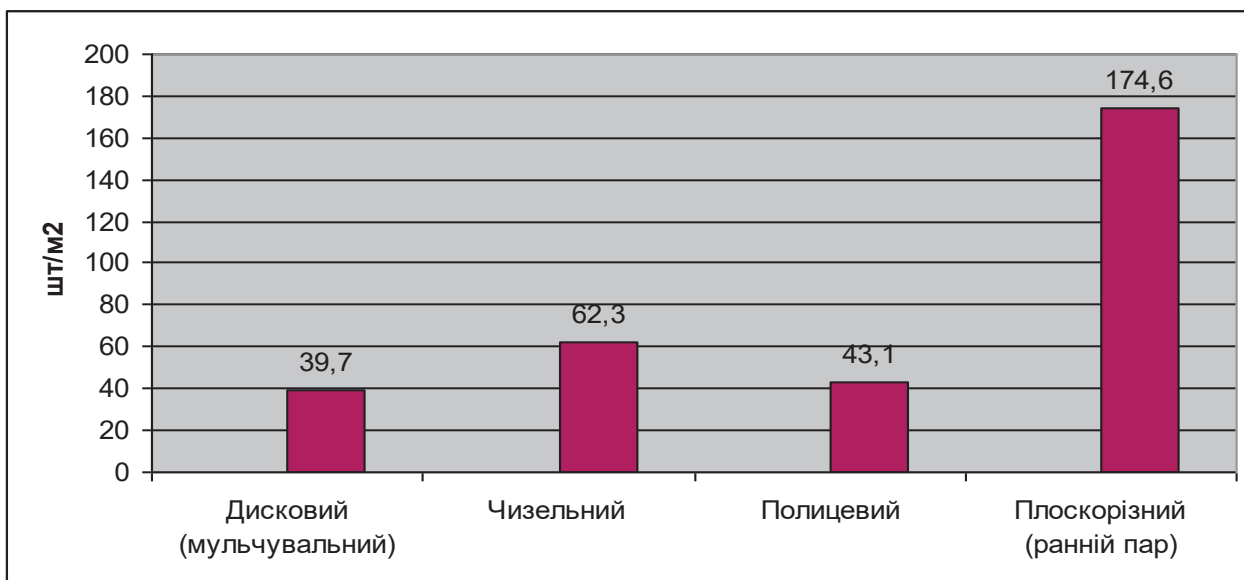


Рис. 4. Вплив способів основного обробітку ґрунту на чисельність бур'янів перед першою культивуацією у чистому парі після ячменю ярого (2005–2009 рр.)

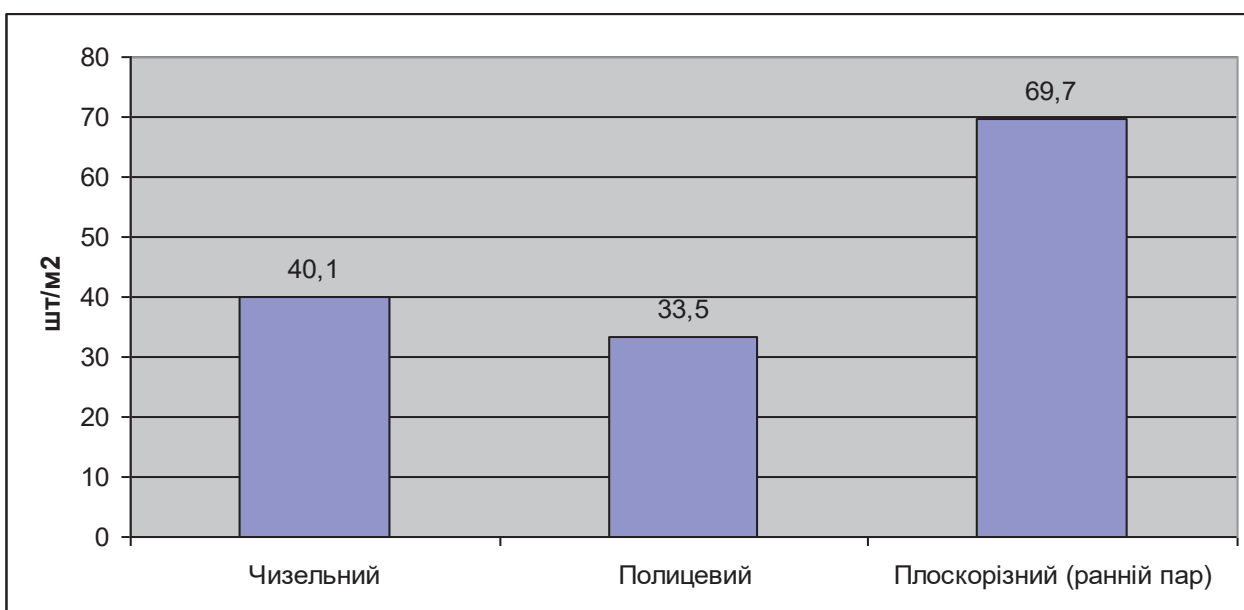


Рис. 5. Чисельність бур'янів перед першою культивуацією у чистому парі після соняшнику на різних фонах основного обробітку ґрунту (2005–2009 рр.)

На час проведення наступних (літніх) культивуацій пару із однорічників переважали злакові (*Gramineae*), щиряця звичайна (*Amarantus retroflexus L.*) та лобода біла (*Chenopodium album L.*), багаторічників – берізка польова (*Convolvulus arvensis L.*). За нашими спостереженнями, осот рожевий (*Cirsium arvense L.*) краще проростав і розвивався на пару після соняшнику, аніж на пару після ячменю, особливо у вологі роки. В умовах посушливої погоди він частіше впадав у стан глибокого спокою і слабо відростав у другу половину літа.

Регенеративний потенціал та адаптація багаторічника до механічних заходів контролю зростають із зменшенням глибини підрізання коренів весною до 8–10 см, подовженні часових проміжків між культиваціями – понад 20 днів, після досягнення бур'яном фази стеблуння–початку бутонізації.

Березка польова (*Convolvulus arvensis L.*) слабо реагує на різні способи основного обробітку ґрунту та їх глибину, відзначається посухостійкістю, швидко відростає у разі підрізання, забур'янює пари включно до сівби озимини. Заходи регулювання рівня забур'яненості пару багаторічником передбачали збільшення кількості культивацій і використання пружинних борін вібраційного типу, які добре видаляють корені та пагони рослин.

Проблема боротьби зі щирцею звичайною (*Amaranthus retroflexus L.*) і лободою білою (*Chenopodium album L.*) помітно ускладнювалася, коли внесені у підживлення азотні добрива не повністю використовувалися попередньою культурою (ярий ячмінь) і стимулювали ріст однорічних бур'янів на пару (2006 р.), а також за вологої погоди, коли їх насіння проростало протягом усього періоду парування (2008 р.).

Коли тривалий бездощовий період весною змінювався рясними дощами влітку (2005 р.), по стерньовому пару різко зростала кількість тонконогових (*Gramineae*) однорічних бур'янів. У дослідах на час проведення третього обробітку їх налічувалося 192–555 шт./м². Висока щільність тонконогових і підвищена вологість ґрунту дещо знижували ефективність культивації. Особливо важко знищуються мишій сизий (*Setaria glauca L.*) та просо куряче (*Echinochloa crusgalli L.*) після утворення у цих бур'янів вторинної кореневої системи.

Максимальна кількість проростання насіння амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia L.*) припадає на травень, тому основна кількість рослин знищується під час першої та другої культивацій пару. І хоча у флористичному наборі бур'янів улітку на паровому полі частка амброзії не перевищує 15 %, однак є всі підстави вважати її досить небезпечним видом. Амброзія дуже швидко укорінюється, має цупке еластичне стебло і, на відміну від інших двосім'ядольних бур'янів, характеризується підвищеною стійкістю щодо різних способів механічного знищення. Частково присипані чи деформовані рослини швидко відновлюють свою життєздатність, тому вкрай важливо запобігти їх переростанню, особливо наприкінці парування, коли глибина обробітку, згідно з агровимогами, не повинна перевищувати 6–8 см.

Падалиця соняшнику, завдяки стрижневій кореневій системі, використовує вологу нижніх шарів ґрунту і досить швидко займає вільні просторові ніші в бур'яновому угрупуванні. Вона добре видаляється з парового поля механічним шляхом до настання фази 4–6 справжніх листків. За вологої весни падалиця інтенсивно проростає і майже повністю знищується до кінця червня, за сухої – очищення пару триває до початку серпня. За кількістю пророслої і зрізаної за період парування падалиці варіанти обробітку ґрунту розташувались у висхідному порядку: безполицевий – 3,3 шт./м², оранка – 12,4, чизелювання – 19,3 шт./м². Наприклад, у 2005 році сходів падалиці по ранньому пару до проведення першого розпушування скиби (28 квітня) практично не було, що пояснюється проростанням соняшнику ще восени та повною загибеллю проростків і насіння на поверхні взимку внаслідок втрати стану спокою на поверхні ґрунту. Будь-яке загортання насіння у ґрунт за різних способів обробітку восени та вологого ґрунту його життєздатність подовжує. Із виходом зі стану спокою насіння соняшнику проростає наступного року, а інколи і на 2–3 рік, засмічуючи культури в сівозміні. Ця гіпотеза підтверджується також дослідженнями таких учених, як І.Д. Ткаліч [368], З.Б. Борисоник [369] та ін.

Загалом проростання бур'янів на паровому полі залежить від їх біологічних особливостей, поширеного розміщення насіння за різних способів використання і обробітку ріллі, кількості рослинних решток і ступеня проективного покриття рослинними субстратами поверхні ґрунту, наявності опадів у певні строки та їх характеру [370–374]. Основна маса життєздатного насіння бур'янів розміщена у верхній частині орного шару навіть на багаторазово обробленому паровому полі, а в його нижній частині насіння перебуває в стані спокою і не проростає, тому успішно боротися з бур'янами можливо тільки в разі проведення своєчасних культивуацій після появи їх сходів у результаті природної провокації проростання (опади, оптимальний температурний режим) та досягнення висоти 5–10 см [109]. Так, на пару після ячменю знищено в 1,3–2,1 раза більше бур'янів, ніж на пару після соняшнику, при цьому по оранці – 120–154 шт./м², чизелюванні – 136–281, мілкому безполицевому розпушуванні (ранній пар) – 237–431 шт./м². Показово, що максимальна щільність сходів різних видів бур'янів по чорному пару зареєстрована у червні–липні – 33,9–55,0 %, на ранньому соняшниковому – у червні (33,8 %), ранньому стерньовому – у травні (40,5 %) – рис. 6, 7.

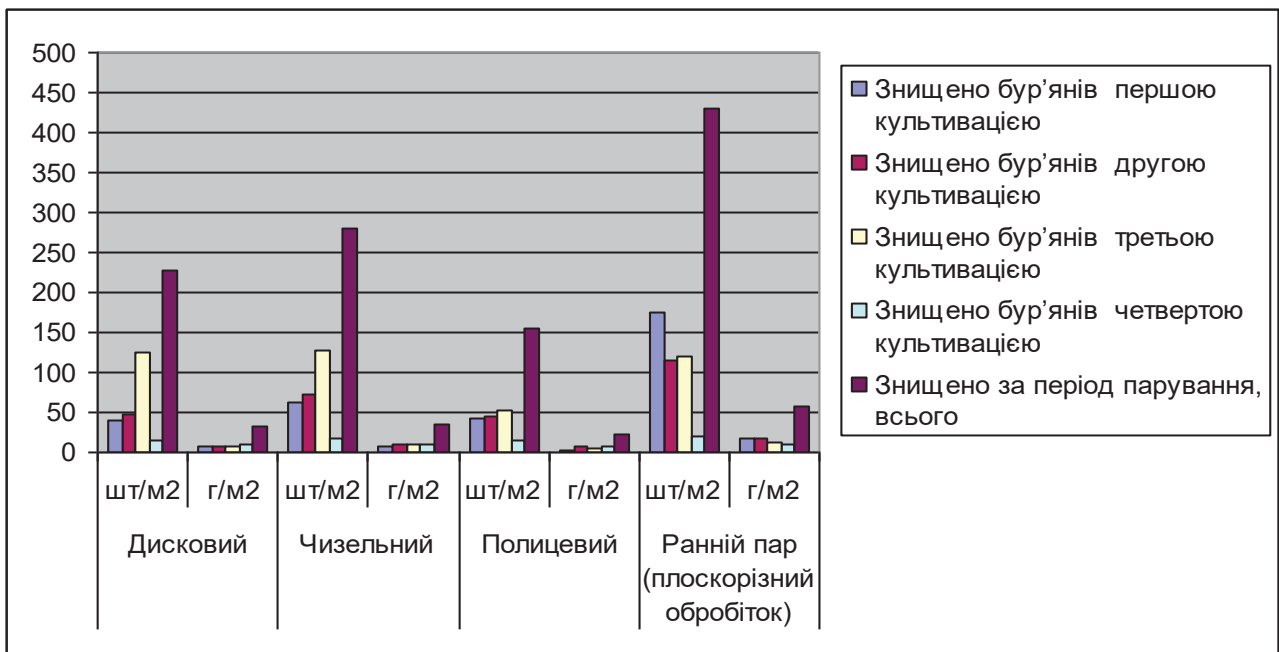


Рис. 6. Динаміка забур'яненості чистого пару після ячменю в середньому за 2005–2009 рр.

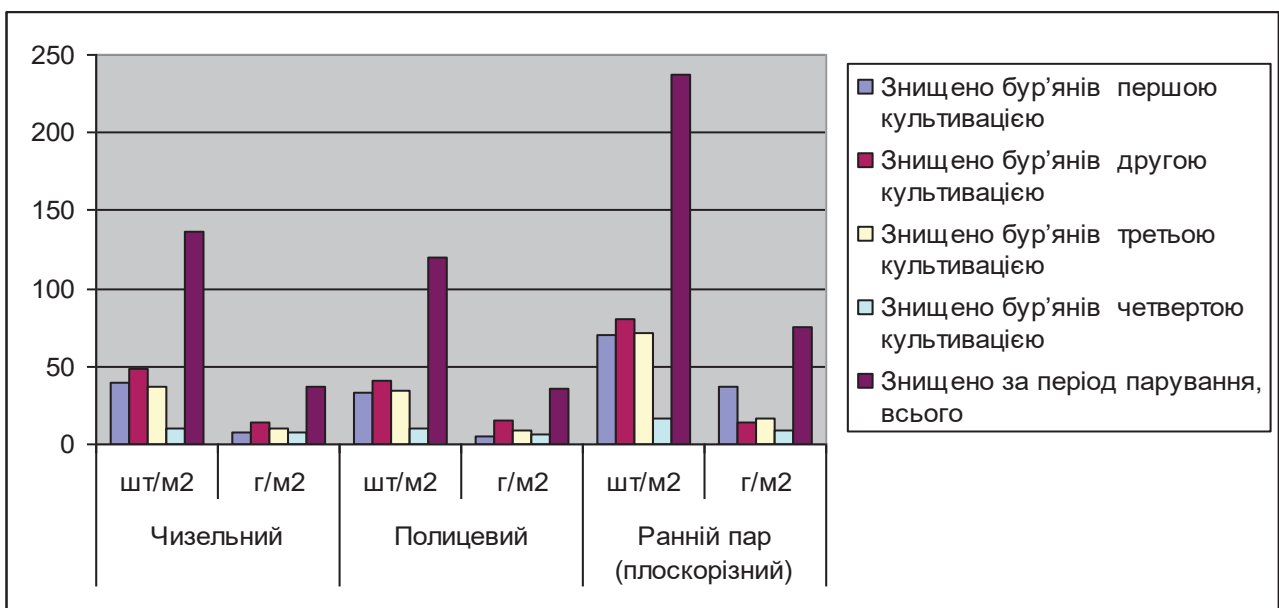


Рис. 7. Динаміка забур'яненості чистого пару після соняшнику (середнє за 2005-2009 рр.)

Утримання ріллі по типу раннього пару змінює характер формування бур'янового агрофітоценозу і вимагає відповідних технологічних рішень.

Відмова, наприклад від системи лушень і зяблевого обробітку стерньового попередника призводить до поширення багаторічних коренепаросткових і обнасінення малорічних бур'янів у післязливний період,

тому виникає потреба в застосуванні гербіцидів тотальної дії влітку або восени. Так, внесення раундапу в серпні 2005 р. по стерні ячменю ярого нормою 5 л/га повністю захищає ділянку від осоту та берізки польової і зменшує потенційну засміченість ґрунту. Кількість пророслих однорічних рослин під час догляду за раннім паром (2006 р.) у даному випадку була на рівні оранки на зяб і становила 163 шт./м² проти 389 шт./м² у варіанті без гербіцидів.

Істотно підвищує очисну функцію стерньового чистого пару поєднання мульчувального обробітку з вирощуванням пожнивної санітарної культури. Восени внаслідок загострення конкурентних відносин в агрофітоценозі переважна більшість однорічних бур'янів не спроможна сформувати велику біомасу і життєздатне насіння. Навесні суцільне затінення поверхні ґрунту не вегетуючими рослинами створює режим енергетичного дискомфорту для дикої флори і стримує її активний розвиток протягом 25–30 днів від початку польових робіт. У середньому за 2005–2009 рр. на час проведення першої пролонгованої культивуації на 1 м² екранованого пару налічувалося 40 бур'янів проти 43 на оранці і 175 шт. на ділянках із стоячою стернею (без гербіцидів).

Деякі інші результати, як у видовому, так і кількісному співвідношенні бур'янів, було отримано у другому стаціонарному досліді (2010–2013 рр.). По пару після кукурудзи добре росли і розвивались як однорічні (тонконогові – *Gramineae*), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), щириця звичайна (*Amarantus retroflexus* L.), так і багаторічні (берізка польова – *Convolvulus arvensis* L.) види дикорослих рослин. Для пару після кукурудзи була характерною майже повна відсутність осоту рожевого (*Cirsium arvense* L.) порівняно з попереднім дослідом. Навесні перед першим обробітком щільність бур'янів варіювала по варіантах досліді від 22,8–36,4 шт./м². Характерною особливістю формування фітоценозу бур'янів у цей період було зменшення їх кількості за плоскорізного весняного обробітку (22,8 шт./м²) і збільшення рясності за оранки (32,4 шт./м²) та дискування (36,4) (рис. 8). Це явище пояснюється зневодненням верхнього (0–5 см) шару на ділянках раннього пару і утворенням тут щільної ґрунтової кірки, що в сукупності стримувало проростання насіння бур'янів, особливо мишію та щириці.

На час проведення наступних культивуацій пару на дослідних ділянках переважали тонконогові однорічні бур'яни (мишій сизий – *Setaria glauca* L.), куряче просо – *Echinochloa crusgalli* L.) та щириця звичайна (*Amarantus retroflexus* L.), яка була майже відсутньою в пару після ячменю та соняшнику.

Особливістю даного пару була також практично повна відсутність на полі осоту і значної кількості берізки польової.

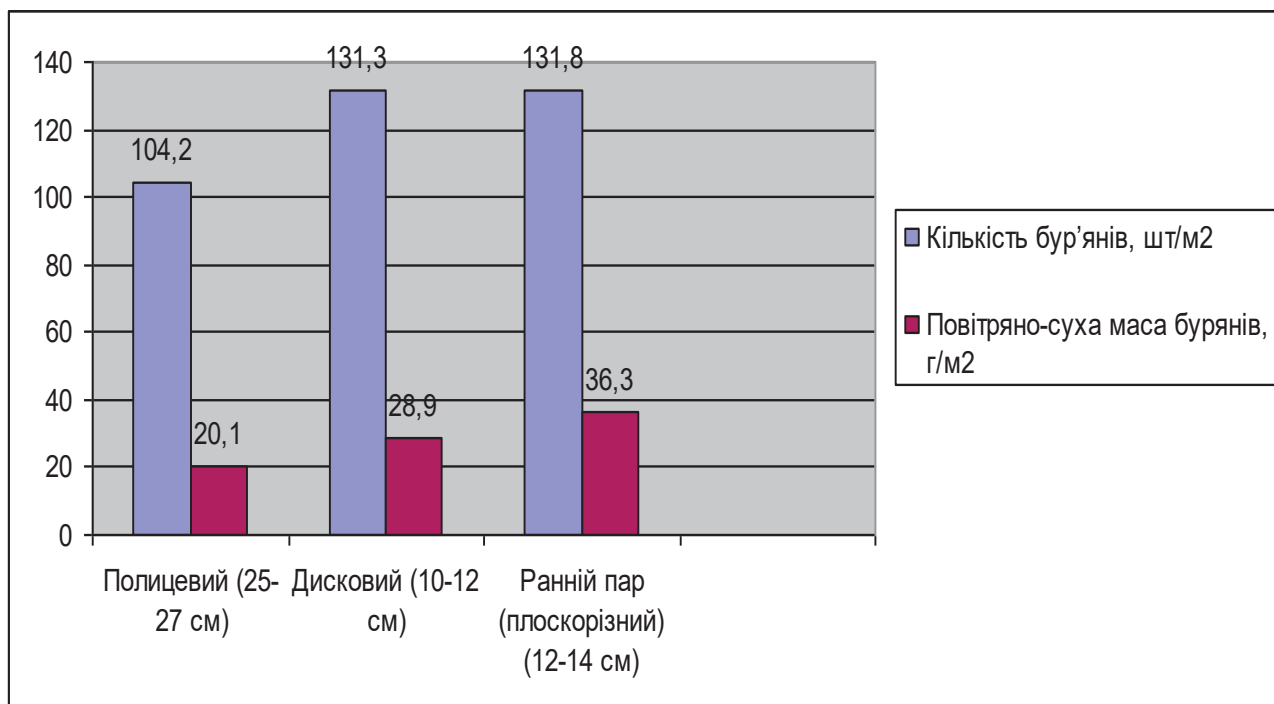


Рис. 8. Чисельність та маса бур'янів у полі чистого пару після кукурудзи (середнє за 2010–2013 рр.)

У цілому за п'ять обліку бур'янів перед культиваціями найменша їх рясність у пару після кукурудзи була характерна для варіантів полицевого обробітку (104,2 шт./м²), найбільша – для дискового (131,3 шт./м²) та плоскорізного під час обробітку раннього пару (131,8 шт./м²), який проводився навесні. Сумарна маса знищеної рослинності (повітряно-сухий стан) дорівнювала відповідно 20,1; 28,9 та 36,3 г/м².

Чітке дотримання технологічного регламенту в догляді за парами в стаціонарних дослідках дало змогу отримати дружні, своєчасні сходи і сформувати практично в усі роки досліджень оптично щільний агрофітоценоз пшениці озимої з високою конкурентоспроможністю по відношенню до бур'янів, наявності яких у посівах озимини протягом майже всього періоду вегетації не відмічалось. Вони з'явилися лише у фазі наливу і досягання зерна за підсихання листків і посиленого притоку сонячної енергії до поверхні ґрунту.

Забур'яненість посівів пшениці озимої в цей період залежала не тільки від гідротермічних умов, а й від досліджуваних агроприйомів (вид пару, спосіб

обробітку, добрива). Так, у першому стаціонарному досліді 2006–2009 рр. за густого і високого стеблостою пшениці озимої біомаса бур'янів (повітряно–сухий стан) становила 0,1–14,6 г/м². Посіви озимини 2005 року видалися низькорослими, менше затіняли поверхню ґрунту, тому маса бур'янів збільшувалася до 15,7–60,0 г/м².

Згідно з проведеними обліками, найбільше бур'янів спостерігалось в агрофітоценозі пшениці після стерньового раннього пару, де в середньому за 2004–2009 рр. їх налічувалося від 26 до 36 шт./м² з масою 11–14 г/м², найменше – по мульчувальній обробітці після ячменю і чизелюванні після соняшнику (6–12 шт./м² та 4–8 г/м² відповідно – рис. 9, 10). У посівах пшениці озимої домінували тонконогові однорічні бур'яни, які краще проростали на ділянках без внесення азоту, де частка їх від загальної кількості варіювала від 47 до 74%. Підживлення культурних рослин аміачною селітрою стимулювало проростання амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia* L.) та лободи білої (*Chenopodium album* L.), а також сприяло підвищенню густоти посівів озимини і, як наслідок, більшому пригніченню бур'янів.

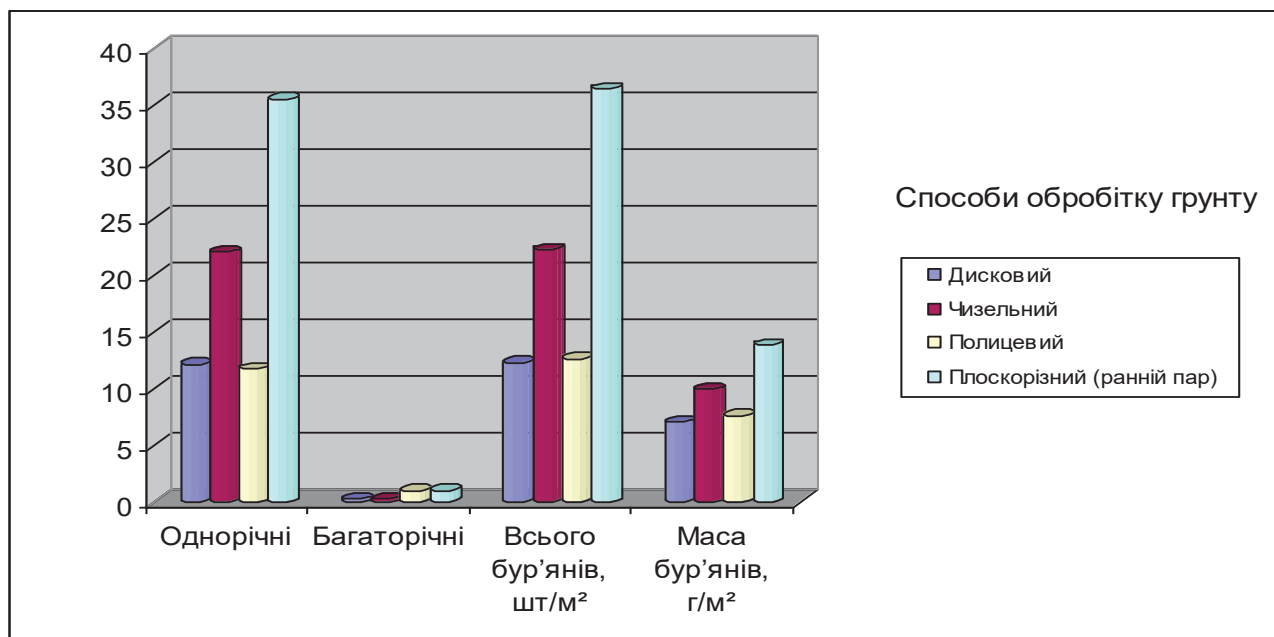


Рис. 9. Забур'яненість посівів пшениці озимої за різних способів обробітку чистого пару після ячменю (середнє за 2005–2009 рр.)

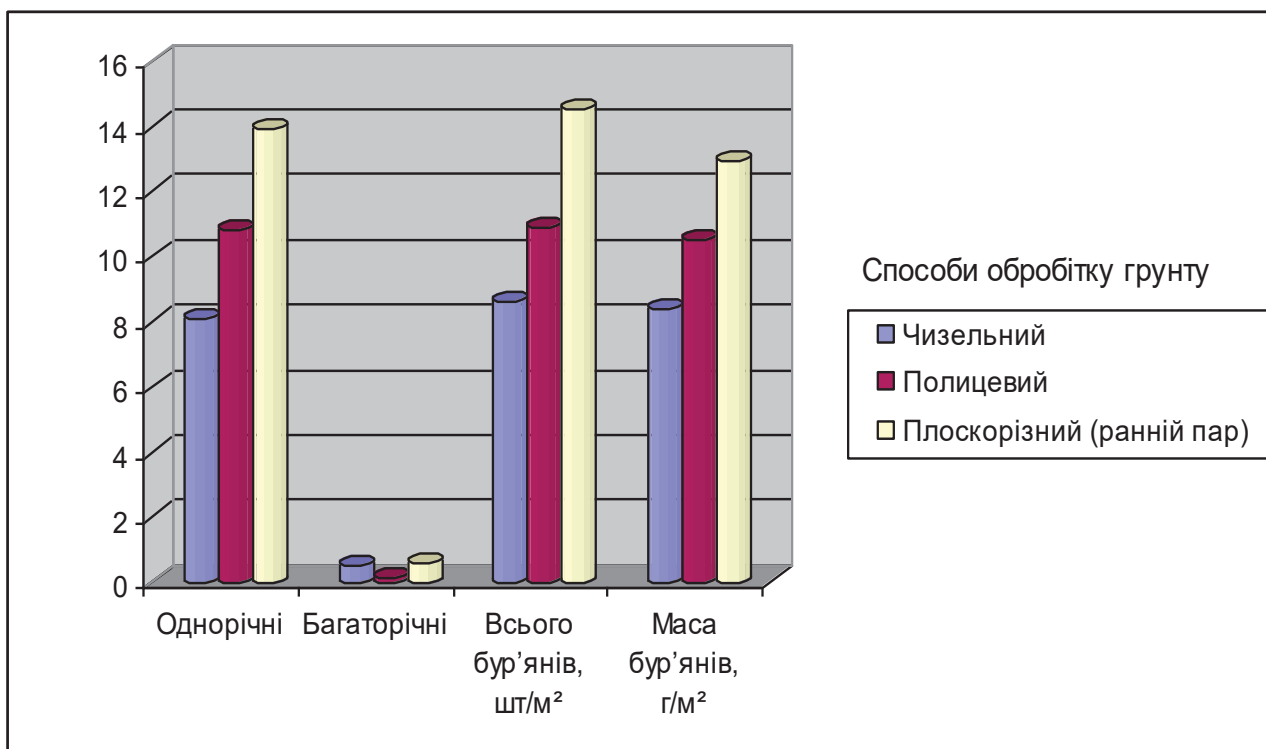


Рис. 10. Забур'яненість посівів пшениці озимої на фоні різних способів обробітку чистого пару після соняшнику (середнє за 2005–2009 рр.)

У другому стаціонарному досліді на ранніх етапах органогенезу посіви пшениці озимої після кукурудзяного пару виявилися порівняно чистими. Під час весняного кущіння рослин на 1 м² налічувалось 12,6–18,6 шт./м² бур'янів, при цьому, як виявилось, розбіжності по варіантах досліді були досить суттєвими (рис. 11). Повітряно-суха маса їх не перевищувала 7,2 г/м², тому необхідності в застосуванні страхових гербіцидів не виникало.

На час збирання врожаю, у зв'язку зі зростанням оптичної щільності посівів забур'яненість зменшувалася за полицевого обробітку до 4,2 шт./м² (3,3 г/м²), дискового – 13,2 шт./м² (5,5 г/м²), весняного плоскорізного обробітку (ранній пар) – 13,8 шт./м² (8,8 г/м²). В агрофітоценозі пшениці озимої у першому визначенні домінували лобода біла (*Chenopodium album L.*), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia L.*), гірчак берізковидний (*Polygonum convolvulus L.*), у другому – лобода біла (*Chenopodium album L.*), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia L.*) та злакові однорічні бур'яни. Як і в першому досліді, спостерігалось дещо ширше видове біорізноманіття на ділянках мілкового весняного розпушування ґрунту (ранній пар).

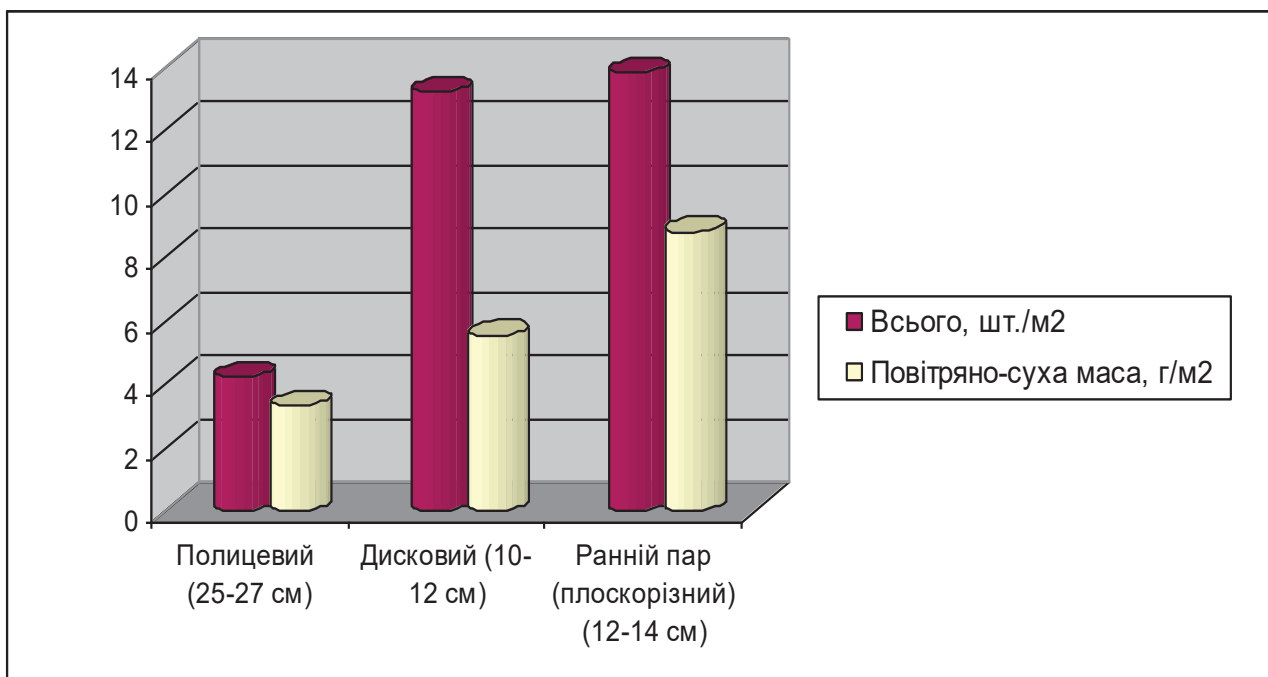


Рис. 11. Вплив різних способів обробки чистого пару після кукурудзи на забур'яненість посівів пшениці озимої (середнє за 2010–2013 рр.)

Забур'яненість посівів ячменю ярого в першому стаціонарному досліді суттєво залежала від систем обробки ґрунту та удобрення. Загальновідомо, що на початку вегетації ячмінь ярий відзначається порівняно невеликою біологічною здатністю пригнічувати бур'яни, тому в посівах у фазу куцнення застосовували гербіцид естерон (0,8 л/га). Застосування в посівах ячменю ярого передбаченого технологічним регламентом страхового гербіциду знищувало лободу білу (*Chenopodium album L.*), амброзію полинолисту (*Ambrosia artemisiifolia L.*), осот рожевий (*Cirsium arvense L.*), тому агрофітоценоз залишався чистим від бур'янів до фази молочної стиглості зерна.

На час збирання врожаю за мілкої безполицевої системи обробки налічувалося 39–84 шт./м² (16,2–28,3 г/м²) бур'янів, що більше ніж за полицевої системи, відповідно в 1,4–1,6, а за масою – в 1,6–1,7 раза. У посівах домінували мишій сизий (*Setaria glauca L.*) та куряче просо (*Echinochloa crusgalli L.*) – 63–90%, частка яких збільшувалася в разі заорювання побічної продукції, особливо на неодобреному фоні. За мілкої загортанні соломи зростав відсоток щиріці звичайної (*Amarantus retroflexus L.*). Внесення азоту (N₆₀) в підживлення (фаза куцнення) суттєво підвищувало конкурентні можливості ячменю ярого по відношенню до бур'янів, кількість яких на удобрених варіантах зменшувалась у 2,1–2,45 раза, що пояснюється більш оптично щільними посівами даної культури, які краще затіняли та пригнічували проростки бур'янів.

Аналогічні результати були відмічені і в другому стаціонарному досліді в посівах ячменю ярого після соняшнику, на період збирання зернової культури із збільшенням дози добрив встановлено зменшення забур'яненості з 5,6–11,6 до 3,2–6,4 шт./м² та підвищення їх кількості залежно від системи обробітку ґрунту по висхідній: полицева (3,2–5,6 шт./м²) – диференційована (4,4–7,0 шт./м²) – мульчувальна (6,4–11,6 шт./м²). Такі самі тенденції стосовно впливу обробітку ґрунту були зареєстровані й на початку вегетації (фаза кущення), але зі значно вищими загальними показниками забур'яненості, у 3–8 разів. Так, у фазу кушіння рослин за полицевої системи обробітку залежно від фону удобрення налічувалося 16,8–27,2, диференційованої – 22,8–37,6, мульчувальної (мілкої) – 38,8–52,4 шт./м² диких видів. Зменшення забур'яненості наприкінці вегетації пояснюється дією страхового гербіциду (естерон) та наростанням вегетативної маси, яка пригнічувала ослаблені гербіцидом бур'яни та не давала можливості проростати новим дикорослим рослинам в агрофітоценозі.

На початку вегетації у фазу кушіння мінеральні добрива, особливо азотні, стимулювали проростання бур'янів нітрофілів, тому в цей період були відмічені протилежні результати порівняно з періодом збирання врожаю. Тут, навпаки, найменші кількісні показники бур'янів були на неудобреному природному фоні; за внесення мінеральних добрив N₃₀P₃₀K₃₀ вони зростають в 1,1, із застосуванням N₆₀P₃₀K₃₀ – в 1,2 раза.

На ранніх етапах розвитку ячменю за всіх систем обробітку ґрунту в структурі бур'янового угруповання майже повністю домінували падалиця соняшнику (50,5–72,0 %), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – 8,8–39,1 %, гірчак берізковидний (*Polygonum convolvulus* L.) – 8–17 %. Внесення азоту (N₃₀₋₆₀) у складі повного мінерального добрива стимулювало проростання лободи білої (*Chenopodium album* L.).

За спостереженнями, падалиця соняшнику, маючи стержньову кореневу систему і використовуючи вологу нижніх горизонтів ґрунту, досить швидко займає вільні екологічні ніші в посівах ячменю ярого. Виходячи у верхній ярус, вона жорстко конкурує за виживання, затінює культурні рослини, створюючи для них режим енергетичного дискомфорту. Тому в таких посівах обов'язковим агротехнічним заходом є застосування післясходових гербіцидів для повного знищення падалиці.

Досить небезпечним видом для ячменю ярого є також амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.). За сприятливих умов вона розвиває

потужну надземну масу, використовує вологу та поживні речовини, пригнічує культурні рослини, швидко відростає, утворюючи велику кількість бокових гілок. Амброзія має високу еволюційну пластичність і здатність на більш пізніх етапах розвитку (після утворення 4-х справжніх листочків) стрімко нарощувати фазову резистивність до гербіцидів.

Застосування в посівах ячменю ярого передбаченого технологічним регламентом страхового гербіциду (естерон – 0,8 л/га – фаза кушіння) ефективно знищувало лободу білу (*Chenopodium album* L.), гірчак берізковидний (*Polygonum convolvulus* L.), падалицю соняшнику, гірше – амброзію полинолисту (*Ambrosia artemisiifolia* L.), яка виявилася середньочутливою до зазначеного агрохімікату. Найбільш засміченими, як і на початку вегетації, були задисковані ділянки (мілка мульчувальна система обробітку) – 6,4–11,6 шт./м² (3,8–5,9 г/м²). Внесення мінеральних добрив підвищувало конкурентоспроможність ячменю ярого по відношенню до бур'янів.

Таким чином, застосування мілкої мульчувальної обробітку в сівозміні сприяє зростанню забур'яненості посівів ранніх зернових культур та парів у 1,4–1,6 рази, що зумовлює в окремі роки застосування страхових гербіцидів у фазу кушіння рослин (естерон 0,8–1,2 л/га). Внесення мінеральних добрив у дозі N₃₀₋₆₀ в поєднанні з рослинними рештками попередника підвищує конкурентоспроможність зернових культур до бур'янів за рахунок зростання оптичної щільності посівів.

Просапні культури, за даними О.О. Іващенко та ін. [356], мають нижчу загальну конкурентоспроможність здатність протистояти бур'янам в агрофітоценозі на відміну від культур суцільного висіву, особливо пшениці озимої з високою здатністю протистояти бур'янам за рахунок оптично щільних посівів. У зв'язку з цим боротьбі з бур'янами в посівах просапних культур, особливо на ранніх фазах розвитку рослин, приділяється велика увага, яка базується на застосуванні різних способів основного, передпосівного обробітку ґрунту та міжрядних обробітків під час догляду за посівами, а також ґрунтових та післясходових гербіцидів.

Як показали результати досліджень, способи основного обробітку ґрунту мали значний вплив на забур'яненість просапних культур (соняшник, кукурудза). Так, у першому стаціонарному досліді в посівах соняшнику бур'янів було мало у зв'язку із загальнофоновим застосуванням ґрунтового гербіциду Харнес – 2,5 л/га. В результаті бур'яни практично були відсутніми, а

вплив обробітку ґрунту на забур'яненість посівів нівелювався гербіцидною дією.

Бур'яни, які з'явилися протягом вегетації після закінчення дії гербіциду, перебували в пригніченому стані із-за дефіциту вологи і світла. На кінець вегетації проявлявся вплив систем основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів. Так, за полицевої системи їх налічувалося – 2,4–3,2, мілкої безполицевої – 3,6–4,3 шт./м². Маса повітряно-сухих рослин коливалася від 2,8 до 4,8 г/м². Тобто за загального низького рівня забур'яненості кількість бур'янів зростала за мілкої безполицевої системи в 1,3–1,5 раза порівняно з полицевою системою у зв'язку з більшою локалізацією насіння у верхніх шарах, де складаються сприятливі умови для проростання насіння.

У другому стаціонарному досліді забур'яненість посівів соняшнику як на початку, так і наприкінці вегетації була порівняно невеликою, що пояснюється насамперед ефективною дією ґрунтового гербіциду (Харнес), проведенням міжрядних культивуацій та затіненням поверхні ґрунту рослинами вирощуваної культури.

Забур'яненість посівів соняшнику перед першою культивуацією міжрядь була практично однаковою по всіх системах обробітку ґрунту і коливалася від 5,5 до 10 шт./м². На час збирання врожаю забур'яненість посівів олійної культури зменшилася, за винятком варіантів без добрив на тлі мульчувальної системи обробітку ґрунту, де вона залишалася майже без змін. У цьому варіанті на час закінчення дії ґрунтового гербіциду та послаблення біологічної конкурентоспроможності культурних рослин, під час вирощування їх на природному неудобреному фоні, забур'яненість була максимальною – 6,5 шт./м² (10,4 г/м²). За інших систем обробітку ґрунту кількісні показники забур'яненості посівів суттєво зменшувалися і становили: полицева – 2,2–4,0 шт./м² (2,5–3,3 г/м²), диференційована – 3,6–6,4 шт./м² (5,4–10,1 г/м²).

У весняний період внесення мінеральних добрив, особливо з переважанням у їх складі азоту, сприяло кращому проростанню насіння однорічних бур'янів, зокрема амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia* L.) та лободи білої (*Chenopodium album* L.). У цілому в посівах олійної культури в агрофітоценозі домінували амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.) та різні види мишію (*Setaria*), які мали пригнічений вигляд із-за дефіциту вологи і світла. При цьому зазначимо, що повітряно-суха маса дикорослих рослин не перевищувала 10,4 г/м², тобто розвиток їх не набув загрозливого характеру і не може розглядатись як

визначальний фактор з точки зору можливого негативного впливу на продуктивність соняшнику.

Забур'яненість посівів кукурудзи перед першим міжрядним обробітком мала тенденцію до зростання із збільшенням внесення азотних добрив як у кількісному, так і у ваговому співвідношеннях незалежно від системи обробітку ґрунту. До того ж кількість і маса бур'янів значно варіювала від застосування тієї чи іншої системи обробітку ґрунту. Так, за полицевої системи забур'яненість змінювалася залежно від фону добрив у межах 9,6–12,6 шт./м² (2,5–2,9 г/м²), диференційованої – 9,0–10,2 шт./м² (2,8–3,4 г/м²), мульчувальної – 13,1–15,6 шт./м² (3,3–5,0 г/м²). Найменші кількісні і вагові показники були характерні для диференційованої та полицевої систем обробітку ґрунту, застосування мілкої мульчувального обробітку сприяло зростанню забур'яненості посівів кукурудзи через вищу локалізацію насіння у верхніх шарах ґрунту.

На час збирання врожаю забур'яненість посівів зернової культури зменшувалась, залежно від обробітку ґрунту в 1,2–3,1 раза (до 4,0–10,5 шт./м²). У флористичному наборі бур'янів домінувала амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), частка якої досягала 40–60%. У видовому складі переважали також тонконогові (Gramineae) однорічники, лобода біла (*Chenopodium album* L.) та падалиця соняшнику, присутність якої була обумовлена здатністю насіння зберігатися у ґрунті декілька років та проростати в різних полях сівозміни в разі потрапляння в сприятливі умови. Загальні показники забур'яненості в цілому були вищими за мульчувальної системи – 7,1–10,5 шт./м² (16,9–19,3 г/м²).

Згідно зі загальноприйнятою оціночною шкалою, наведеною в табл. 40 (дані Інституту сільського господарства степової зони НААН) [123], рівень забур'яненості польових культур відрізнявся залежно від способів та систем обробітку ґрунту.

Відповідно до шкали посіви пшениці озимої мали за полицевого обробітку пару – слабкий, чизельного – середній, а за дискового і в ранньому пару – високий рівень забур'яненості. Посіви ячменю ярого за полицевої і диференційованої систем обробітку характеризувалися високим ступенем забур'яненості; під час застосування мілкої безполицевої мульчувальної системи показники кількості бур'янів зростали до надто високого рівня (понад 50 шт./м²).

40. Оціночна шкала рівня забур'яненості польових культур

Кількість сходів бур'янів на час проведення обліку, шт./м ²		Забур'яненість	
багаторічних, карантинних або алергенів	малорічних	ступінь	бали
Менше 1	Менше 5	Слабкий	1
Від 1 до 5	Від 5 до 10	Середній	2
Від 6 до 10	Від 11 до 50	Високий	3
Понад 10	Понад 50	Дуже високий	4

Просапні культури (соняшник, кукурудза) внаслідок використання ґрунтового гербіциду (харнес) забур'янювались у 2–3 рази менше, і тому в посівах соняшнику за полицевої і диференційованої систем обробітку ступінь забур'яненості був слабким, за мульчувальної – слабким та середнім. У посівах кукурудзи забур'яненість зростала по висхідній: полицева система – слабка, диференційована – середня, мульчувальна – висока.

Беручи за основу викладене, можна зробити висновок, що використання в короткоротаційних сівозмінах північного Степу мілкої безполицевої мульчувальної системи обробітку ґрунту призводить до підвищення рівня забур'яненості ранніх зернових та парів в 1,4–1,6, просапних культур – 1,4–1,8 рази, що потребує додаткового регламенту використання ґрунтових та післясходових гербіцидів, які надійно контролюють забур'яненість сівозмін, запобігаючи при цьому зниженню їх продуктивності.

6.2. Пошкодженість шкідниками та ураженість хворобами посівів

Однією із причин зниження врожаю польових культур, паралельно із забур'яненістю, вважають поширеність та розвиток хвороб і шкідників. На процеси посилення або послаблення стійкості польових культур до пошкодження шкідниками і враження хворобами в сучасному землеробстві степової зони значний вплив має загальний рівень культури землеробства та інтегрованої системи захисту рослин, однією із складових якої є способи і глибина основного обробітку ґрунту [90, 123].

За даними багатьох дослідників, глибокий полицевий обробіток з попереднім луценням стерні забезпечує пригнічення і загибель багатьох видів шкідників та збудників хвороб, особливо на ранніх етапах їх розвитку в агрофітоценозі. Глибока оранка сприяє знищенню джерел інфекції, тобто позбавляє шкідників та патогенів субстрату (рослинні рештки), на якому вони зимують та зберігаються до наступного року [90, 123, 375]. Із застосуванням

безполицевого обробітку, із частковим або повним залишенням рослинних решток на поверхні ґрунту, більше інфекційної основи сажок і гнилей знаходиться у верхньому шарі ґрунту (0–10 см), а за оранки, – на дні борозни і в середині (10–25 см) орного шару, де вони гинуть і мінералізуються разом з рослинними рештками [90, 123, 376, 377].

Із найбільш поширених шкідників кукурудзи в степовій зоні є дротяники, або личинки жуків коваликів (Elateridae), які пошкоджують кукурудзу протягом всього вегетаційного періоду. До найчисленніших шкідників північного Степу належить і степовий ковалик (*Agriotes gurgistanus Fald.*). Найбільшого пошкодження дротяники завдають проростаючому насінню і сходам кукурудзи навесні (квітень, травень), особливо за повільного початкового розвитку та несприятливих погодних умов. У цей період дротяники пошкоджують насіння кукурудзи і підгризають молоді рослини та їх корінці. Пошкоджені рослини швидко жовтіють, в'януть та гинуть, а густина сходів різко знижується [378, 379].

Пошкодження проростків і насіння кукурудзи шкідниками протягом 2010–2013 рр. у стаціонарному досліді було на незначному рівні (табл. 41).

41. Пошкодження кукурудзи шкідниками на різних фонах системи обробітку ґрунту (середнє за 2010–2013 рр.)

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Пошкоджено, %			
	дротяниками		рослин стебловим метеликом	початків бавовниковою совкою
	проростків	насіння		
Без добрив (фактор В)				
Полицева	13,0	12,8	1,5	37,9
Диференційована	14,8	15,2	1,7	42,0
Мульчувальна	16,4	17,6	2,5	51,9
N₆₀P₃₀K₃₀ (фактор В)				
Полицева	10,9	9,2	1,4	34,8
Диференційована	13,6	12,9	1,6	37,7
Мульчувальна	15,2	15,1	2,1	40,6
НІР _{0,95} , %				
фактор А	3,4	3,6	0,7	6,8
фактор В	1,2	2,3	0,2	7,3
взаємодія АВ	4,4	5,7	0,9	13,5

Відмічалася тенденція в усі роки обліку до підвищення пошкоженості дротяниками (проростки – 15,2–16,4 %, насіння – 15,1–17,6 %) за мульчувальної системи обробітку ґрунту (плосокорізний обробіток) із залишенням на поверхні та загортанням у верхньому шарі (0–16 см) рослинних

решток попередника (ячмінь ярий). Проведення полицевого обробітку сприяло виносу багатьох дротяників і личинок жуків коваликів (Elateridae) на поверхню ґрунту, де вони гинули внаслідок фізичного висихання під дією сонячних променів та знищувалися птахами восени одразу ж після обробітку. У цьому випадку пошкодженість проростків та насіння зменшувалася до 10,9–13,0 та 9,2–12,8 % відповідно, або на 3,4–4,3 та 4,8–5,9 % менше, ніж за мілкої мульчувальної системи. Система диференційованого обробітку займала проміжне положення щодо пошкодженості кукурудзи дротяниками (проростки – 13,6–14,8 %, насіння – 12,9–15,2 %). Внесення добрив під кукурудзу в дозі $N_{60}P_{30}K_{30}$ незалежно від системи обробітку сприяло кращому росту та витривалості (толерантності) рослин, пошкодженість проростків і насіння дротяниками зменшувалася в 1,2 та 1,4 раза відповідно.

До основних шкідників кукурудзи також слід віднести кукурудзяного метелика (*Ostrinia nubilalis* Hb.). Високий рівень шкодочинності кукурудзяного метелика витікає з його біологічних особливостей, які полягають у розтягнутому в часі льоту метеликів і скритому способі життя гусениць, що робить малоефективним використання хімічних засобів захисту. Ознаки пошкодження даним шкідником проявляються у вигляді подовжених полосок на листку – слідів вигризання тканин листка гусеницями, а на стеблах, початках і волотях кукурудзи – у вигляді округлих отворів із ходами гусениць всередині рослини [378].

У багатьох зонах України із-за пошкодження рослин кукурудзяним метеликом (*Ostrinia nubilalis* Hb.) недобір урожаю зерна кукурудзи становить 12–15 %, а в роки масового розмноження – до 25 % [378, 379, 380]. У середньому за роки досліджень пошкодженість кукурудзи була низькою і коливалась у межах 1,4–2,5 % з підвищенням пошкодженості за мілкої мульчувальної системи обробітку в 1,5–1,7 раза, що пояснюється наявністю тут рослинних решток, в яких добре зберігаються та зимують лялечки кукурудзяного метелика на відміну від полицевої системи обробітку, де навпаки, вони заорюються в нижні шари ґрунту та гинуть (табл. 41).

В останні десятиліття в степовій зоні, ймовірно із глобальним потеплінням клімату та зростанням максимальних температур, у літній період поширилася бавовникова совка (*Chloridea obsoleta* F.), яка на відміну від кукурудзяного метелика за сприятливих умов може давати до 4–5 поколінь гусениць, які значно пошкоджують рослини кукурудзи. Крім кукурудзи, совка пошкоджує близько 120 видів рослин, серед яких передусім бавовник та

коноплі, квасоля, соя, кенаф, табак, томати та інші польові культури. Гусінь пошкоджує листки, молоді волоті, рильця, кінці початків та зерно. На відміну від стеблового метелика, гусениці бавовникової совки в кінці живлення покидають рослини і заляльковуються у ґрунті, а не в рослинних рештках, тому важливим агротехнічним заходом у даному випадку є глибокий полицевий обробіток та міжрядні обробітки під час догляду за посівами, які майже повністю знищують лялечки у ґрунті [378].

Пошкодженість качанів бавовниковою совкою (*Chloridea obsoleta F.*) у нашому досліді була на середньому рівні і, як передбачалося виявилася мінімальною з використанням оранки (34,8–37,9%). Застосування мілкої мульчувальної системи в короткоротаційній сівозміні спричинювало зростання пошкодженості шкідником до 40,6–51,9 %, або в 1,2–1,4 раза. Система диференційованого обробітку, як і в попередніх випадках, займала проміжне положення (37,7–42,0 %).

Крім зниження врожаю внаслідок ушкодження рослин кукурудзи, гусениці шкідників уражують рослини та початки хворобами, які в подальшому поширюються більш інтенсивно [379].

До основних хвороб кукурудзи північного Степу відносять пухирчасту сажку (*Ustilago zeaе (Beskm.)*), яка значно знижує врожай, а також його якість. Головною ознакою ураження пухирчастою сажкою є характерне здуття різної форми і величини в місцях ураження на молодих меристематичних тканинах листків, стебел, коренів, початків та волотей. За даними В.Г. Іващенко [380], пухирчастою сажкою уражуються в середньому 3–6 % рослин кукурудзи, на зрошуваних землях Степу України – до 21,2 %, на богарі – навіть до 71 %. При цьому врожайність за середнього ураження знижується на 48,7 %, а за сильного – на 60 % [381, 382].

В умовах стаціонарного досліді ураженість пухирчастою сажкою протягом років досліджень була дуже низькою і становила 0,6–1,3 % з тенденцією до підвищення за мілкої мульчувальної системи обробітку (табл. 42). У варіантах мілкої мульчувальної системи обробітку спори збудника пухирчастої сажки добре зберігаються у верхніх шарах ґрунту та рослинних рештках і заражають рослини кукурудзи протягом вегетації. Застосування полицевої системи обробітку дає можливість загорнути спори якнайглибше у ґрунт та зменшити зараження рослин протягом вегетаційного періоду.

42. Ураженість кукурудзи хворобами залежно від систем обробітку ґрунту (середнє за 2010–2013 рр.)

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Уражено, %			
	проростків		рослин пухирчастою сажкою	початків хворобами
	пліснявінням	кореневими гнилями		
Без добрив (фактор В)				
Полицева	35,7	2,6	0,7	34,3
Диференційована	36,6	3,4	1,0	39,0
Мульчувальна	38,4	4,4	1,3	50,8
N₆₀P₃₀K₃₀ (фактор В)				
Полицева	31,6	1,8	0,6	31,8
Диференційована	32,7	1,8	0,7	34,9
Мульчувальна	34,2	1,9	0,8	42,1
НІР _{0,95} , %				
фактор А	2,7	1,7	0,4	6,1
фактор В	2,8	1,5	0,5	8,3
взаємодія АВ	5,5	3,1	0,9	13,1

Небезпечними хворобами початків кукурудзи є також фузаріозна (*Fusarium moniliforme* (J.Sheld.)) та сіра (*Rhizopus maydis* (Bruderl)) гнилі, бактеріоз (*Bacillus mesentericus-vulgatus*) і пліснявіння (*Cladosporium herbarum* (Pers.), *Trichothecium roseum* (Linc.)) початків. Перелічені хвороби знижують урожай кукурудзи на 50–60 % [378, 379].

Найпоширенішими збудниками початків кукурудзи в стаціонарному досліді були фузаріозна (*Fusarium moniliforme* (J.Sheld.)) та сіра (*Rhizopus maydis* (Bruderl)) гнилі, які в загальній кількості ураження переліченими хворобами займали 60–70%.

Ураження переліченими хворобами початків кукурудзи в досліді істотно залежало від системи обробітку ґрунту. Так, застосування полицевої оранки значно зменшувало ураження рослин (в 1,3–1,5 раза) і становило 31,8–34,3%, порівняно з мілкою мульчувальною системою, за якої показник зростав до 42,1–50,8 %. Пояснюється це явище насамперед заорюванням рослинних решток разом із збудниками хвороб у нижні шари ґрунту, де вони гинуть, у результаті чого знижується загальний інфекційний фон.

До небезпечних хвороб проростків кукурудзи на початку їх вегетації відносять і пліснявіння та кореневі гнилі, які викликаються різними видами грибів роду *Rythium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Fusarium*. Внаслідок ураження рослини полягають, відбувається загнивання стебла біля поверхні ґрунту та

повна їх загибель, відповідно зріджуються посіви та знижується врожай [378].

Ураженість проростків кукурудзи пліснявінням у досліді становила 31,6–38,4 % з невеликою тенденцією до зниження цього захворювання за полицевої системи основного обробітку ґрунту. Внесення мінеральних добрив підвищувало стійкість рослин до хвороби в 1,1 раза. Більш розвинені рослини на удобрених ділянках були толерантнішими та стійкішими по відношенню до збудників пліснявіння проростків кукурудзи.

Ураження проростків кукурудзи кореневими гнилями (*Fusarium moniliforme* (var.)) перебувало на низькому рівні (1,8–4,4%), з невеликою тенденцією до підвищення за мілкої мульчувальної системи обробітку ґрунту.

Протягом 2005–2009 рр. у стаціонарному досліді в посівах пшениці озимої, разом з лабораторією захисту рослин ІГСЗ НААН України, визначали ураженість зернової культури кореневими гнилями у фазу воскової стиглості зерна. Рослини пшениці озимої, як відомо, уражуються різними грибковими збудниками корневих гнилей, але в нашому випадку найпоширенішими були фузаріозна (*Fusarium culmorum* (Sacc), *Fusarium graminearum* (Shwabe)) і гельмінтоспоріозна, або звичайна (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.)), різновиди гнилей, які в загальному обсязі ураженості займали 60–70 % (табл. 43).

Збудники хвороби кореневої гнилі уражують основу головного та додаткових стебел і проявляються на 1–2 міжвузлях над ґрунтом. Частково чи повністю уражені (загнивші) при основі стебла не можуть постачати воду до колоса, унаслідок чого колоски передчасно засихають, перетворюючись в білоколосі. Рослини при цьому можуть також вилягати, продуктивність агроценозу пшениці різко зменшується [383–386].

Збудником фузаріозної кореневої гнилі більше уражується пшениця озима в умовах перепадів вологого і сухого періоду, тобто в посушливі роки за стресового стану рослин, коли вони ослаблені і не можуть протистояти хворобі. На відміну від фузаріозної, гельмінтоспоріозна, або звичайна коренева гниль, уражує рослини пшениці озимої за умови зволоженості ґрунту, і тому проявляється більше у вологі роки. Для неї типовим є ураження нижнього міжвузля, яке набуває характерного блискучого чорного кольору, а також коренів, які чорніють та гинуть [383, 385].

**43. Ураженість пшениці озимої кореневими гнилями по способах основного обробітку чистого пару
(попередник–чистий пар після ярого ячменю, фаза воскової стиглості зерна)**

Спосіб обробітку пару (фактор А)	Поширення хвороби, %											
	Роки											
	2005	2006	2007	2008	2009	Середнє	2005	2006	2007	2008	2009	Середнє
Рослинні реїтки + N₃₀₋₆₀ (фактор В)												
Дисковий (мульчувальний)	32,0	29,2	23,5	49,3	61,2	39,0	10,3	8,2	9,9	17,2	20,1	13,1
Чизельний	27,1	30,8	29,3	48,6	63,8	39,9	9,0	9,4	11,3	15,3	21,7	13,3
Полицевий	24,6	22,7	24,5	48,7	52,5	34,6	6,5	6,5	7,2	15,1	18,5	10,8
Безпліцевий (ранній пар)	23,6	29,4	25,8	48,5	59,4	37,3	6,4	8,6	9,1	16,0	19,5	11,9
Рослинні реїтки (фактор В)												
Дисковий (мульчувальний)	26,0	27,3	25,0	48,8	56,1	36,6	7,2	6,9	8,4	14,5	18,2	11,0
Чизельний	24,8	27,0	27,7	48,5	60,1	37,6	6,2	7,3	11,2	13,7	19,6	11,6
Полицевий	18,6	24,5	20,0	46,8	48,7	31,7	4,7	6,3	6,9	12,7	16,7	9,5
Безпліцевий (ранній пар)	19,8	33,1	21,9	46,9	54,0	35,1	5,3	9,8	8,3	14,3	17,8	11,1
НІР _{0,95} , %	4,8	2,1	2,5	1,3	2,8	-	2,5	1,9	2,8	1,1	1,5	-
фактор А	5,9	3,3	2,9	1,5	5,4	-	3,1	2,4	3,1	2,0	2,2	-
фактор В	10,2	5,2	5,4	2,5	8,1	-	5,4	4,1	5,5	3,0	3,4	-
взаємодія АВ												

Збудники кореневої гнилі використовують відмерлі, уражені рештки для свого живлення, які є джерелом зараження рослин пшениці в наступному році хламідоспорами. Тому, використовуючи монокультури чи короткоротаційні сівозміни з високим насиченням зерновими, раціональніше проводити полицеву систему обробітку, яка здебільшого сприяє знищенню інфекції в рослинних рештках унаслідок її мінералізації у глибоких шарах ґрунту [383, 386].

Як показали результати досліджень, у посівах пшениці озимої (середнє за 2005–2009 рр.) поширення фузаріозної та гелмінтоспоріозної кореневої гнилі досягало 31,7–39,9 %. Однак це явище не приводило до зниження врожайності зерна із-за порівняно слабкого розвитку хвороби (9,5–13,3 %) і незначної шкодочинності її за такого типу ураження рослин (табл. 43).

Відмічена тенденція до зниження розвитку корневих гнилей у варіантах полицевого обробітку ґрунту, порівняно з дисковим, чизельним та безполицевим обробітком в 1,1–1,25 рази, а також на неудобреному фоні по відношенню до удобреного, що пояснюється заорюванням пожнивних решток і скороченням періоду зараження не підживлених рослин унаслідок їх передчасного дозрівання і засихання.

У цілому варто зазначити, що рівень пошкодженості шкідниками та ураженості хворобами рослин, залежно від різних способів та систем обробітку ґрунту, не перевищував економічний поріг шкодочинності за всіма видами шкідливих об'єктів, які вивчалися.

Таким чином, використання полицевої та диференційованої систем обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах північного Степу забезпечує якнайповніше знищення збудників хвороб та лялечок шкідників, які зимують та зберігаються в рослинних рештках. Використання мілкої мульчувальної обробітку потребує додаткових регламентів щодо контролю шкідників і хвороб за умови перевищення економічних порогів їх шкодочинності, що вимагає додаткових витрат матеріальних ресурсів, особливо в роки значного прояву шкідливих об'єктів.

РОЗДІЛ 7

УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ТА СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ҐРУНТУ

Отримання високих і сталих урожаїв польових культур високої якості становить головну мету аграрного виробництва. Величина вирощеного врожаю та його якість визначаються сумісною дією багатьох факторів, зокрема умовами зволоження, поживним режимом, особливостями агрофізичних характеристик, кліматичними умовами, продуктивними властивостями культури. Чим повніше фактори середовища задовольняють біологічними вимогами культури, тим краще проявляються природні можливості продуктивності рослин [387]. У степовій зоні найбільш суттєвий вплив на врожай польових культур чинять погодні умови і комплекс заходів щодо накопичення і збереження вологи, які тісно пов'язані зі способами, системами обробітку ґрунту та їх глибиною. До того ж обробіток ґрунту має опосередкований вплив на агрофізичні властивості, які пов'язані з аерацією, вологістю, поживним режимом, а в результаті визначають величину врожаю вирощуваних культур та його якість. Взаємний вплив різних факторів на величину врожаю, пов'язаних з обробітком ґрунту, складний, часом дещо відрізняється по роках та зонах вирощування, а тому потребує додаткових досліджень для визначення оптимальних способів та систем обробітку ґрунту з метою підвищення врожайності польових культур, особливо в останні десятиліття за глобального потепління клімату.

7.1. Урожайність польових культур

Пшениця озима. Величиною врожайності та валовими зборами зерна пшениці озимої визначається загальний рівень виробництва і стан продовольчої безпеки України, тому використання сучасних технологій, одними із елементів яких є оптимальні дози добрив та правильний вибір способів основного обробітку ґрунту, в сукупності з іншими елементами технологій та погодними умовами, забезпечують максимальний рівень продуктивності рослин.

Думки різних авторів щодо впливу способів обробітку чистих парів на врожайність пшениці озимої неоднозначні, а іноді суперечливі. Так, за даними К.М. Демешко [388], Л.М. Десятник, І.В. Кротінова [389], Г.Г. Дуди [390], С.С. Сдобникова [391], Ф.А. Попова [392], І.П. Максимчука [393], А.Г. Яровського [394] та інших, найвищий урожай забезпечує глибокий полицевий та безполицевий обробіток ґрунту, який вони рекомендують застосовувати в пару для товаровиробникам Степу. Дослідженнями М.О. Цандура в Одеському Інституті АПВ встановлено, що використання полицевого та безполицевого обробітків ґрунту на глибину 25–27 см не має переваг порівняно з мілким основним обробітком під час підготовки пару, тому що пшениця озима м'яка формує приблизно однакову врожайність за мілкою та глибокою обробіткою пару [71]. Такої самої думки дотримуються й інші вчені з різних науково-дослідних установ [395–398]. А за даними А.Ф. Вітера [399], А.С. Ізвекова [400], В.І. Щербакова [401], безполицевий плоскорізний обробіток ґрунту сприяв формуванню навіть вищого врожаю зерна пшениці озимої порівняно з полицевою оранкою.

У північному Степу в стаціонарних дослідах формування продуктивності рослин пшениці озимої визначалося сукупним впливом факторів погоди і досліджуваних агроприйомів (вид пару, удобрення, способи обробітку ґрунту).

Так, у першому досліді (2005–2010 рр.) опади допосівного періоду, помірно теплі зими, майже повне відновлення запасів продуктивної вологи у ґрунті на час весняного кущення рослин (87–94 % від граничної польової вологоємності) та рясні дощі, які співпадали з критичним періодом водоспоживання пшениці озимої, створили сприятливі передумови для одержання високого врожаю зерна в 2008, 2009 та 2010 роках (відповідно 8,00–8,57, 6,78–7,13, та 6,27–6,93 т/га). Менш сприятлива метеоситуація була у 2005 та 2006 роках, коли врожайність пшениці озимої коливалась у межах 5,19–6,52 т/га (табл. 44).

Характерною ознакою весняно-літньої вегетації пшениці озимої у 2007 році був тривалий проміжок часу (18 березня–22 червня) з відсутністю господарчо корисних опадів. Створилася загроза суттєвого зниження продуктивності посівів навіть на парових полях. Уникнути згубної дії посухи за цих умов дали змогу такі чинники, як наявність значних запасів продуктивної вологи в 1,5-метровому шарі ґрунту (понад 200 мм) і суцільне мульчування міжрядь відмерлими взимку

44. Урожайність пшениці озимої по чистому пару залежно від різних способів обробітку ґрунту та удобрення, т/га

		Попередник														
		пар після ячменю							пар після соняшнику							
		урожай по роках														
Удобрення (фактор А)		2005	2006	2007	2008	2009	2010	середнє	2005	2006	2007	2008	2009	2010	середнє	
Обробіток ґрунту (фактор В)		урожай по роках														
		середнє														
		урожай по роках														
		середнє														
Рослинні рештки + N ₃₀₋₆₀		5,64	5,52	5,11	8,43	7,10	6,36	6,36	-	5,73	5,72	4,53	8,34	6,99	6,50	6,30
		5,48	5,34	5,02	8,50	6,98	6,30	6,27	5,73	5,73	5,72	4,53	8,34	6,99	6,50	6,30
		5,75	5,43	5,16	8,57	7,02	6,32	6,38	5,81	5,81	5,71	4,69	8,21	6,87	6,55	6,31
		5,19	5,23	4,94	8,36	6,79	6,27	6,13	5,82	5,82	5,77	4,70	8,23	6,80	6,46	6,30
НП _{0,95} , %		6,52	5,97	5,25	8,00	7,13	6,59	6,58	-	-	4,98	8,27	6,95	-	-	-
		6,38	5,90	5,17	8,03	7,09	6,47	6,51	6,45	6,45	4,95	8,37	6,84	6,93	6,60	
		6,58	5,95	5,27	8,08	6,94	6,64	6,58	6,40	6,40	5,01	8,33	6,83	6,90	6,60	
		6,02	5,67	5,24	7,94	7,00	6,58	6,41	6,56	6,56	5,03	8,46	6,97	6,77	6,66	
фактор А		0,22	0,14	0,09	0,19	0,15	0,13	-	0,18	0,18	0,09	0,18	0,15	0,24	-	
фактор В		0,31	0,19	0,12	0,27	0,22	0,19	-	0,22	0,23	0,13	0,26	0,21	0,30	-	
взаємодія АВ		0,51	0,31	0,21	0,42	0,35	0,30	-	0,39	0,40	0,21	0,42	0,34	0,50	-	

рослинами, що істотно зменшило непродуктивне випаровування води. Урожайність зерна озимої пшениці хоча і виявилася найнижчою за всі роки досліджень, однак вона не опускалася по варіантах за позначку 4,5 т/га.

Якщо розглядати вплив на продуктивність агрофітоценозу пшениці озимої, то перевага того чи іншого виду пару залежала головним чином від мінливостей погоди, зволоженості ґрунту, кількості та якості рослинних субстратів, які порізному впливали на поживний режим, мікробіологічну та ферментативну активність чорнозему. Так, по рівню врожайності зерна пар після соняшнику переважав пар після ярого ячменю за сприятливих умов для швидкого розкладу поживних решток олійної культури, які характеризуються підвищеним вмістом макроелементів і мають порівняно невисоке співвідношення C:N (2005, 2006, 2010 роки). В окремих випадках (2008 р.) перевага пару після соняшнику проявилася виключно на удобреному фоні, що пояснюється покращанням тут фосфатного режиму ґрунту і меншим ступенем ураженості рослин кореневими гнилями.

У 2007 році, на відміну від попередніх, більш урожайною виявилася пшениця по пару після ячменю. Це обумовлено в першу чергу різницею в запасах продуктивної вологи в посівному (3,6 мм, або 27,7 %, на користь останнього) та коренеактивному (0–150 см) шарах ґрунту восени 2006 року, що позитивно впливало на густоту і дружність появи сходів, зменшувало відмирання рослин взимку і випадання весною. Аналогічна тенденція відстежувалась і у 2009 році.

За середніми даними (2005–2010 рр.) різні види чорного пару виявились рівноцінними між собою, розбіжність в урожайності зерна тут не перевищувала 0,09 т/га. Водночас ранній пар після ячменю поступався ранньому пару після соняшнику на 0,25–0,27 т/га.

Результати ґрунтової діагностики, проведеної у фазі весняного куцання рослин, характеризують рівень забезпеченості пшениці озимої нітратним азотом у 2007, 2008 і 2010 роках як низький, у 2005, 2006 і 2009 роках як середній, що відповідає рекомендованим дозам застосування азоту добрив 45–60 і 30 кг/га діючої речовини. Збільшення норми азоту з N₃₀ до N₄₅ у 2009 році обумовлено пізнім відновленням вегетації озимини (30.03), гальмуванням мікробіологічних процесів у ґрунті із-за прохолодної погоди в березні і квітні, а також міграцією нітратів у нижню частину коренеактивного шару (80–120 см).

Подальші спостереження засвідчили деяку надмірність нормативної дози N₆₀ (2010 р.) та N₄₅ (2008, 2009 роки), внесеної для підживлення посівів. За

сприятливих гідротермічних умов на цьому фоні зареєстроване полягання рослин, яке негативно впливало на формування врожайності озимини, суттєво зменшувало приріст зерна від мінеральних добрив, а в окремих випадках (2008 р., пар після ячменю ярого) навіть призводило до істотного (0,42–0,49 т/га) зниження продуктивності агрофітоценозу пшениці порівнянно з неудобреним фоном.

Помічено, що ступінь полягання рослин зростав за глибокої оранки і чизелювання, зменшувався за мілкого, особливо весняного обробітку ґрунту (ранній пар). Низькі надбавки основної продукції за підживлення посівів у 2007 році пояснюються відсутністю агрономічно цінних дощів у фазу “вихід в трубку – колосіння”, які б сприяли вертикальному переміщенню нітратів по профілю ґрунту і ефективному їх засвоєнню рослинами. У середньому за 2004–2009 рр. від внесення аміачної селітри на пару після ячменю ярого отримано додатково 0,20–0,28, на пару після соняшнику – 0,29–0,36 т/га.

Різні способи основного обробітку чорного пару (дисковий, чизельний, полицевий) забезпечили в дослідах практично однакову продуктивність пшениці озимої. При цьому важливо відзначити суттєве зниження врожайності зерна по ранньому пару після ячменю, порівнюючи з чорним, у 2005, 2006 та 2009 роках на фоні без добрив. Із можливих причин цього явища не можна виключати фактор “азотне живлення рослин”, оскільки запаси N–NO₃ в орному шарі під озиминою у фазу весняного кущення тут були на 6,4–11,1 % меншими відносно до варіантів зяблевого обробітку ґрунту. Означена закономірність більшою мірою проявлялася на неудобреному фоні, тому підживлення посівів, які вирощуються по ранньому пару після стерньових культур, має бути обов’язковим агроприйомом, який знижує ризики, пов’язані з можливим закріпленням азотних сполук мікробним комплексом, що здійснює розклад органічних решток і створює передумови для гальмування процесів нітрифікації, особливо за прохолодної погоди на початку весни.

Не підтвердилося припущення щодо негативного впливу на продуктивність пшениці озимої по ранньому пару після ячменю ярого корневих гнилей, шкодочинність яких зростає, як відомо, на незайманих (нульових) фонах і за мульчувального обробітку ґрунту, зокрема в сівозмінах з високим насиченням зерновими колосовими культурами [402]. Інтенсивність ураження рослин збудниками цієї хвороби тут була не вищою, ніж на ділянках з дискуванням та чизелюванням, і в середньому за роки досліджень не перевищувала 11–12 %.

Імовірною залишається вірогідність інтоксикації ґрунту і пригнічення рослин речовинами, які вивільнюються під час розкладу (феноли) в обмеженому середовищі (шар 0–10 см) пожнивних решток попередника, однак підтвердження чи спростування цієї тези вимагає додаткових досліджень.

У другому стаціонарному досліді, де попередником пшениці озимої був пар після кукурудзи, отримано практично такі самі результати, як і в парі після ячменю ярого (табл. 45). Тобто в ранньому парі була теж нижча врожайність, ніж за полицевого та дискового обробітку, по неудобреному фоні на 0,22 т/га, удобреному $N_{60}P_{30}K_{30}$ – 0,18 т/га. Внесені мінеральні добрива в підживлення у фазу кущіння нівелювали вплив способів обробітку ґрунту та вирівнювали врожай по обробітках.

45. Урожайність пшениці озимої по чистому парі після кукурудзи залежно від обробітку ґрунту та удобрення, т/га

Обробіток ґрунту (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Рік				
		2010	2011	2012	2013	середнє
Полицевий	без добрив	6,00	5,48	2,52	6,05	5,01
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	6,17	5,57	2,60	6,22	5,14
	$N_{60}P_{30}K_{30}$	6,26	5,59	2,69	6,31	5,21
Дисковий	без добрив	6,15	5,28	2,43	6,20	5,01
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	6,77	5,43	2,54	6,79	5,38
	$N_{60}P_{30}K_{30}$	6,90	5,48	2,64	6,95	5,49
Плоскорізний (ранній пар)	без добрив	6,03	4,85	2,22	6,08	4,79
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	6,36	4,97	2,34	6,41	5,02
	$N_{60}P_{30}K_{30}$	6,72	5,34	2,43	6,77	5,31
НІР _{0,95} , % фактор А фактор В взаємодія АВ		0,20	0,32	0,12	0,23	-
		0,18	0,32	0,11	0,20	-
		0,35	0,46	0,20	0,40	-

Максимальну врожайність пшениці озимої по парі після кукурудзи в середньому за три роки було отримано за дискового обробітку (5,49 т/га) на удобреному фоні $N_{60}P_{30}K_{30}$, а на неудобреному – за полицевого, де складався більш сприятливий і без внесення добрив поживний режим ґрунту. Зниження врожайності за полицевого обробітку порівняно з дисковим та безполицевим в ранньому парі 2013 року пояснюється майже повним виляганням рослин, а внаслідок цього й втратою частини врожаю під час збирання. Тому в сприятливі для пшениці озимої роки (2013 р.) з використанням полицевої

оранки, підживлення необхідно зменшувати до мінімальних величин з метою запобігання вилягання, або використовувати ретарданти.

Зазначимо, що аномально посушливим був 2012 рік, коли пшениця озима сформувала низьку, з огляду на якість попередника, урожайність зерна (2,22–2,69 т/га) – табл. 45. Продуктивнішою (2,52–2,69 т/га) за цих умов виявилася пшениця, яку вирощували за полицевого обробітку ґрунту. Це зумовлено, вважаємо, кращим поживним режимом та агрофізичним станом верхнього (0–10 см) шару на час сівби озимини і меншою забур'яненістю агрофітоценозу. Майже не поступався глибокій оранці по рівню врожайності зерна (різниця в межах похибки досліду) у жорстких посушливих умовах 2012 року мілкий дисковий обробіток ґрунту, на відміну від весняного плоскорізного розпушування скиби, коли отримано суттєво нижчу (порівняно з контролем) врожайність основної продукції (2,22–2,43 т/га). Максимальне зниження продуктивності посівів по ранньому пару спостерігалось на природному (неудобреному) фоні, що дає підстави припустити вірогідність негативного впливу на ріст і розвиток рослин таких факторів, як поживний режим ґрунту, фітотоксичність поживних решток тощо.

Застосування мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ в середньому за 4 роки за полицевого обробітку (25–27 см) сприяло отриманню додатково 0,13, дискового (10–12 см) – 0,37, плоскорізного весняного розпушування ґрунту (ранній пар) (12–14 см) – 0,23 т/га зерна, від внесення $N_{60}P_{30}K_{30}$ відповідно 0,20; 0,48 і 0,52 т/га (табл. 45). Найвищі прибавки врожаю зерна незалежно від удобрення було отримано по безполицевому обробітку раннього пару та на дискуванні або на ділянках, які характеризувалися гіршими умовами поживного режиму.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що використання раннього пару після соняшнику під час вирощування пшениці озимої забезпечує врожай на рівні з полицевим, чизельним та дисковим обробітками, тобто різні пари та способи їх обробітку є рівноцінними. Водночас запровадження раннього пару після стерньового попередника (ячмінь ярий) та після кукурудзи із залученням у кругообіг усієї побічної продукції вирощуваних культур призводить до часткової іммобілізації азотних сполук ґрунту під озиминою у весняний період і зниження її продуктивності на 0,10–0,25; 0,02–0,18 т/га порівняно з іншими варіантами досліду.

Ячмінь ярий. Культура потребує порівняно високих вимог до фізичного стану ґрунту, умісту в ньому рухомих легкодоступних поживних речовин і достатньої кількості вологи, які, що відомо, регулюються способами обробітку ґрунту, їх глибиною, а також внесенням оптимальних доз мінеральних добрив [123, 403, 404].

На думку більшості дослідників, найкращим способом обробітку ґрунту під ячмінь ярий є осінній полицевий обробіток з попереднім луценням стерні, застосування якого дає суттєві прибавки зерна порівняно з іншими способами, обробітку ґрунту, особливо в посушливі роки. У разі заміни зяблевої оранки осіннім дискуванням основна маса коренів рослин ячменю розміщується мілкіше, ніж по зябу. Це ставить рослини в залежність від літніх опадів, що загрожує їх продуктивності. Так, на Генічеській, Розівській і Запорізькій дослідних станціях від заміни оранки після кукурудзи на зерно дискуванням врожайність зерна ячменю в середньому за три роки зменшилася на 2,2–3,2 ц/га. На Драбівській дослідній станції після цукрових буряків у середньому за 6 років після дискування врожайність була меншою на 2,1 ц/га, ніж після оранки. За узагальненими даними дослідів, поверхневий обробіток під ячмінь ярий здебільшого поступається врожаєм перед оранкою [403].

Однак серед учених існують і протилежні погляди стосовно полицевого обробітку ґрунту. Так, у посушливих східних і північно-східних районах Ростовської області, за даними лабораторії ґрунтозахисного землеробства, на Красноармійському опорному пункті (Орловський район) добрі результати отримали від застосування осіннього плоскорізного обробітку під ячмінь ярий, прибавка зерна тут становила 1,1 ц/га порівняно з оранкою за рахунок мульчування, що забезпечило вищі вихідні запаси вологи на 22–29 мм порівняно з оранкою [404].

В останні десятиліття зі загальною тенденцією до мінімалізації обробітку ґрунту В.Ф. Сайко та А.М. Малієнко пропонують обробіток під ячмінь ярий після просапних попередників диференціювати, тобто оранку доцільніше застосовувати у сприятливі за вологістю роки, а поверхневий обробіток – у посушливі [6]. Такої самої думки дотримуються і А.П. Коваленко [405], М.А. Білоножко [406] та А.А. Конищев [407], які надають перевагу мілкому обробітку, але не тільки після просапних (кукурудзи та соняшнику), а й після стерньових культур (пшениця озима).

У нашому випадку в першому стаціонарному досліді (2005–2010 рр.) за ефективністю впливу на врожайність ячменю ярого мілка безполицева система

обробітку поступалася полицевій і залежала від фону удобрення на 0,31–0,42 т/га (табл. 46).

46. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на врожайність ячменю ярого по стерньовому попереднику, т/га

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Рік						Середнє
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Полицева	Рослинні рештки	1,69	4,26	1,45	3,73	2,28	3,50	2,82
Мілка (безполицева)		1,68	3,44	0,91	3,68	2,06	3,31	2,51
Полицева	Рослинні рештки +N ₆₀	3,61	5,22	2,09	4,38	3,14	4,65	3,85
Мілка (безполицева)		2,66	4,43	1,54	4,47	3,19	4,31	3,43
НІР _{0,95} , %	фактор А	0,08	0,21	0,06	0,11	0,23	0,09	-
	фактор В	0,09	0,22	0,09	0,12	0,26	0,10	-
	взаємодія АВ	0,15	0,21	0,14	0,22	0,45	0,17	

Це явище обумовлене низкою чинників і в першу чергу – способом загортання та місцем розміщення пожнивних решток в орному шарі ґрунту, які істотно змінювали умови підготовки насінневого ложе. Мілке розпушування скиби за наявності у верхньому шарі великої кількості соломи (5–7 т/га) суттєво погіршувало якість передпосівної культивуації та сівби. При цьому частина насіння, загорнутого сівалкою СЗ-3,6 на меншу глибину від заданої, досягала 37–42 %. Тут важко сформувавши посівний шар з оптимальною структурою та будовою ґрунту, який би мав високу вологозберігаючу здатність. За посушливої погоди він швидко втрачає вологу, що призводить до затримки проростання насіння, і одержання сходів залежить від опадів. Негативні явища, пов'язані з локалізацією всієї побічної продукції попередника у верхньому шарі ґрунту за безполицевого обробітку, частково нівелюються з випадінням дощів безпосередньо після сівби ярого ячменю (2008 р.), а також в умовах, коли опади співпадають у часі з критичними періодами водоспоживання зернофуражної культури (2009 р.).

До того ж за мілкою обробітку пожнивні рештки не встигають повністю мінералізуватися у ґрунті мікроорганізмами, при цьому виділяються токсичні для рослин речовини (феноли) та зростає використання мікроорганізмам доступних форм азоту, який вони використовують для своєї життєдіяльності [404]. Перелічені фактори в результаті спричинили зниження врожаю ячменю ярого за мілкою мульчувального обробітку ґрунту.

Найбільш впливовим фактором підвищення продуктивності ячменю було підживлення рослин азотом. Культура виявилася досить чутливою на внесення аміачної селітри. Так, у середньому за 2005–2010 рр. за полицевої системи обробітку отримано додатково 1,03, за мілкої (безполицевої) – 0,92 т/га зерна. На фоні без мінерального удобрення ячмінь на початку вегетації був дещо пригніченим, особливо на ділянках з мілким загортанням соломи. У подальшому завдяки опадам, частковій інактивації шкідливих речовин і зростанню фазової резистентності до стресових умов в 2006, 2008, і 2010 роках посіви були у доброму стані. У несприятливих 2005, 2007 і 2009 роках не підживлені посіви мали слабку кореневу систему, відставали в рості, тому сформували низьку врожайність (0,91–2,28 т/га).

У другому стаціонарному досліді (2010–2013 рр.) по впливу на врожайність ячменю ярого система мілкою мульчувальною обробітку поступалася диференційованій залежно від фону удобрення на 0,22–0,36 т/га та полицевій – на 0,25–0,55 т/га (табл. 47). Із можливих причин цього явища найбільш імовірними є збільшення забур'яненості посівів на дискуванні в системі мілкою мульчувальною обробітку, а також перезволоження тут посівного шару і наявність значної кількості листостеблової маси попередника (соняшник) на поверхні поля. Ретельне перемішування рослинного субстрату попередника в поєднанні зі швидким прогріванням поверхневого шару весною, полицевий (полицева система) та чизельний (диференційована система) обробітки створюють на цих агрофонах сприятливі вихідні умови для життєдіяльності мікробних популяцій і вивільнення іммобілізованих мінеральних сполук у ґрунтовий розчин [408].

Так, станом на 10.05.2011 року (неудобрений фон, початок фази кущіння рослин) різниця у вмісті нітратів між варіантами дискового і полицевого обробітку на користь останнього для шару 0–10 см становила 3,7 мг/кг (20,6 %), для шару 0–30 см – 2,8 мг/кг (17,9 %). На удобрених ділянках розбіжності в зазначених показниках нівелюються. Аналогічна закономірність відмічена і стосовно вмісту рухомих форм фосфору і калію в ґрунті. Чизельний обробіток у цьому відношенні займав проміжне положення.

Щодо ефективності мінеральних добрив, то на варіантах досліді спостерігалася зворотна залежність: від застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ під передпосівну культивуацію за полицевої системи обробітку отримано 0,15, диференційованої – 0,28, мілкої мульчувальної – 0,33 т/га зерна. Внесення подвійної дози азоту у складі повного мінерального удобрення ($N_{60}P_{30}K_{30}$)

порівняно з рекомендованою нормою (N₃₀P₃₀K₃₀) виявилось також найбільш ефективним у системі мульчувального обробітку на тлі дискування, що забезпечило додаткову врожайність на рівні 0,65 т/га.

47. Показники врожайності ячменю ярого після просапного попередника під впливом різних систем обробітку ґрунту та удобрення, т/га

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Рік				Середнє
		2010	2011	2012	2013	
Полицева	рослинні рештки	3,60	3,66	1,55	2,33	2,78
	рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,72	3,78	1,75	2,50	2,93
	рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	3,82	3,90	1,93	2,87	3,13
Диференційована	рослинні рештки	3,31	3,37	1,51	2,20	2,59
	рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,63	3,69	1,80	2,39	2,87
	рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	3,77	3,83	2,02	2,81	3,10
Мульчувальна	рослинні рештки	2,76	2,82	1,48	1,87	2,23
	рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,21	3,27	1,71	2,08	2,56
	рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	3,50	3,56	1,90	2,59	2,88
НІР _{0,95} , %	фактор А	0,18	0,23	0,13	0,18	-
	фактор В	0,20	0,25	0,15	0,17	-
	взаємодія АВ	0,35	0,38	0,25	0,30	-

Важливо відзначити і рівень урожаю ячменю ярого в аномально посушливому 2012 році. За несприятливих умов зволоження дисковий обробіток у системі мілкої мульчувальної системи майже не поступався полицевій, а чизельний (диференційована система) навіть переважав останній на удобреному фоні на 0,05–0,09 т/га. З можливих причин цього явища найбільш імовірними є краща вологозабезпеченість посівів на ділянках мульчувального обробітку за рахунок більшого накопичення вологи в ґрунті протягом осінньо-зимового періоду і меншого випаровування її навесні та влітку.

З проведених досліджень випливає, що рівень урожайності ячменю ярого значно залежить від способів та систем основного обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах. Так, використання щорічного полицевого та диференційованого обробітків у середньому за роки досліджень забезпечує максимальний рівень урожайності, а мінімалізація обробітку ґрунту в більшості років призводила до його зниження на 0,22–0,55 т/га. Використання чизелювання в системі диференційованого обробітку найбільш ефективним стає в посушливі роки і навіть переважає оранку за рахунок більшого

накопичення продуктивної вологи у зв'язку з наявністю значної частини поживних решток попередника, які зберігають вологу під мульчею.

Кукурудза. Має велике значення в національній економіці України як кормова, харчова, технічна культура попит, на яку у світі і в нашій державі поступово зростає [409]. У системі агротехнічних заходів, спрямованих на збільшення врожаїв кукурудзи, особливе місце належить основному обробітку ґрунту. Вибираючи спосіб та систему обробітку під кукурудзу, враховують ґрунтово-кліматичні умови, біологічні особливості культури та ступінь забур'яненості кожного поля окремо [114].

Оскільки коренева система кукурудзи розвивається рівномірно у всіх напрямках і локалізується в основному у шарі ґрунту 30–60 см, то вона значно реагує на глибину обробітку ґрунту. Цілий ряд учених наголошує, що оранка на глибину 27–30 см має великі переваги порівняно з мілким обробітком на 20–22 см [410, 411]. Так, за даними досліджень, проведених на Ерастівській і Красноградській дослідних станціях Інституту зернового господарства УААН, в умовах глибокого полицевого обробітку врожайність була вищою на 3–4 ц/га [114]. Подібні результати в дослідженнях на зрошуваних землях отримали І.В. Лотоненко [412], В.С. Сніговий [413], М.П. Малярчук [414], коли максимальним урожай був саме на оранці.

Проте за даними Д.П. Рижикова [415], І.Е. Щербака [416], В.А. Семякина [417], глибокий плоскорізний обробіток в умовах Степу України за високої культури землеробства не знижує врожаю кукурудзи і сприяє формуванню навіть вищих його показників, ніж з оранкою, або забезпечує рівноцінний, як це відмічено в дослідженнях урожай за даними Л.І. Акент'євої [418], Н.Х. Грабака [419], С.О. Ершова [420], В.М. Крутя [421], А.В. Фисюнова [422], В.С. Цикова [114] та ін.

Вивчення реакції рослин кукурудзи на зменшення глибини основного обробітку ґрунту до 10–14 см, яке проводили В.А. Ільченко [423], В.Ф. Кивер [424], І.А. Чуданов [425], показує можливість мінімалізації обробітку під кукурудзу, хоча систематичне використання такого прийому менш ефективне, ніж чергування різних мілких і глибоких обробітків. Такі вчені, як В.М. Круть [426], Н.В. Грицай [306], Б.С. Носко [307] та багато інших дійшли висновку, що система основного обробітку в сівозміні повинна будуватися на раціональному поєднанні різноглибинних полицевих і безполицевих обробітків, які дають можливість найбільш повно використовувати потенційну родючість ґрунту, зменшувати забур'яненість посівів, отримувати максимальну віддачу від

добрив та захищати від ерозійних процесів, а отже, і підвищувати врожай кукурудзи та інших польових культур сівозміни.

У наших дослідженнях (2010-2013 рр.) посіви кукурудзи формували найвищі показники врожайності саме після оранки на різних фонах живлення: 5,31–6,02 та 5,23–5,91 т/га за полицевої та диференційованої систем обробітку ґрунту відповідно (табл. 48). Застосування плоскорізного обробітку за мілкої мульчувальної системи давало невисоке зниження врожаю зерна – на 0,11–0,19 т/га (2,2–3,6 %). Загалом, за малої різниці в урожаї та порівняно високого рівня врожаю зерна в посушливих умовах Степу (5,12–6,02 т/га) можна стверджувати про рівноцінність досліджуваних способів та систем обробітку ґрунту. Цьому в значній мірі сприяли суворе дотримання технологічного регламенту вирощування зернової культури та високий рівень землеробства в досліджуваній сівозміні.

48. Урожайність кукурудзи залежно від системи обробітку ґрунту та удобрення, т/га

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Рік				Середнє
		2010	2011	2012	2013	
Полицева	рослинні рештки	6,23	6,91	1,83	6,29	5,31
	рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	6,69	7,45	2,12	6,75	5,75
	рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	6,90	7,69	2,55	6,96	6,02
Диференційована	рослинні рештки	6,12	6,83	1,80	6,18	5,23
	рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	6,54	7,39	2,05	6,60	5,64
	рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	6,73	7,71	2,41	6,79	5,91
Мульчувальна	рослинні рештки	6,00	6,70	1,77	6,04	5,12
	рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	6,41	7,34	1,91	6,47	5,53
	рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	6,66	7,73	2,26	6,72	5,84
НІР _{0,95} , %	фактор А	0,20	0,23	0,10	0,22	-
	фактор В	0,18	0,22	0,10	0,21	-
	взаємодія АВ	0,35	0,38	0,18	0,37	-

Відзначимо також низькі показники врожайності зерна кукурудзи в аномально посушливому 2012 році, коли вона знижувалася до рівня 1,77–2,55 т/га, зберігаючи при цьому вищезначену закономірність, а саме: зниження врожайності зі застосуванням плоскорізного обробітку (мульчувальна система обробітку) на 0,06–0,29 т/га (3,3–11,4 %).

Застосування мінеральних добрив в дозі N₃₀P₃₀K₃₀, разом із поживними рештками попередника, дає можливість додатково отримати приріст урожайності зерна кукурудзи з використанням оранки в системах полицевого та

диференційованого обробітку в межах 0,41-0,44 т/га (7,6–7,9 %), плоскорізного обробітку без обертання скиби (мульчувальна система обробітку) – 0,41 т/га (7,8 %). Підвищення дози азотних добрив у 2 рази ($N_{60}P_{30}K_{30}$) сприяло зростанню приросту врожайності зерна до 0,68–0,71 т/га (12,4–12,5 %) та 0,72 т/га (13,6 %) відповідно.

Внесення додаткового азоту (N_{60}) на кукурудзі забезпечило дещо більшу віддачу врожаєм зерна в системі мілкового мульчувального обробітку ґрунту, що пов'язано з кращою вологозабезпеченістю рослин і унормуванням процесів мобілізації рухомих сполук макроелементів із залученням у кругообіг великої кількості післяжнивних рослинних решток.

Таким чином, використання системи мілкового мульчувального обробітку ґрунту в короткоротаційній сівозміні несуттєво знижує врожайність зерна кукурудзи – на 0,11–0,19 т/га (2,2–3,6 %) порівняно з полицевою та диференційованою системами обробітку, що на фоні порівняно високого врожаю зерна для посушливих умов північного Степу (5,12–6,02 т/га) дає підстави стверджувати про рівноцінність досліджуваних способів та систем обробітку ґрунту. Застосування мінеральних добрив у помірних дозах ($N_{30-60}P_{30}K_{30}$) за мілкового мульчувального обробітку ґрунту сприяє максимальному приросту врожайності зерна – 0,72 т/га (13,6 %) за рахунок дещо кращого вологозабезпечення та унормування поживного режиму в результаті процесів мобілізації рухомих сполук макроелементів зі залученням у кругообіг великої кількості рослинних решток.

Соняшник. Вирощування соняшнику – один із найбільш прибуткових напрямів в аграрному виробництві, який вимагає подальшого вдосконалення способів та систем обробітку ґрунту, проведення заходів з енергозбереження, мінімалізації та залишення пожнивних рослинних решток на поверхні поля [368].

Одностайної думки щодо впливу способів обробітку ґрунту на врожай соняшнику немає. Так, за даними вчених Інституту олійних культур НААН України (м. Запоріжжя) Д.І. Никитчина, А.І. Полякова [427, 428], І.В. Аксьонова [429], найвищу врожайність насіння (3,45 т/га) одержано за полицевого обробітку на глибину 20–22 см, а за безполицевого і тієї самої глибини (ПРПВ-5-50) – на 0,24 т/га менше. Використання СИБИМЭ та мілкового обробітку (КПЕ-3,8) давало також зниження урожаю на 0,4 та 0,64 т/га відповідно.

За результатами досліджень І.І. Малихіна, А.П. Мелешко [368], урожай соняшнику був отриманий однаковий як за полицевого, так і за плоскорізного обробітку; використання нульової технології давало зниження врожайності на 1,17 і 0,24 ц/га. Аналогічні результати одержано і науковцями Інституту зернового господарства (І.А. Пабат, А.Г. Горобець, А.І. Горбатенко), які встановили, що чизельний обробіток та оранка на глибину 25–27 см забезпечують однакову врожайність насіння соняшнику – 2,93 і 2,91 т/га, мілкий обробіток (10–12 см) знижує врожайність на 0,28 т/га у зв'язку зі збільшенням щільності і твердості ґрунту. В інших стаціонарних дослідках науковці цього ж Інституту О.О. Якунін, І.А. Василенко також довели рівноцінність чизельного та полицевого обробітку на рівні 2,6 т/га [368].

Противники полицевого обробітку М.К. Шикуча, Г.В. Назаренко, Ф.Т. Моргун [73–75] у дослідженнях, проведених у Полтавській області, максимальну врожайність (2,38 т/га) отримали з використанням систематичного плоскорізного обробітку на глибину 25–27 см; застосування оранки на таку саму глибину знижувало врожайність на 0,15 т/га.

Проведеними дослідженнями в першому стаціонарному досліді встановлено, що способи обробітку ґрунту під соняшник проявляли свою ефективність по-різному, залежно від погодних умов року.

У результаті сукупної негативної дії абіотичних (ґрунтово-повітряна посуха влітку) та біотичних (часткове ушкодження рослин білою і сірою гнилями) факторів врожайність насіння соняшнику в 2005–2007 рр. була відносно низькою і варіювала в межах 1,90–2,34 т/га. Більш сприятливі умови для формування продуктивності олійної культури спостерігались у 2008–2010 рр. Полицева оранка (20–22 см) у середньому за період досліджень забезпечила приріст урожайності відносно безполицевого обробітку (12–14 см) 0,04–0,08 т/га (табл. 49). Наявність верхньому шарі ґрунту великої кількості подрібненої соломи ускладнювала проведення допосівної підготовки поля і сівби, перешкоджала проростанню насіння і виносу на поверхню сім'ядолей, гальмувала ґрунтові мікробіологічні процеси, особливо за прохолодної погоди у квітні і травні. Означена закономірність порушувалась у 2007 році, коли рівень урожайності за полицевого обробітку виявився нижчим за мілкого безполицевого (удобрений фон), що пояснюється суттєвою різницею в запасах продуктивної вологи на користь останнього (сівба, шар 0–150 см; 25,7 мм), а також сприятливим температурним режимом повітря навесні, який забезпечив

сприятливі вихідні умови для життєдіяльності мікробних популяцій і вивільнення іммобілізованих азотних сполук у ґрунтовий розчин.

49. Урожайність соняшнику за різних систем обробітку ґрунту та удобрення, т/га

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Рік						Середнє
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Полицева	рослинні рештки	2,12	2,08	2,16	2,57	2,75	2,12	2,30
Мілка (безполицева)		2,06	1,90	2,10	2,52	2,48	2,25	2,22
Полицева	рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,23	2,26	2,23	2,76	3,00	2,42	2,48
Мілка (безполицева)		2,15	2,13	2,34	2,67	2,82	2,53	2,44
НІР _{0,95} , %	фактор А	0,21	0,06	0,09	0,10	0,10	0,10	-
	фактор В	0,22	0,09	0,10	0,13	0,11	0,10	-
	взаємодія АВ	0,32	0,14	0,16	0,20	0,18	0,17	

Перевага безполицевого обробітку над оранкою у 2010 році обумовлена особливостями погоди, зокрема зливовим характером опадів у першу (до 15 липня) і підвищеним температурним режимом повітря у другу половини вегетації олійної культури. За таких умов пожнивні рештки озимини на стерньовому агрофоні перешкоджали надмірному випаровуванню ґрунтової вологи, при цьому вона більш ефективно використовувалася рослинами соняшнику на створення одиниці основної продукції. Від застосування мінеральних добрив (N₃₀P₃₀K₃₀) під передпосівну культивуацію в середньому за 2005–2010 рр. отримано надбавку врожаю насіння в межах 0,18–0,22 т/га (7,3–9,0 %).

За шість років досліджень у середньому відмічена рівноцінність полицевої та мілкої (безполицевої) систем обробітку ґрунту з тенденцією до підвищення у варіанті оранки на 0,04–0,08 т/га (1,6–3,4%) практично в усі роки досліджень, крім 2010 р.

У другому стаціонарному досліді в посівах соняшнику, протягом чотирьох років досліджень (2010–2013 рр.), відмічено рівноцінність різних способів та систем обробітку ґрунту (2,27–2,73 т/га) з невеликою тенденцією до підвищення врожайності за чизелювання на удобреному фоні N₃₀₋₆₀P₃₀K₃₀ – 0,03–0,04 т/га (1,1–1,8 %) у системі мілкового мульчувального розпушування скиби (табл. 50).

Аналізуючи врожай соняшнику, слід виділити аномально посушливий 2012 рік, який характеризувався обмеженими весняними запасами

продуктивної вологи в ґрунті (126–138 мм у шарі 0–150 см) та посушливими умовами впродовж квітня–липня, що в результаті спричинило формування порівняно низької врожайності насіння (1,86–2,35 т/га).

50. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на врожайність соняшнику, т/га

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Роки				Середнє
		2010	2011	2012	2013	
Полицева	рослинні рештки	2,46	2,52	2,01	2,61	2,40
	рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,61	2,65	2,19	2,82	2,56
	рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	2,67	2,73	2,32	2,94	2,66
Диференційована	рослинні рештки	2,37	2,43	1,86	2,45	2,27
	рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,63	2,69	2,08	2,87	2,56
	рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	2,76	2,82	2,23	3,00	2,70
Мульчувальна	рослинні рештки	2,40	2,46	1,98	2,49	2,33
	рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,65	2,71	2,21	2,85	2,60
	рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	2,77	2,83	2,35	2,97	2,73
НІР _{0,95} , %	фактор А	0,11	0,12	0,11	0,15	-
	фактор В	0,09	0,10	0,10	0,17	-
	взаємодія АВ	0,17	0,18	0,18	0,24	-

Характерною ознакою, яка проявилась у період вегетації олійної культури, була деяка зрідженість сходів, а також уповільнений ріст і розвиток рослин за плоскорізного обробітку (диференційована система) до настання фази утворення кошиків. Це пояснюється насамперед відмінністю топографії розміщення рослинних решток попередника (озима пшениця), різним ступенем перемішування і сепарації ґрунтової маси, що суттєво впливало на якість сівби і перебіг мікробіологічних процесів. Урожайність насіння соняшнику тут виявилася дещо нижчою (на 0,04–0,13 т/га), ніж на оранці. На чизельному обробітку (мульчувальна система) стан посівів порівнювався до полицевого, тому врожайність основної продукції на зазначених варіантах була приблизно однаковою.

Приріст урожаю насіння від добрив у середньому за чотири роки досліджень перевищував найменшу істотну різницю і становив із застосуванням N₃₀P₃₀K₃₀ за полицевої системи обробітку 0,16 т/га (6,7 %), диференційованої – 0,29 т/га (11,8 %), мілкого мульчувального розпушування скиби – 0,27 т/га (10,8 %), за внесення N₆₀P₃₀K₃₀ відповідно 0,26; 0,43 і 0,47 т/га та 10,5; 14,7; 16,4 %. Високі показники приривку врожаю від внесення добрив за диференційованої та мульчувальної систем обробітку ґрунту пояснюються перш за все дещо погіршеним поживним режимом порівняно з полицевою

оранкою та унормуванням процесів мобілізації рухомих сполук макроелементів при залученні в кругообіг великої кількості рослинних решток з внесенням помірних норм добрив ($N_{30-60}P_{30}K_{30}$).

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що різні способи та системи обробітку ґрунту під соняшник є рівноцінними (2,27–2,73 т/га) зі слабкою тенденцією до підвищення врожайності за чизелювання на удобрених варіантах (1,1–1,8 %) у системі мілкого мульчувального розпушування скиби.

7.2. Якість зерна та насіння

Якість продукції – це сукупність її властивостей, які обумовлені придатністю задовольняти та забезпечувати певні потреби відповідно до призначення [430]. Підвищення якості зерна та насіння є одним із головних резервів зростання ефективності аграрного виробництва в Україні, тому в сучасних умовах питанню якості продукції має приділятися першорядна увага.

Якість зерна суттєво залежить від сукупної дії багатьох факторів, серед яких до основних належать родючість ґрунту та внесення добрив, вологозабезпеченість, сортові особливості польових культур і т. ін. [204]. Значна частина цих факторів, а саме водний, поживний, повітряний і тепловий режими, регулюються способами та строками основного і передпосівного обробітків ґрунту.

Експериментальними даними Г.П. Жемели [431, 432], В.Ф. Зубенка [433], В.І. Зінченка [434], І.А. Чуданова [435] встановлено, що якість зерна більшості польових культур (пшениця озима, ячмінь ярий, кукурудза та насіння соняшнику), як правило, не змінюється залежно від способів та систем обробітку ґрунту і є практично однаковою в межах помилки дослідів. Але на думку деяких учених (В.А. Федоткін [436], С.Г. Вожегов [437]), якість зерна, зокрема натура та маса 1000 зерен, підвищується за полицевого обробітку ґрунту у зв'язку зі сприятливим поживним режимом.

Основними якісними показниками зерна пшениці озимої вважають його білковість та вміст клейковини. Так, зерно сильної пшениці, яке відповідає стандартним вимогам, містить 13 % білка і 28 % клейковини. Одним із вагомих факторів, що підвищують якість зерна пшениці, є режим азотного живлення рослин, тобто внесення необхідної кількості мінерального азоту. Навіть невеликі зміни в азотному режимі ґрунту можуть суттєво впливати на

білковість зерна [438]. За даними багатьох дослідників, найвищі показники вмісту протеїну та клейковини в зерні пшениці озимої виявлено після чорного пару за рахунок формування більш сприятливого поживного режиму порівняно з іншими попередниками [439–442].

У нашому випадку в першому і другому стаціонарних дослідах парова пшениця озима формувала врожаї зерна високої якості, які більше залежали від погодних умов року та внесених мінеральних добрив, аніж від способів обробітку ґрунту в паровому полі (табл. 51, 52).

51. Якість зерна пшениці озимої у зв'язку зі способами обробітку чистих парів, %

Удобрення	Обробіток ґрунту	Показник	Рік						Середнє
			2005	2006	2007	2008	2009	2010	
<i>Пар після ячменю</i>									
Рослинні рештки	дисковий (мульчувальний)	білок	11,0	11,1	9,8	9,3	10,6	9,5	10,2
		клейковина	21,6	20,4	17,4	18,1	18,3	15,8	18,6
	чизельний	білок	11,0	11,0	9,9	9,1	10,7	9,2	10,2
		клейковина	21,4	20,0	17,3	16,3	17,6	15,5	18,0
	полицевий	білок	11,3	12,5	9,5	9,6	9,8	8,9	10,3
		клейковина	22,0	24,1	15,8	17,1	15,5	13,9	18,1
плоскорізний (ранній пар)	білок	11,2	11,3	9,1	9,2	9,8	9,1	10,0	
	клейковина	21,6	22,6	13,0	14,9	12,1	14,2	16,4	
Рослинні рештки + N ₃₀₋₆₀	дисковий (мульчувальний)	білок	12,1	11,1	12,5	12,5	12,2	10,9	11,9
		клейковина	23,1	20,6	27,7	29,6	26,5	20,0	24,6
	чизельний	білок	11,9	11,9	12,4	12,5	13,0	10,0	12,0
		клейковина	24,0	22,4	27,7	30,4	28,4	19,4	25,4
	полицевий	білок	12,0	12,3	12,9	13,0	11,7	10,1	12,0
		клейковина	24,0	23,3	28,4	30,5	25,7	20,4	25,4
плоскорізний (ранній пар)	білок	11,9	12,1	11,7	11,8	11,5	10,1	11,5	
	клейковина	23,2	23,5	24,7	27,7	23,3	19,7	23,7	
<i>Пар після соняшнику</i>									
Рослинні рештки	чизельний	білок	11,6	11,5	9,0	8,9	10,6	8,80	10,1
		клейковина	21,4	22,9	13,1	16,4	19,6	16,6	18,3
	полицевий	білок	11,5	11,2	8,7	8,6	10,9	9,9	10,1
		клейковина	21,0	21,8	12,0	15,3	21,4	16,6	18,0
	плоскорізний (ранній пар)	білок	11,6	11,1	9,0	9,3	10,9	9,3	10,2
		клейковина	21,0	21,8	14,6	15,5	22,1	15,4	18,4
Рослинні рештки + N ₃₀₋₆₀	чизельний	білок	11,4	12,5	11,2	11,3	12,7	10,1	11,5
		клейковина	23,2	24,6	23,2	23,4	24,3	19,2	23,0
	полицевий	білок	12,5	12,3	11,1	11,4	13,2	9,7	11,7
		клейковина	24,8	22,4	22,9	26,2	25,6	17,6	23,3
	плоскорізний (ранній пар)	білок	12,1	12,4	11,2	11,5	12,0	19,9	11,5
		клейковина	26,0	23,3	21,6	23,2	24,9	18,0	22,8

Так, найнижчі якісні показники зерна пшениці озимої зафіксовано у 2010 році, який характеризувався раннім відновленням весняної вегетації рослин (19 березня), прохолодною і надмірно вологою погодою протягом травня–червня, коли опади становили 251,3 мм (2,4 норми), що спричинило часткове вимивання протеїнів і знебарвлення зернівки. За таких умов навіть у варіантах з внесенням N_{60} було отримано неякісну продукцію з умістом білка 9,7–10,9 та клейковини 17,6–20,4 % (табл. 51).

Низькі показники якості продукції було отримано також у 2013 році через рясні дощі у фазу наливу зерна та збирання, що спричиняло вимивання протеїнів та вилягання рослин пшениці озимої, особливо на варіантах полицевої оранки (табл. 52).

Найкращі передумови для формування високобілкового зерна створились у 2007–2009, 2011 рр., коли весняно-літня вегетація рослин відбувалася за достатніх вихідних запасів продуктивної вологи в шарі 0–150 см (200–220 мм), теплої та помірно сухої погоди в період від початку наливу до кінця воскової стиглості зерна.

Як відомо, пшениця озима за вищої врожайності в більшості випадків формує менш якісне зерно переважно внаслідок домінування ростових процесів [434]. Зазначимо, що в наших дослідженнях цього явища не відмічено, тобто обернена залежність між кількісними і якісними показниками була відсутньою у зв'язку з високою потенційною та ефективною родючістю агрофону.

Спостерігалася загальна тенденція до підвищення вмісту білка і клейковини в основній продукції на ділянках пару після ячменю як результат кращої вологозабезпеченості рослин та інтенсивнішого відтоку пластичних речовин з листків і стебел у зернівку.

Встановлено суттєвий позитивний вплив азотних добрив на якість зерна пшениці. Так, весняне підживлення рослин у фазу кушіння забезпечило отримання продовольчого зерна в 5-ти випадках із 6-ти, того часу як на фоні без добрив вірогідність одержання якісної продукції в дослідях не перевищувала 33 %, що є неприйнятним, зважаючи на цінність попередника.

Навіть полягання посівів, яке відмічали в окремі роки на удобрених ділянках, суттєво не погіршувало базові показники якості зерна. За середніми даними, внесення розрахункової дози аміачної селітри (N_{30-60}) дало змогу підвищити вміст білка в зерні від 10,2 до 11,7 %, клейковини від 18,0 до 24,0 % та перевести його з 6-го класу в 3-й, що свідчить про доцільність корегування азотного живлення пшениці озимої в паровому полі за допомогою ґрунтового

тестування з урахуванням динаміки водного режиму чорнозему, біології рослин та факторів погоди.

52. Вплив способів обробітку чистого пару після кукурудзи на показники якості зерна пшениці озимої, %

Удобрення	Обробіток ґрунту	Показник	Рік			Середнє
			2011	2012	2013	
Рослинні рештки	полицевий	білок (протеїн), %	12,6	12,3	10,1	11,7
		клейковина, %	24,7	24,3	19,6	22,9
		ВДК, один.	95	75	75	82,0
		клас зерна	2	3	6	3-4
	дисковий (мульчувальний)	білок (протеїн), %	12,0	12,0	9,2	11,1
		клейковина, %	24,5	23,2	16,1	21,3
		ВДК, один.	95	60	80	78
		клас зерна	3	3	6	4
	плоскорізний (ранній пар)	білок (протеїн), %	11,0	11,7	9,2	10,6
		клейковина, %	20,3	22,4	17,8	20,2
		ВДК, один.	90	58	50	66
		клас зерна	3	3	5	3-4
Рослинні рештки + N ₃₀	полицевий	білок (протеїн), %	12,7	12,7	11,5	12,3
		клейковина, %	27,2	25,4	22,0	24,9
		ВДК, один.	95	60	80	78
		клас зерна	2	2	3	2-3
	дисковий (мульчувальний)	білок, %	12,2	12,6	10,3	11,7
		клейковина, %	25,2	23,9	19,6	22,9
		ВДК, один.	90	72	75	79
		клас зерна	3	2	6	3-4
	плоскорізний (ранній пар)	білок (протеїн), %	11,8	12,1	10,2	11,4
		клейковина, %	22,8	25,5	18,5	22,3
		ВДК, один.	95	66	60	74
		клас зерна	3	3	6	4
Рослинні рештки + N ₆₀	полицевий	білок (протеїн), %	13,3	13,1	12,4	12,9
		клейковина, %	28,1	26,6	25,0	26,6
		ВДК, один.	90	70	85	82
		клас зерна	2	2	3	2-3
	дисковий (мульчувальний)	білок (протеїн), %	13,5	12,9	11,5	12,6
		клейковина, %	26,3	24,4	21,4	24,0
		ВДК, один.	75	54	85	71
		клас зерна	2	2	3	2-3
	плоскорізний (ранній пар)	білок (протеїн), %	12,3	12,2	10,7	11,7
		клейковина, %	23,1	26,0	18,9	22,6
		ВДК, один.	95	70	60	75
		клас зерна	3	3	6	4

Досліджувані способи основного обробітку чорного пару (дисковий, чизельний, полицевий) забезпечили однакову якість зерна пшениці. При цьому підкреслимо суттєве зниження вмісту білка і клейковини в зерні по ранньому пару після ячменю та кукурудзи, порівнюючи з чорним, у 2007–2009, 2011–2013 рр., що обумовлено, збільшувало гальмуванням ґрунтових мікробіологічних процесів під озиминою навесні і меншим надходженням азоту в рослини.

Визначаючи вміст білка в зерні ячменю ярого і насінні соняшнику в першому стаціонарному досліді, виявили закономірності, які полягають у відсутності чітко обумовленого впливу на якість основної продукції систем та способів основного обробітку ґрунту і в зростанні показників білковості під час внесення мінеральних добрив порівняно з неудобреним фоном (табл. 53). Водночас застосування мінеральних добрив призводило до зниження вмісту крохмалю в зерні ячменю на 2,0–2,2 % та олії в насінні соняшнику – на 1,0–1,7 %.

53. Якість зерна ячменю ярого та насіння соняшнику залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення в трипільній сівозміні (середнє за 2005-2010 рр.)

Удобрєння	Система обробітку ґрунту	Ячмінь ярий		Соняшник	
		вміст, % на абсолютно суху речовину			
		білок	крохмаль	білок	олія
Рослинні рештки	полицева	10,2	57,8	16,6	60,6
	мілка (безполицева)	10,7	57,6	16,2	61,8
Рослинні рештки + NPK	полицева	11,4	55,8	16,8	59,6
	мілка (безполицева)	12,0	55,4	16,4	60,1

У другому стаціонарному досліді виявлено аналогічні закономірності щодо якісних показників основної продукції. Системи обробітку ґрунту та внесені мінеральні добрива не мали вираженого впливу на показники якості зерна ячменю ярого та насіння соняшнику, зокрема вміст крохмалю в зерні ячменю та олійність соняшнику практично не змінювалися. Зафіксовано лише тенденцію до зростання вмісту протеїнів у зерні ячменю та насінні соняшнику з підвищенням дози добрив (табл. 54).

54. Якість зерна ячменю ярого та насіння соняшнику залежно від систем основного обробітку ґрунту в п'ятипільній сівозміні (середнє за 2010–2013 рр.)

Удобрення	Система обробітку ґрунту	Ячмінь ярий		Соняшник	
		вміст, % на абсолютно суху речовину			
		білок (протеїн)	крохмаль	білок (протеїн)	олія
Рослинні рештки	полицева	10,7	53,7	16,5	54,5
	диференційована	11,2	52,1	16,6	54,3
	мульчувальна	10,0	53,0	16,3	53,3
Рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	полицева	11,2	51,2	16,7	53,7
	диференційована	12,0	50,2	16,8	53,2
	мульчувальна	10,4	51,8	16,5	54,2
Рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	полицева	11,6	50,6	16,8	53,3
	диференційована	11,7	50,7	16,9	53,3
	мульчувальна	10,4	52,0	16,6	54,1

У стаціонарному досліді протягом 2010–2013 рр. отримано також високоякісне зерно кукурудзи, яке відповідає Держстандарту України (ДСТУ 4526:2006), Європи (EU 742/2010) та США (USDA). Системи та способи основного обробітку ґрунту майже не мали вираженого впливу на показники якості зерна, відмічена лише тенденція до підвищення вмісту білка (протеїну) в зерні за полицевої системи обробітку, оскільки кращими були вихідні умови азотного живлення рослин. Внесені мінеральні добрива (особливо азотні) мали більш виражений вплив на показники якості зерна кукурудзи. Використання мінеральних добрив разом з поживними рештками попередника підвищує тенденцію до зростання вмісту білка на 0,4–1,1 % та зниження вмісту крохмалю на 0,7–1,7% (табл. 55).

55. Вплив систем основного обробітку ґрунту на якість зерна кукурудзи у п'ятипільній сівозміні (середнє за 2010–2013 рр.)

Удобрення	Система обробітку ґрунту	Вміст, % на абсолютно суху речовину	
		білок (протеїн)	крохмаль
Рослинні рештки	полицева	9,9	68,2
	диференційована	9,4	70,5
	мульчувальна	9,4	70,2
Рослинні + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	полицева	10,3	67,1
	диференційована	9,6	69,8
	мульчувальна	9,6	68,7
Рослинні + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	полицева	10,8	67,4
	диференційована	10,5	68,8
	мульчувальна	10,1	69,2

На основі проведених досліджень можна констатувати, що способи та системи основного обробітку ґрунту не мають суттєвого впливу на показники якості зерна пшениці, ячміню кукурудзи та насіння соняшнику. Внесення мінеральних добрив (особливо азотних) підвищує тенденцію до зростання вмісту в зерні та насінні соняшнику білка (протеїнів) та знижує вміст вуглеводів, зокрема крохмалю в зерні. У стаціонарних дослідях у більшості років отримано високоякісне зерно та насіння соняшнику, яке відповідає Держстандарту України (ДСТУ 3768-98 – пшениця, ДСТУ 3769-98 – ячмінь, ДСТУ 4525:2006 – кукурудза, ДСТУ 22391-89 – соняшник) та країн ЄС.

РОЗДІЛ 8

ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ

Ґрунтово-кліматичні умови України, на думку І.С. Годуляна визначають продуктивність сівозмін, яка є основним показником їх раціонального використання, доцільності та ефективності [443]. Продуктивність залежить від взаємодії багатьох факторів: погодних умов, типу ґрунту, родючості, внесених добрив, набору польових культур та їх чергування, технології вирощування, системи обробітку ґрунту. Сукупна дія різних факторів у тому числі і системи обробітку ґрунту та мульчування, по впливу на загальну продуктивність сівозмін вивчена недостатньо, але не викликає сумніву той факт, що основний шлях підвищення продуктивності полягає в насиченні високоврожайними зерновими культурами за умови збереження родючості ґрунтів, економії енергетичних та матеріальних ресурсів, стабільності екологічного стану довкілля в цілому.

З появою в Україні нових форм власності на землю в останні десятиліття, (розукрупнення колгоспів та радгоспів, розпаювання земель та фермерство), зросла кількість господарств, що мають невелику площу землекористування, вузьку спеціалізацію та обмежений набір вирощуваних культур. Для таких господарств оптимальною формою організації території землекористування має бути запровадження вузькоспеціалізованих сівозмін з короткою ротацією. Найбільш оптимальною тривалістю ротації таких сівозмін є варіювання від тридоп'ятипільної, що пов'язано з розміщенням різних культур після відповідних попередників і дотриманням періоду їх повернення на попереднє місце вирощування, яке для більшості з них становить 3–4 роки. Наприклад соняшник (оптимальний період повернення на попереднє місце 5–8 років) у сівозмінах короткої ротації за наявності в господарстві декількох сівозмін слід вирощувати поперемінно в одній, а потім в іншій сівозміні протягом однієї ротації або ділити поле навпіл та суміщати соняшник з іншою культурою протягом першої ротації і наступною зміною їх розташування між собою в другій [443, 444].

У різних ґрунтово-кліматичних зонах науковцями отримано неоднозначні та суперечливі результати щодо впливу систем обробітку ґрунту на

продуктивність різноротаційних сівозмін. Як вважає більшість дослідників, використання відмінних між собою систем обробітку ґрунту (полицева, диференційована, мілка та ін.) не призводить до суттєвої різниці в показниках їх продуктивності [445–448]. Однак П.Д. Кошкин [449], В.Н. Наумкин [450] вважають, що за мілкою плоскорізного обробітку ґрунту в сівозмінах сумарний вихід елементів продуктивності зменшується порівняно з полицевою оранкою у зв'язку з погіршенням тут поживного режиму та агрофізичних показників. Абсолютно протилежні думки відносно такої схеми мають М.К. Шикула [75], Ф.Т. Моргун [73,74], Г.В. Назаренко [75], М.І. Комаров [451], які відмічають перевагу довгострокового плоскорізного обробітку зі залишенням рослинних решток на поверхні поля в підвищенні продуктивності сівозмін порівняно з ерозійно небезпечною оранкою.

Існують декілька способів оцінки продуктивності сівозмін. Так, П. Чайкін і Е. Погосов [452] пропонують використовувати зернові коефіцієнти – відношення середньої урожайності за декілька років до середньої урожайності оцінюваної культури за ті самі роки. У світовій практиці відомий також спосіб оцінки продуктивності сівозмін, який базується на перерахунку всієї продукції в зернові еквіваленти [453]. Р.А. Голомба вважає, що краще оцінку продуктивності сівозмін треба подавати в отриманій продукції у грошовому виразі з одиниці сівозмінної площі [454]. Але в сучасних економічних умовах ця оцінка недоцільна, оскільки не вся отримана продукція йде на реалізацію, до того ж ринкові ціни постійно змінюються та не є фіксованими. Тому, на наш погляд, найбільш раціональним та об'єктивним буде спосіб оцінки продуктивності сівозмін, виражений у середній врожайності польових культур, кількості зібраного зерна, кормових та зернових одиниць, перетравного протеїну з 1 га сівозмінної площі.

Як показали результати наших досліджень, у трипільних сівозмінах високі показники продуктивності, (вихід зерна, насіння соняшнику, зернових та кормових одиниць, перетравного протеїну) залежали в першу чергу від набору та врожайності польових культур у сівозмінах, яка визначалася сукупною дією факторів навколишнього середовища, а також технологічними особливостями та відмінностями різних систем обробітку ґрунту.

Так, у зерно-паро-просапній сівозміні з полем соняшнику показники продуктивності були практично однаковими між собою, незалежно від системи обробітку ґрунту, з невеликою тенденцією до підвищення врожайності

зернових на 0,06 т/га та виходу зерна на 0,02 т/га сівозмінної площі за використання мілкої (безполицевої) системи порівняно з полицевою (табл. 56).

56. Продуктивність короткоротаційної зерно-паро-просапної сівозміни у зв'язку зі системами обробітку ґрунту та удобрення (середнє за 2005–2010 рр.), т/га

Послідовність культур у сівозміні	Система обробітку ґрунту та удобрення в сівозміні			
	полицева (20–22 см)		мілка (безполицева) (12–14 см)	
	рослинні рештки	рослинні рештки + N ₃₀ P ₁₀ K ₁₀	рослинні рештки	рослинні рештки + N ₃₀ P ₁₀ K ₁₀
Чистий пар	-	-	-	-
Пшениця озима	6,31	6,60	6,30	6,66
Соняшник	2,30	2,48	2,22	2,44
Одержано з 1 га сівозмінної площі, т				
Всього зерна:	2,10	2,20	2,10	2,22
пшениці озимої	2,10	2,20	2,10	2,22
фуражного зерна	-	-	-	-
Урожайність зернових	6,31	6,60	6,30	6,66
Вихід:				
кормових одиниць	3,38	3,57	3,35	3,57
перетравного протеїну	0,51	0,54	0,50	0,54
зернових одиниць	3,63	3,85	3,58	3,84

Використання тут мінеральних добрив у помірних дозах (N₂₀P₁₀K₁₀) разом з рослинними рештками попередника підвищувало продуктивність сівозміни по виходу зерна на 0,10–0,12 (4,5–5,4 %), зернових одиниць – 0,22–0,26 (5,7–6,7 %), кормових одиниць – 0,19–0,22 (5,3–6,2 %), перетравного протеїну – 0,03–0,04 (5,5–7,4 %) т/га сівозмінної площі, що свідчить про більш виражений вплив удобрення на продуктивність порівняно з обробітком ґрунту.

Введення поля ячменю ярого замість соняшнику у зерно–паровій сівозміні знизило продуктивність з використанням мілкої (безполицевої) системи по виходу зерна на 0,18–0,19 (5,4–5,9 %), зернових одиниць – 0,16–0,17 (4,9–5,9 %), кормових одиниць – 0,24 (5,7 %), перетравного протеїну – 0,01–0,02 (2,9–6,4 %) т/га сівозмінної площі порівняно з полицевою системою. Такий результат пов'язаний з нижчою врожайністю тут ячменю ярого, який гірше реагував на мілкий (безполицевий) обробіток, ніж у сівозміні зі соняшником, де навпаки, не відбувалося зниження врожайності олійної культури залежно від обробітку ґрунту. Тому продуктивність короткоротаційних трипільних сівозмін

залежала перш за все від набору культур та їх реакції на способи обробітку під окремі з них у загальній системі обробітку ґрунту (табл. 57).

57. Продуктивність короткоротаційної зерно–парової сівозміни залежно від системи обробітку ґрунту та удобрення (середнє за 2005–2010 рр.), т/га

Послідовність культур у сівозміні	Система обробітку ґрунту та удобрення в сівозміні			
	полицева (20–22 см)		мілка (безполицева) (12–14 см)	
	рослинні рештки	рослинні рештки + N ₄₀	рослинні рештки	рослинні рештки + N ₄₀
Чистий пар	-	-	-	-
Пшениця озима	6,38	6,58	6,13	6,41
Ячмінь ярий	2,82	3,85	2,51	3,43
Одержано з 1 га сівозмінної площі, т				
Всього зерна:	3,06	3,47	2,88	3,28
пшениці озимої	2,12	2,19	2,04	2,14
фуражного зерна	0,94	1,28	0,84	1,14
Урожайність зернових	4,60	5,21	4,32	4,92
Вихід:				
кормових одиниць	3,69	4,19	3,69	3,95
перетравного протеїну	0,31	0,34	0,29	0,33
зернових одиниць	2,87	3,21	2,70	3,05

Застосування помірних доз мінеральних добрив (N₂₀P₁₀K₁₀) в зерно-паровій сівозміні забезпечувало зростання продуктивності сівозміни по виходу зерна на 0,40–0,41 (11,8–12,2 %), зернових одиниць – 0,34–0,35 (10,6–11,4 %), кормових одиниць – 0,26–0,50 (6,6–11,9 %), перетравного протеїну – 0,03–0,04 (8,8–12,1 %) т/га сівозмінної площі. Варто зазначити і те, що вищі прибавки від застосування мінерального удобрення (ефективність добрив) відмічені саме за використання мілкої (безполицевої) системи обробітку ґрунту, ніж полицевої.

З проведених досліджень випливає, що використання мілкої (безполицевої) системи обробітку на 12–14 см у зерно-паро-просапній сівозміні не спричиняє зниження її продуктивності. Заміна соняшнику в трипільній сівозміні ячменем ярим знижує показники продуктивності сівозміни в цілому на 2,9–5,9 % та ефективність мілкої (безполицевої) системи обробітку ґрунту поряд з полицевою. Внесення помірних доз мінеральних добрив (N₂₀P₁₀K₁₀) разом з рослинними рештками попередника в сівозмінах сприяє зростанню їх продуктивності на 4,5–7,4 та 6,6–12,2%.

Продуктивність п'ятипільної зерно-паро-просапної сівозміни визначалася головним чином внесеними мінеральними добривами, аніж обробітком ґрунту.

58. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на продуктивність короткоротаційної зерно-паро-просапної сівозміни (середнє за 2010–2013 рр.), т/га

Послідовність культур в сівозміні	Система обробітку ґрунту та удобрення в сівозміні											
	полицева			диференційована			роślinні рештки			мульчувальна		
	роślinні рештки	роślinні рештки +N ₂₄ P ₁₈ K ₁₈	роślinні рештки +N ₄₈ P ₁₈ K ₁₈	роślinні рештки	роślinні рештки +N ₂₄ P ₁₈ K ₁₈	роślinні рештки +N ₄₈ P ₁₈ K ₁₈	роślinні рештки	роślinні рештки +N ₂₄ P ₁₈ K ₁₈	роślinні рештки +N ₄₈ P ₁₈ K ₁₈	роślinні рештки	роślinні рештки +N ₂₄ P ₁₈ K ₁₈	роślinні рештки +N ₄₈ P ₁₈ K ₁₈
Чистий пар	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пшениця озима	5,01	5,14	5,21	5,01	5,38	5,49	4,79	5,02	5,31	5,02	5,31	5,31
Соняшник	2,40	2,56	2,66	2,27	2,56	2,70	2,33	2,60	2,73	2,60	2,73	2,73
Ячмінь ярий	2,78	2,93	3,13	2,59	2,87	3,10	2,23	2,56	2,88	2,56	2,88	2,88
Кукурудза	5,31	5,75	6,02	5,23	5,64	5,91	5,12	5,53	5,84	5,53	5,84	5,84
Одержано з 1 га сівозміної площі, т												
Всього зерна:	2,62	2,76	2,87	2,56	2,77	2,90	2,42	2,62	2,80	2,62	2,80	2,80
пшениці озимої	1,00	1,02	1,04	1,00	1,07	1,09	0,96	1,00	1,06	1,00	1,06	1,06
фуражного зерна	1,61	1,73	1,83	1,52	1,70	1,80	1,47	1,61	1,74	1,61	1,74	1,74
Урожайність зернових	4,36	4,60	4,78	4,27	4,63	4,83	4,04	4,37	4,67	4,37	4,67	4,67
Вихід: кормових одиниць	3,57	3,80	3,98	2,87	3,79	3,99	3,35	3,65	3,92	3,65	3,92	3,92
перетравного протеїну	0,40	0,42	0,44	0,38	0,42	0,44	0,37	0,41	0,44	0,41	0,44	0,44
зернових одиниць	3,26	3,47	3,62	3,15	3,46	3,64	3,08	3,37	3,59	3,37	3,59	3,59

Системи основного обробітку ґрунту на удобрених мінеральними добривами ділянках разом з пожнивними рештками виявилися рівноцінними за всіма показниками продуктивності: вихід зерна (2,80–2,90 т/га), зернових одиниць (3,59–3,64 т/га), кормових одиниць (3,92–3,99 т/га) та перетравного протеїну (0,41–0,44 т/га) на один гектар сівозмінної площі з невеликою тенденцією до зниження показників за мілкої мульчувальної системи обробітку. На варіанті з рослинними рештками без мінеральних добрив перевагу за всіма показниками продуктивності мала система полицевого та диференційованого обробітку ґрунту, внаслідок кращого поживного режиму (табл. 58). Так, вихід зерна за полицевої системи обробітку ґрунту тут був вищим на 0,20 т/га (7,6 %), зернових одиниць – 0,18 (5,5 %), кормових одиниць – 0,22 (6,2 %), перетравного протеїну – 0,03 т/га сівозмінної площі (7,5 %) порівняно з мілкою мульчувальною.

Внесені мінеральні добрива в помірних дозах ($N_{24}P_{18}K_{18}$, $N_{48}P_{18}K_{18}$ в середньому на 1 га сівозмінної площі) разом з рослинними рештками суттєво підвищували продуктивність сівозміни в цілому. Максимальна прибавка виходу зерна від застосування $N_{48}P_{18}K_{18}$ за полицевої системи обробітку становила 0,25 (8,7 %), зернових одиниць – 0,36 (9,9 %), кормових одиниць – 0,41 (10,3 %), перетравного протеїну – 0,02 (5,0 %) т/га сівозмінної площі. Застосування $N_{48}P_{18}K_{18}$ за диференційованої системи обробітку підвищувало вихід зерна на 0,34 (12,2 %), зернових одиниць – 0,49 (13,5 %), кормових одиниць – 1,12 (28,0 %), перетравного протеїну – 0,06 (13,6 %) т/га сівозмінної площі. Використання $N_{48}P_{18}K_{18}$ в сівозміні за мілкої (мульчувальної) системи обробітку давало прибавку виходу зерна на 0,38 (13,6%), зернових одиниць – 0,51 (14,2 %), кормових одиниць – 0,57 (14,5 %), перетравного протеїну – 0,07 (15,9 %) т/га сівозмінної площі. Згідно з результатами досліджень, найвищі прибавки від мінеральних добрив за показниками продуктивності були характерними для мілкого (мульчувального) фону з більш жорстким поживним режимом. Внесені тут мінеральні добрива в помірних дозах підвищували продуктивність сівозміни більш, ніж на 14 % порівняно з полицевою системою обробітку з кращими вихідними умовами мінерального живлення.

Отже, використання різних систем обробітку ґрунту (полицева, диференційована, мілка (мульчувальна)) в п'ятипільній сівозміні за показниками її продуктивності є рівноцінним, окрім варіантів без внесення мінеральних добрив, у яких мілка (мульчувальна) система поступається диференційованій та полицевій на 5,5–7,6 %. Використання мінеральних

добрив у помірних дозах значно підвищує (5,0-13,6%) показники продуктивності сівозмін, особливо в системі мілкового (мульчувального) обробітку ґрунту з більш жорсткими вихідними умовами мінерального живлення рослин, де вони зростають і перевищують 14,0 %.

РОЗДІЛ 9

ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В СІВОЗМІНАХ

Перехід до ринкових відносин тісно пов'язаний з питанням підвищення економічної та біоенергетичної ефективності виробництва сільськогосподарської продукції, пошуків шляхів раціонального застосування технологій вирощування польових культур, базовими елементами яких є способи та системи основного обробітку ґрунту. До того ж щорічне подорожчання матеріально-технічних засобів (техніка, паливно-мастильні матеріали, засоби захисту, добрива та ін.), які використовуються в технологіях вирощування культур, призводить до зростання собівартості продукції рослинництва та зниження рентабельності її виробництва, що в свою чергу обумовлює пошук найменш енергоємних та економічно вигідних елементів технологій вирощування, серед яких чільне місце займають різні способи основного обробітку ґрунту [123, 455].

9.1. Економічна ефективність вирощування ранніх зернових та просапних культур

Стабілізація виробництва зерна на конкурентоспроможному рівні неможлива без максимально ефективного використання комплексу організаційно-технологічних факторів. При цьому одним із найважливіших елементів технології вирощування та надійним фактором підвищення врожайності і конкурентоспроможності зерна є застосування раціональної системи добрив та системи обробітку ґрунту, яка має бути спрямованою на відтворення і збереження родючості ґрунту. Сукупний аналіз витрат на вирощування польових культур свідчить, про те, що обробіток ґрунту – найенергоємніша технологічна операція, на яку припадає до 50 % паливно-енергетичних витрат у рослинництві. За економічними розрахунками в разі оптимізації витрат на обробіток ґрунту в процесі вирощування пшениці озимої в паровому полі України економія нафтопродуктів лише на 2 % дозволить заощадити майже 45 млн грн витрат, а в масштабі степового регіону – понад 23 млн грн [455].

Витрати виробництва і вартість продукції після проведення досліджень розраховували спільно з лабораторією економіки за нормативами і розцінками, діючими у виробничих умовах степової зони станом на кінець 2010 року в першому стаціонарному досліді та на кінець 2013 року – у другому. Виробничі витрати (коштів і енергії), які пов'язані зі застосуванням мінеральних добрив, згідно з методикою ННЦ Інститут аграрної економіки та Інституту сільського господарства степової зони НААН (В.С. Рибка) [456], були віднесені на продукцію першого року в розмірі 60 %, другого – 40 %.

Результати економічного аналізу 2005–2010 рр., отримані в першому стаціонарному досліді, виявили вплив диференціації способів обробітку ґрунту під пшеницю озиму на формування вартісних показників ефективності, що дозволяє зробити висновок про наявність резервів економії виробничих витрат та підвищення прибутковості зерновиробництва. При цьому встановлено, що більш високий потенціал продуктивності та прибутковості одного гектара землі формувалася на ділянках, де додатково вносили азотні добрива [456].

Згідно з розрахунками, збільшення виробничих витрат за глибокої оранки не завжди окупається належним зростанням рівня врожайності, що негативно позначається на показниках собівартості та рентабельності виробництва продукції. Разом з тим, вирощуючи пшеницю озиму по чистому пару після стерньового попередника найбільш ефективним було застосування дискового (мульчувального) обробітку, за якого отримано найдешевше зерно та найвищий рівень рентабельності (38,7–77,8%). Порівняно з полицевою оранкою дана система обробітку ґрунту з використанням менш енергоємної та більш продуктивної техніки забезпечила економію виробничих затрат у розрахунку на 1 га: неудобреного фону 7,6 %, удобреного – 7,0 %. При цьому собівартість виробництва одиниці продукції була відповідно меншою на 7,5 і 6,6 %, а рівень рентабельності виробництва зерна пшениці перевищував відповідні показники на варіантах з полицевим обробітком ґрунту на 6,5–8,1 відсоткового пункту (в.п).

Незважаючи на незначні відхилення в показниках урожайності, система дискового (мульчувального) обробітку ґрунту завдяки економії витрат у розрахунку на одиницю продукції забезпечила формування найвищого рівня прибутковості одного гектара посівної площі (табл. 59).

59. Економічна ефективність вирощування пшениці озимої по чистому пару у зв'язку зі способами основного обробітку ґрунту (середнє за 2005–2010 рр.)

Показник	Фон удобрення*	Система основного обробітку ґрунту залежно від виду чистого пару				
		чорний			ранній	
		дисківий (мульчувальний)	чизельний	полицевий	плоскорізнний	плоскорізнний + раундап
Пар після ячменю ярого						
Урожайність зерна, т/га	1	6,36	6,27	6,38	6,13	6,22
	2	6,58	6,51	6,58	6,41	6,44
Виробничі витрати – всього, грн/га	1	3704	3804	3919	3595	3938
	2	4002	4106	4213	3907	4235
Собівартість зерна, грн/т	1	582,3	606,6	614,2	586,4	632,7
	2	608,2	630,8	640,2	609,5	657,6
Прибуток, грн/га	1	1596	1421	1398	1513	1406
	2	3455	3271	3244	3358	3127
Прибуток, грн/т	1	251,0	226,7	219,1	246,9	226,1
	2	525,1	502,5	493,1	523,8	485,8
Рівень рентабельності, %	1	38,7	33,7	32,2	37,8	32,3
	2	77,8	72,0	69,7	77,5	67,0
Пар після соняшнику						
Урожайність зерна, т/га	1	-	6,30	6,31	6,30	-
	2	-	6,60	6,60	6,66	-
Виробничі витрати – всього, грн/га	1	-	3812	3905	3635	-
	2	-	4129	4219	3964	-
Собівартість зерна, грн/т	1	-	605,1	618,9	576,9	-
	2	-	625,5	639,3	595,2	-
Прибуток, грн/га	1	-	1437	1353	1615	-
	2	-	3351	3260	3584	-
Прибуток, грн/т	1	-	228,2	214,4	256,4	-
	2	-	507,8	494,0	538,1	-
Рівень рентабельності, %	1	-	34,0	31,3	39,8	-
	2	-	73,4	70,0	81,3	-

* Фон удобрення: 1 – загортання рослинних решток; 2 – загортання рослинних решток + N_{30-60} у фазу початку виходу рослин в трубку.

Серед решти варіантів суттєві економічні переваги мали плоскорізнний обробіток ґрунту (ранній пар), який найбільшою мірою дозволяє економити кошти в розрахунку на один гектар. Саме цей фактор і стає ключовим у формуванні порівняно низького рівня виробничої собівартості (577–610 грн/т). При цьому є реальним отримати з одного гектара 3358–3584 грн. прибутку та

досягти 77,5–81,3 % рентабельності. Того ж часу застосування плоскорізного обробітку в ранньому пару з паралельним внесенням раундапу з економічної точки зору було найменш ефективним. Додаткові витрати на внесення гербіциду перед першим механічним обробітком пару не забезпечило достатнього приросту врожайності, що в свою чергу призвело до підвищення собівартості виробництва зерна, зниження прибутковості одного гектара земельної площі та падіння рівня рентабельності до 32,3 і 67,0 %.

Чизельний обробіток ґрунту забезпечував сприятливі умови для росту і розвитку рослин пшениці та формування порівняно високого (на пару після ячменю – 6,27–6,51 т/га, на пару після соняшнику – 6,30–6,60 т/га) рівня врожайності. Як показали результати економічної оцінки консервуюча (чизельна) технологія обробітку ґрунту є належною альтернативою традиційній оранці, оскільки забезпечила зниження собівартості однієї тони зерна по пару після ячменю на 7,6–9,4 %, по пару після соняшнику – на 13,8 %.

У варіантах чизельного обробітку за схемою малоопераційної технології (розпушування слідом за збиранням урожаю попередника, включаючи луцення та дискування ґрунту під час загортання пожнивних решток) економія становила понад 7 л/га пального, понад 96 грн/га грошово-матеріальних витрат та майже 600 МДж/га енерговитрат. При цьому на чизелювання одного гектара ріллі потрібно витратити часу в 1,7–1,8 раза менше, ніж на полицеву оранку.

Рівень рентабельності виробництва зерна пшениці в цілому з використанням чизелювання перевищує відповідні показники по варіантах з традиційним полицевим обробітком по пару після ячменю на 1,5–2,3, по пару після соняшнику – на 2,7–3,4 %.

Внесення азотних добрив (N_{30-60}) на початку трубкування рослин сприяло підвищенню врожайності та якості зерна пшениці, що забезпечило збільшення прибутковості одного гектара посівів, порівняно з неудобrenим фоном, на 1845–1969 грн і рівня рентабельності на 38–42 %.

В умовах 2011–2013 рр. застосування на чистому пару мульчувального обробітку не сприяло збільшенню врожайності пшениці озимої порівняно з дискуванням (диференційована система) та полицевою оранкою. Водночас застосування менш енергоємної та більш продуктивної ґрунтообробної техніки і скорочення механічного втручання у підготовці пару в осінній період на фоні дискування і плоскорізного обробітку навесні обумовили зменшення виробничих витрат на 507–553 грн/га за рахунок зменшення використання пального з 30,1 до 8 л/га (табл. 60).

60. Показники економічної ефективності вирощування пшениці озимої по чистому пару після кукурудзи за різних систем обробітку ґрунту та удобрення в (середнє за 2011-2013 рр.)

Показники	Система основного обробітку ґрунту та удобрення								
	полицева (оранка)			диференційована (дискування)			мульчувальна (плоскорізний, ранній пар)		
	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
Урожайність зерна, т/га	4,68	4,79	4,86	4,63	4,92	5,02	4,38	4,57	4,84
Виробничі витрати – всього, грн./га	3782	4576	4839	3536	4365	4640	3229	4037	4332
Собівартість зерна, грн/т	808	955	995	763	887	924	737	883	895
Умовно чистий прибуток, грн/га	4273	3676	3545	4048	3680	3972	3928	3438	3581
Рівень рентабельності, %	113	80	73	114	84	86	121	85	83
Окупність витрат, грн/грн	2,13	1,80	1,73	2,14	1,84	1,85	2,21	1,85	1,83
Витрати пального на основний обробіток, л/га	30,1	30,1	30,1	12,5	12,5	12,5	8,0	8,0	8,0

Максимальний рівень урожайності (4,92–5,02 т/га) в системі диференційованого обробітку ґрунту на фоні дискування із внесенням мінеральних добрив N₃₀₋₆₀P₃₀K₃₀ дозволив отримати найвищі показники умовного чистого прибутку – 3680–3972 грн/га та рівня рентабельності виробництва зерна 84–86%, що перевищувало показники системи полицевого обробітку відповідно на 427 грн/га та 4–13 %.

Використання мінеральних добрив у посівах пшениці озимої протягом 2011–2013 рр. збільшило врожайність зерна по всіх варіантах обробітку. Але висока вартість останніх негативно позначилася на собівартості зерна, підвищивши її в середньому на 124–187 грн/т, унаслідок чого рівень рентабельності виробництва пшениці знизився з 113–121 до 73–86%. При цьому мінеральні добрива через диспаритет цін на промислову і сільськогосподарську продукцію зменшували прибутковість посівів на 120–728 грн/га.

Застосування мілкої безполицевої системи обробітку ґрунту (12–14 см) в технології вирощування ячменю ярого протягом 2005–2010 рр. у першому стаціонарному досліді забезпечило, порівняно з полицевою, економію пального

(7,4–8,2 л/га), зменшення витрат праці (на 0,33–0,38 люд-год./га) і коштів (на 104–137 грн./га) – (табл. 61).

61. Економічна ефективність вирощування ячменю ярого в короткоротаційній сівозміні (середнє за 2005–2010 рр.)

Показник	Система основного обробітку ґрунту та удобрення			
	полицева	мілка (безполицева)	полицева	мілка (безполицева)
	рослинні рештки		рослинні рештки +N ₆₀	
Урожайність зерна, т/га	2,82	2,51	3,85	3,43
Затрати праці, люд/год.	3,26	2,93	3,80	3,43
Виробничі витрати, грн/га	2315	2211	2944	2807
У т.ч. на основний обробіток	132	78	132	78
Собівартість 1 т зерна, грн/т	821	881	765	818
Умовно чистий прибуток, грн:				
на 1 га	223	48	521	280
на 1 т	79	19	135	82
Рівень рентабельності, %	9,6	2,2	17,7	10,0
Окупність витрат, грн/га	1,10	1,02	1,18	1,10
Витрати пального, л/га	44,8	37,4	49,5	41,3
У т.ч. на основний обробіток	14,4	7,4	14,4	7,4
Виробництво зерна, т:				
на 100 грн витрат	0,12	0,11	0,13	0,12
на 100 л пального	6,29	6,70	7,78	8,31

Водночас за полицевого обробітку отримали суттєво вищий урожай зерна, що позитивно позначилося на собівартість основної продукції і рентабельність виробництва. Підживлення посівів аміачною селітрою (N₆₀) виявилось економічно доцільним і забезпечило підвищення умовно чистого прибутку з 48–233 до 280–521 грн./га.

В 2011–2013 рр. Під час вирощування ячменю ярого перевагу мав чизельний (14–16 см) обробіток ґрунту, який забезпечив, порівняно з оранкою, економію пального (8,3 л/га), зменшення витрат коштів (на 164–218 грн./га), зростання прибутковості на 784 грн/га та рівня рентабельності з 19–62 до 42–68%. Застосування мілкового (дискового) обробітку (10–12 см) в технології вирощування зернофуражної культури хоча і забезпечувало, порівняно з оранкою, економію пального (15,7 л/га) і зменшення витрат коштів на 257–359 грн/га, однак суттєво знижувало умовно чистий прибуток та рівень рентабельності виробництва за рахунок найнижчої врожайності зерна – 2,05–2,68 т/га (табл. 62).

62. Показники економічної ефективності вирощування ячменю ярого залежно від систем обробітку ґрунту та удобрення (середнє за 2011–2013 рр.)

Показник	Система основного обробітку ґрунту та удобрення								
	полицева (оранка)			диференційована (чизелювання)			мульчувальна (дискування)		
	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
Урожайність зерна, т/га	2,51	2,67	2,90	2,36	2,62	2,88	2,05	2,35	2,68
Виробничі витрати – всього, грн./га	2423	3240	3575	2205	3072	3411	2094	2961	3318
Собівартість зерна, грн/т	965	1291	1233	934	1173	1184	1021	1260	1238
Умовно чистий прибуток, грн/га	1502	960	662	1491	1063	1446	1158	761	923
Рівень рентабельності, %	62	30	19	68	35	42	55	26	28
Окупність витрат, грн/грн	1,62	1,30	1,19	1,68	1,35	1,42	1,55	1,26	1,28
Витрати пального на основний обробіток, л/га	26,0	26,0	26,0	17,7	17,7	17,7	10,3	10,3	10,3

Внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню врожайності зернофуражної культури на 0,39–0,63 т/га, однак суттєве збільшення виробничих витрат (за рахунок вартості мінеральних добрив) негативно позначилося на собівартості продукції, одержанні прибутку і рівні рентабельності виробництва зерна. При цьому окупність однієї гривні витрат зменшилася з 1,19–1,62 до 1,42–1,68 грн.

Отже, використання альтернативних способів основного обробітку ґрунту під пшеницю озиму (дисковий, чизельний, плоскорізний (ранній пар)) та ячмінь ярий (плоскорізний, чизельний) дає можливість оптимізувати експлуатаційні витрати на обробіток ґрунту, зокрема забезпечити економію паливно-енергетичних ресурсів за використання чизелювання на 7,0–8,3 л/га, плоскорізного обробітку – 17,4–22,1, дискування – на 15,7–17,6 л/га, що в результаті позитивно позначається на зростанні умовно чистого прибутку та рівні рентабельності виробництва зерна.

Просапні культури (соняшник, кукурудза) на відміну від культур суцільного висіву (пшениця озима, ячмінь ярий) мають певні технологічні особливості вирощування, які обумовлюються проведенням міжрядних обробітків, додатковим використанням в окремих випадках, післясходових

гербіцидів для контролю бур'янів, що врешті решт призводить до зростання енергетичних та матеріальних витрат на вирощування культур. Проте високі ціни на товарну продукцію соняшнику та кукурудзи сьогодні дещо нівелюють негативний вплив збільшення витрат на вирощування та сприяють одержанню високого прибутку і рівня рентабельності виробництва. Вагомим чинником у зниженні виробничих витрат під час вирощування просапних культур, на противагу полицевій оранці, є мінімалізація обробітку ґрунту, яка передбачає зменшення глибини основного обробітку та використання менш енергоємних безполицевих (чизельний, плоскорізний, дисковий) способів обробітку.

У першому стаціонарному досліді протягом 2005–2010 рр. мінімалізація основного обробітку ґрунту під соняшник обумовлювала зниження виробничих витрат на 4,3–5,7 % і заощадження 8,8 л/га пального з використанням технологічного циклу робіт. За мілкого розпушування ґрунту зростали, порівняно з оранкою, умовно чистий прибуток на 28–169 грн/га. і рівень рентабельності виробництва насіння на 9–10%. Внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ під передпосівну культивуацію не окупається додатковим урожаєм основної продукції олійної культури (табл. 63).

Із залученням у кругообіг усієї побічної продукції культур сівозміни застосування мілкого безполицевого (12–14 см) та чизельного (14–16 см) обробітків ґрунту в технології вирощування соняшнику, протягом 2011–2013 рр. на фоні оптимальної системи удобрення ($N_{60}P_{30}K_{30}$) забезпечило, порівняно з полицевою оранкою, економію пального (8,3–13,8 л/га) і коштів (171–227 грн./га), а також підвищення рівня рентабельності з 132–183 до 144–196% (табл. 64). Водночас внесення мінеральних добрив виявилось економічно не вигідним і обумовило зниження окупності однієї гривні витрат на 0,45–0,51 грн./га та рівня рентабельності під час вирощування насіння соняшнику на 45–51 %.

Мінімалізація основного обробітку ґрунту в процесі вирощування кукурудзи на зерно із застосуванням плоскорізного обробітку на 14–16 см знижувала виробничі витрати на 212–238 грн./га і заощаджувала 14,8 л/га пального з виконанням технологічного циклу робіт (табл. 65). Зростали також окупність однієї гривні витрат на 0,03–0,04 грн та рівень рентабельності виробництва зерна на 2–6 %. Однак за мілкого мульчувального обробітку знижувався, порівняно з полицевою оранкою, й умовно чистий прибуток на 26–42 грн./га.

63. Економічна ефективність вирощування соняшнику в трипільній короткоротаційній сівозміні (середнє за 2005–2010 рр.)

Показник	Система основного обробітку ґрунту та удобрення			
	полицева		мілка (безполицева)	
	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
Урожайність зерна, т/га	2,3	2,48	2,22	2,44
Затрати праці, люд./год.	3,08	3,17	2,47	2,56
Виробничі витрати, грн/га	2064	2647	1947	2532
У т.ч. на основний обробіток	323	323	223	223
Добрива		492		492
Собівартість 1 т зерна, грн/т	897	1067	877	1038
Умовно чистий прибуток: грн/га	6159	6219	5990	6191
грн/т	2678	2508	2698	2537
Рівень рентабельності, %	298	235	308	244
Окупність витрат, грн/грн	3,98	3,35	4,08	3,44
Витрати пального, л/га	49,4	50,0	40,6	41,2
У т.ч. на основний обробіток	14,4	14,4	7,4	7,4
Виробництво зерна тон на: 100 грн. витрат	0,11	0,09	0,11	0,10
100 л пального	4,66	4,96	5,47	5,92

Внесення мінеральних добрив у помірних дозах (N₃₀₋₆₀P₃₀K₃₀) не окупалося економічно додатковим приростом урожаю зерна, собівартість якого зростала при цьому на 127–132 грн/т.

64. Показники економічної ефективності вирощування соняшнику в п'ятипільній сівозміні (середнє за 2011–2013 рр.)

Показник	Система основного обробітку ґрунту та удобрення								
	полицева (оранка, 20–22 см)			диференційована (плоскорізний, 12–14 см)			мульчувальна (чизельний, 14–16 см)		
	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
Урожайність насіння, т/га	2,38	2,55	2,66	2,24	2,54	2,68	2,31	2,59	2,71
Виробничі витрати, всього грн./га	2939	3751	4028	2712	3556	3837	2739	3578	3857
Собівартість насіння, грн/т	1235	1471	1514	1211	1400	1432	1186	1381	1423
Умовно чистий прибуток, грн/га	5390	5194	5314	5139	5321	5532	5360	5492	5671
Рівень рентабельності, %	183	138	132	189	150	144	196	153	147
Окупність однієї гривні витрат, грн/грн	2,83	2,38	2,32	2,89	2,50	2,44	2,96	2,53	2,47
Витрати палива на основний обробіток, л/га	28,5	28,5	28,5	14,7	14,7	14,7	20,2	20,2	20,2

65. Економічна ефективність систем обробітку ґрунту та удобрення в процесі вирощування кукурудзи на зерно (середнє за 2011–2013 рр.)

Показник	Система основного обробітку ґрунту та удобрення								
	полицева (оранка, 23–25 см)			диференційована (полицевий, 23–25 см)			мульчувальна (плоскорізний, 14–16 см)		
	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	без добрив	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
Урожайність зерна, т/га	5,01	5,44	5,73	4,94	5,35	5,64	4,83	5,24	5,59
Виробничі витрати, грн/га	3583	4514	4852	3578	4501	4827	3371	4281	4614
Собівартість зерна, грн/т	715	830	847	724	841	856	698	817	825
Умовно чистий прибуток, грн/га	3381	3085	3241	3284	2961	3109	3355	3008	3199
Рівень рентабельності, %	94	68	67	92	66	64	100	70	69
Окупність витрат, грн/га	1,94	1,68	1,67	1,92	1,66	1,64	2,00	1,70	1,69
Витрати палива на основний обробіток, л/га	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	14,5	14,5	14,5

Таким чином, мінімалізація обробітку ґрунту під час вирощування просапних культур (соняшник, кукурудза) дає можливість суттєво скоротити витрати на паливно-енергетичні ресурси, зокрема в разі виконання чизелювання на 8,3 л/га, плоскорізного обробітку – 13,8–14,8 л/га; при цьому зростає прибуток та рівень рентабельності виробництва на 6–13 %. Внесення мінеральних добрив у помірних дозах (N₃₀₋₆₀P₃₀K₃₀) не окупалося економічно додатковим приростом урожаю зерна кукурудзи та насіння соняшнику, собівартість яких зростала відповідно на 127–132 та 161–279 грн/т.

9.2. Економічна ефективність сівозмін залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення

В умовах сучасного стану аграрного виробництва, крім важливого показника продуктивності сівозмін, важливо визначити доцільність використання сівозміни, тобто її економічну ефективність, а також застосування різних систем обробітку ґрунту та удобрення в них.

На підставі розрахованих економічних показників по культурах, для об'єктивнішої оцінки, нами була підрахована економічна ефективність вирощуваних культур у сівозмінах залежно від різних систем обробітку ґрунту та удобрення (табл. 66).

Встановлено, також, що за показниками економічної ефективності (умовний прибуток, рівень рентабельності) зерно-паро-просапна сівозміна з полем соняшнику практично у 2,2–2,4 раза перевищує зерно-парову сівозміну з полем ячменю ярого, що пояснюється вищими показниками продуктивності сівозміни в цілому за виходом зернових одиниць (на 0,64–0,88 т з.о. з одного гектара сівозмінної площі) та нижчими виробничими витратами на 109–146 грн/га у вирощуванні польових культур.

Використання полицевої системи обробітку ґрунту в трипільних сівозмінах призводило до зниження показників економічної ефективності порівняно з мілкою (безполицевою системою), незважаючи на вищі показники продуктивності саме за полицевого обробітку по виходу зернових одиниць на 0,01–0,05 в зерно-паро-просапній та 0,16–0,17 т/га сівозмінної площі в зерно-паровій.

66. Економічна ефективність систем обробітку ґрунту і удобрення в трипільних сівозмінах (середнє за 2005–2010 рр.)

Технологічна система		Одержано продукції, т/га з.о.	Вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівартість грн/т з.о.	Умовний прибуток, грн/га	Окупність витрат, грн/грн	Рівень рентабельності, %
обробітку ґрунту	удобрення							
Зерно-паро-просапна								
Полицева	рослинні рештки	3,63	5214	2985	822	2229	1,74	74
	рослинні рештки + N ₂₀ P ₁₀ K ₁₀	3,85	5538	3433	891	2105	1,61	61
Мілка (безполицева)	рослинні рештки	3,58	5143	2791	779	2352	1,84	84
	рослинні рештки + N ₂₀ P ₁₀ K ₁₀	3,84	5524	3248	845	2276	1,70	70
Зерно-парова								
Полицева	рослинні рештки	2,87	4123	3117	1086	1006	1,32	32,2
	рослинні рештки + N ₄₀	3,21	4618	3579	1114	1039	1,29	29,0
Мілка (безполицева)	рослинні рештки	2,70	3879	2903	1074	976	1,33	33,6
	рослинні рештки + N ₄₀	3,05	4387	3357	1100	1030	1,30	30,0

Так, за полицевої оранки виробничі витрати зростали на 185–194 в зерно-паро-просапній та 214–222 грн/га в зерно-паровій сівозмінах порівняно з мілким мульчувальним обробітком, що у свою чергу підвищувало собівартість зернової одиниці на 43–46 та 12–13 грн відповідно. Економічна тенденція, яка склалася в сівозмінах, визначала рівень рентабельності аграрного виробництва. Так, використання мілкого (безполицевого) обробітку підвищувало рівень рентабельності на 9–10% у зерно-паро-просапній та на 1,0–1,4% у зерно-паровій сівозмінах.

Використання системи мілкого мульчувального обробітку в п'ятипільній зерно-паро-просапній сівозміні протягом 2010–2013 рр. підвищувало економічні показники виробництва (табл. 67). Тут було отримано найнижчі показники виробничих витрат (2764–3860 грн/га) та собівартості однієї тонни зернових одиниць (897–1075 грн), що забезпечило зростання умовного чистого прибутку (3063–3188 грн./га) та рівня рентабельності (79–115%). Дещо поступалася мульчувальній диференційована система основного обробітку ґрунту. Збільшення виробничих витрат за щорічної оранки в сівозміні не окупалося відповідним приростом виходу зернових одиниць, що призводило до підвищення собівартості продукції та зменшення рівня рентабельності до 70–105 %.

67. Показники економічної ефективності систем обробітку ґрунту і удобрення в п'ятипільній сівозміні (середнє за 2010–2013 рр.)

Технологічна система		Одержано продукції, т/га з.о.	Вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівартість грн/т з.о	Умовний прибуток, грн/га	Окупність витрат, грн/грн	Рівень рентабельності, %
обробітку ґрунту	удобрення							
Полицева	Рослинні рештки	3,26	6288	3068	941	3220	2,05	105
	Рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,47	6703	3841	1107	2862	1,75	75
	Рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	3,62	7040	4135	1142	2905	1,70	70
Диференційована	Рослинні рештки	3,15	6085	2900	921	3185	2,09	110
	Рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,46	6710	3713	1073	2997	1,80	81
	Рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	3,64	7054	3990	1096	3064	1,77	77
Мульчувальна	Рослинні рештки	3,08	5952	2764	897	3188	2,15	115
	Рослинні рештки + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,37	6475	3560	1056	2915	1,82	82
	Рослинні рештки + N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	3,59	6923	3860	1075	3063	1,79	79

Поряд із підвищенням врожайності культур економічні показники суттєво погіршувалися, що можна пояснити високою вартістю застосованих мінеральних добрив та диспаритетом цін на промислову й сільськогосподарську продукцію.

На основі економічної оцінки можна зробити висновок, що запровадження мілких мульчувальних безполицевих систем основного обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах зменшує використання паливно-мастильних матеріалів, що в результаті знижує виробничі витрати на 185–304 грн/га, собівартість однієї зернової одиниці – на 43–67 грн/га та підвищує рівень рентабельності на 9–10 %.

9.3. Біоенергетична ефективність систем обробітку ґрунту

Вирощування польових культур та підвищення рівня їх продуктивності завжди супроводжується надто високими витратами енергії та коштів, тому запровадження менш енергоємних технологій неодмінно позначається на зменшенні собівартості сільськогосподарських культур і на позитивному зростанні рентабельності виробництва.

Найнадійнішим енергетичним узагальнюючим показником ефективності роботи в землеробстві та рослинництві є співвідношення кількості енергії, акумульованої в урожаї польових культур у процесі фотосинтезу, із сукупними її витратами, вкладеними у виробництво матеріалів та засобів (коефіцієнт енергетичної ефективності), які виражаються в порівняних одиницях (ккал, МДж) [457, 458].

Величина коефіцієнта енергетичної ефективності (K_{ee}) залежить від особливостей технології (кількість застосованих енергозасобів, машин, добрив, засобів захисту та ін.) вирощування культури та рівня її продуктивності.

У процесі вирощування польових культур відповідно до їх біологічних особливостей застосовують технології різного рівня інтенсивності, тобто використовують різні способи обробітку ґрунту, неоднакову кількість добрив, пестицидів і т. ін, що суттєво змінює загальні величини енерговитрат, навіть однієї культури. Наприклад, на вирощуванні парової пшениці озимої загальні витрати енергії були максимальними (12992–19261 МДж/га) і залежали від внесених добрив та обробітку ґрунту.

Максимальні витрати енергії під час вирощування пшениці озимої підтверджуються підсумовуванням енергетичних витрат у пару та посівах зернової культури. Проведення 4–5 культивацій пару протягом літнього періоду суттєво збільшувало енерговитрати. Але витрачена енергія в цілому компенсувалася врожаєм зернової культури (3,70–5,72 т/га сухої речовини) з валовим умістом енергії 70781–109424 МДж/га, про що свідчить високий показник енергетичного коефіцієнта – 5,4–6,0, тобто повернення енергії з отриманим урожаєм було в 5–6 разів вищим, аніж витраченої.

За результатами енергетичного аналізу було також встановлено, що використання полицевої оранки та помірних доз мінеральних добрив призводить до суттєвого зростання енергетичних витрат під культурами та в сівозмінах у цілому. Застосування системи полицевого обробітку спричинювало найвищі витрати енергії – від 1266–1554 МДж/га, залежно від глибини її виконання, а використання мілкового (безполицевого) обробітку суттєво знижувало енерговитрати у 2,5–3,2 раза (рис. 12). Мінеральні добрива також збільшували енергетичні витрати через значну свою енергоємність. Так, використання лише N_{60} у підживлення пшениці озимої та ячменю ярого підвищувало витрати енергії на 5208 МДж/га, а застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ під соняшник та кукурудзу – на 4635 МДж/га. У зв'язку з цим найвищі показники витрати енергії на одну тону сухої речовини врожаю відмічені в полі ячменю ярого 5533–8603 та соняшнику – 3693–6430 МДж/га, особливо на ділянках із внесенням мінеральних добрив та у варіантах полицевої оранки, де зазначені показники були максимальними.

У розрахунку біоенергетичної ефективності ми не враховували валовий вміст енергії в побічній продукції, оскільки вона використовувалась як органічне удобрення в сівозмінах. Валовий вміст енергії в основній продукції був досить високим, прямо пропорційно залежав від величини отриманого врожаю та розподілявся по культурах у такій послідовності: пшениця озима – 70781–109424, кукурудза – 73040–86768, ячмінь ярий – 33668–63320, соняшник – 39922–48256 МДж/га.

Показники валового вмісту енергії в основній продукції позитивно позначилися на коефіцієнті енергетичної ефективності (K_{ee}) – співвідношення отриманої енергії з урожаєм до витраченої на її виробництво), який був досить високим (2,2–7,4) за всіх систем обробітку ґрунту та удобрення. Зазначимо таку тенденцію: використання системи диференційованого та мілкового мульчувального (безполицевого) обробітку ґрунту дещо підвищувало показник

енергетичної ефективності порівняно з полицевою оранкою на 0,2–0,5 пункта. Внесені мінеральні добрива суттєво знижували К_ее через високу свою енергоємність на 1,4–1,9 пункта, або 24,0–31,3 %.

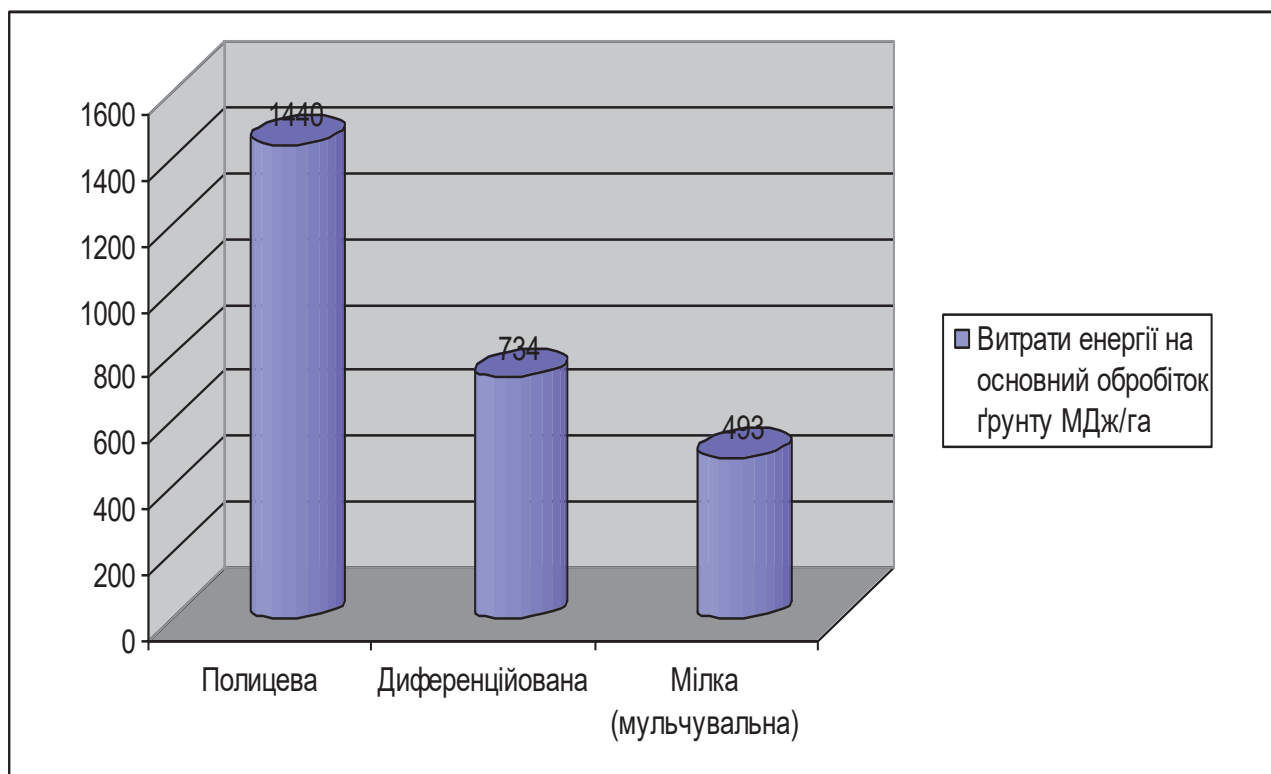


Рис. 12 Витрати енергії на основний обробіток ґрунту за 2005–2013 рр., МДж/га

Порівняльна характеристика систем основного обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах у середньому на один гектар сівозмінної площі показала тенденцію до підвищення К_ее за мілкої (безполицевої) системи порівняно з полицевою оранкою в зерно-паро-просапній сівозміні на 0,2–0,3 пункта більшим. Зі заміною соняшнику ячменем ярим у зерно-паровій сівозміні зазначена тенденція не була виявлена. К_ее тут був однаковим, знаходився у межах 3,0–3,6 і залежав від внесених мінеральних добрив, що підтверджується зниженням урожаю ячменю в цій сівозміні за мілкою (безполицевою) обробітку на 11 %, а відповідно і валового вмісту енергії в ньому на фоні підвищених енергетичних витрат, що неодмінно позначилося на зниженні К_ее в цьому полі та в сівозміні.

Енергетичні коефіцієнти різного рівня свідчать про існування об'єктивних передумов для їх значного підвищення. Здійснюватися це повинно як за рахунок підвищення продуктивності, енергоємності продукції польових

культур, так і за рахунок скорочення, економного витрачання енергоресурсів на їх вирощування.

Таким чином, застосування полицевої системи обробітку ґрунту та мінерального удобрення (особливо азотного), незважаючи на вищий рівень урожайності та енергоємності основної продукції порівняно з мілкою мульчувальною (безполицевою) системою, значно підвищує енерговитрати на обробіток ґрунту та мінеральні добрива (у 2,5–3,2 рази), що суттєво відбивається на зниженні енергоекономічної ефективності технології виробництва сільськогосподарської продукції. Для економії енергетичних витрат у землеробстві необхідно ширше використовувати альтернативні, нетрадиційні джерела поповнювальної енергії, прикладом яких можуть слугувати рослинні рештки як органічне добриво в поєднанні з помірними дозами мінеральних добрив та застосування мінімізованих систем обробітку ґрунту різної інтенсивності (диференційована, мілка, мульчувальна).

Проведення біоенергетичної оцінки дає можливість об'єктивно і більш глибоко визначити виробничу важливість окремих культур та сівозмін у цілому, роль систем обробітку ґрунту та удобрення в них, намітити шляхи більш економного використання енергетичних ресурсів, а також підвищити коефіцієнт окупності енергії в землеробстві.

РОЗДІЛ 10

РЕКОМЕНДАЦІЇ АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВУ ЩОДО ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬЧУВАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ В СТЕПУ

Однією з основних функцій мульчувального обробітку ґрунту на незрошуваних ерозійноподатливих землях є захист їх від дефляції і змиву, додаткове накопичення снігу та води, зниження втрат води на стік і випаровування. Ефективність захисного і вологозберігаючого механізмів стернового агрофону за тотожності інших умов залежить від кількості, фізичних властивостей, орієнтації, аеродинамічної жорсткості і висоти рослинних решток, а також потужності, пористості та однорідності мульчувального шару. Істотно знижує ерозію і втрати вологи рівномірне покриття 60–80 % площі поля рослинними рештками попередника, що в перерахунку на еквівалент зернових колосових становить близько 2–4 т/га.

Мульчування ґрунту рослинними рештками в Степу відіграє особливо важливу роль у вирощуванні просапних культур і утриманні чистого пару, який вважається найбільш уразливим полем сівозміни. Призупинити ерозію і деградацію чорноземів на рівнині та схилах можна шляхом переходу від чорних парів до ранніх, зважаючи на те, що останні цілком убезпечені від видування в зимово-весняний період, а стік талої води тут не викликає значних розмивів ґрунту.

Протидія раннього пару ерозії літніх злив зростає за наявності на поверхні понад 2,5 т/га рослинного субстрату, збереження якого досягається перенесенням на травень строків основного обробітку ґрунту і проведенням його безполицевими знаряддями на глибину розпушування 12–16 см, зменшенням кількості технологічних операцій, заміною культиваций боронуванням, застосуванням гербіцидів. Для мульчування в пару найбільш доцільні грубі рослинні рештки кукурудзи, сорго, суданської трави, соняшнику, які тривалий час не мінералізуються, частково загорнуті й перемішані з верхнім шаром ґрунту. У цьому випадку поверхня його стає шорсткою і краще вбирає воду, одночасно послаблюються процеси кіркоутворення, замулення і блокування пор (табл. 68).

68. Ефективність мульчування чистого пару на схилі крутістю 2,5° за зливи шаром 45 мм

Показник	Маса мульчі соняшнику, т/га	
	0	5
Стік води, мм	31,3	12,1
Інфільтрація води в ґрунт, мм	13,7	32,9
Змив ґрунту, т/га	31,6	4,6
Втрати NO ₃ , P ₂ O ₅ – всього, кг/га,	103,6	15,9
у тому числі з водою	5,6	2,9

Мульча, залишена в парі, створює передумови для закріплення азотних сполук мікробним комплексом, що здійснює розклад органічних речовин, гальмує процеси нітрифікації у першу половину літа, призупиняє надмірне залучення до кругообігу у поживних речовин, завдяки чому зменшуються їх втрати не тільки від водної та вітрової, але й від біологічної ерозії ґрунту. Під час вирощування просапних культур, які в Степу розміщуються переважно після стерньових попередників, найкраще захищені від руйнування взимку і рано весною агрофони, де планується проводити веснообробіток або пряму сівбу. Вони характеризуються підвищеною буферною, кольматуючою і утримуючою здатністю, що сприяє суттєвому зниженню швидкості повітряних потоків, перехопленню і акумуляції талої води.

Високий ступінь збереження і покриття поверхні рослинними рештками в цей період забезпечують зяблевий плоскорізний та чизельний обробітки ґрунту (табл. 69).

Позитивний вплив стерні на мікроклімат поля і розвиток стоково-ерозійних процесів здебільшого проявляється в умовах посиленої вітрової активності, в роки з наднормативною сумою твердих опадів, на пологих односкатних схилах, за відсутності улоговин.

На час сівби кукурудзи та соняшнику з використанням елементів традиційної технології (закриття вологи, дві допосівні культивації) кількість рослинних решток зменшується до критичної позначки 80–100 шт./м² (0,7–0,9 т/га), а проективність не перевищує 20–25 %. Такий агрофон втрачає

протиерозійну спроможність уже з випаданням дощу середньої інтенсивності шаром 25–30 см і за швидкості вітру 12–15 м/хв.

69. Збереження стерні і ступінь проективного покриття ґрунту рослинними рештками на різних агрофонах

Обробіток ґрунту	Рік	Рослинні рештки *				Ступінь проективного покриття ґрунту, %	
		т/га		%		1	2
		1**	2***	1	2		
Полицевий (20–22 см)	2011	0,3	0,1	5,7	1,9	9	2
	2012	0,4	0,2	5,8	2,9	12	7
	2013	0,1	0	2,9	0	3	0
	середнє	0,3	0,1	4,8	1,6	8	3
Чизельний (14–16 см)	2011	3,6	2,1	69,2	40,4	78	62
	2012	4,9	2,8	71,0	40,6	91	75
	2013	2,1	1,2	61,8	35,3	60	46
	середнє	3,5	2,0	67,3	38,8	76	61
Плоскорізний (12–14 см)	2011	3,7	2,2	71,2	42,3	82	66
	2012	5,3	3,2	76,8	46,4	94	84
	2013	2,3	1,4	67,6	41,1	63	50
	середнє	3,8	2,3	71,9	43,3	80	67
Дисковий (10–12 см)	2011	3,3	1,9	63,5	36,5	75	57
	2012	4,5	2,6	65,2	37,7	87	68
	2013	1,8	1,1	52,9	32,4	52	39
	середнє	3,2	1,8	60,5	35,5	71	55

Кількість залученої до біологічного кругообігу соломи: 2011 р. – 5,2 т/га; 2012 р. – 6,9 т/га; 2013 р. – 3,4 т/га; в середньому за 2011–2013 рр. – 5,1 т/га; 1 – після основного обробітку; 2*** – перед сівбою соняшнику.*

Підвищення вологозберігаючої і ґрунтозахисної ефективності мульчування на вирощуванні просапних культур досягається головним чином за рахунок залишення усієї або частини побічної продукції в межах поля, скорочення кількості механічних обробітків і застосування технічних засобів, які менше загортають рослинні рештки в ґрунт: комбінованих агрегатів, ґрунтообробно-посівних комплексів, сівалок прямої сівби.

Просапні культури на початку вегетації не можуть протистояти руйнівній дії злив та пилових бурь і більше за інші культури потребують проведення протиерозійних заходів. Найдієвішими факторами, що дозволяють цілком упередити або зменшити ерозію ґрунту до безпечного рівня, вважають оптимізацію структури агроландшафтів, зокрема, розміщення кукурудзи,

соняшнику, сорго на землях з ухилом до 1°; використання покривних (проміжних) захисних культур; застосування посівних систем на основі нульового обробітку ґрунту і мульчування.

На схилах до 5° ефективна протиерозійна технологія вирощування просапних культур (кукурудза, соняшник), базою якої є деблокуючий обробіток ріллі. Суть технології полягає в нарізуванні щілин у ґрунті під попередник і подвійному (восени та весною) розпакуванні їх шляхом смугового витіснення блокуючого верхнього шару із об'єму, що займають у гребені. При цьому формуються борозни, які спрямовують стікаючі талі та дощові води в щілини. Утворення системи борозен за зяблевого обробітку проводять важкими чизельними культиваторами типу Conser Till Plow, Horsch Tiger MT, Cultiplow Gold. Повторне (весняне) деблокування щілин здійснюють, підгортаючи рослини.

У ґрунтозахисному землеробстві в процесі вирощування просапних культур велику роль відіграють агроприйоми, що сприяють вбиранню опадів і забезпечують прискорене проективне покриття вегетуючими рослинами поверхні поля: використання сортів і гібридів зі швидким стартовим ростом, контурний посів, коригування строків сівби та норм висіву насіння, своєчасне розпушування міжрядь і окучування рослин.

Після рано зібраних попередників (зернові колосові, просо, гречка, соя, горох) ріллю від руйнування захищають шляхом вирощування в літньо–осінній період падаличної або сіяної пожнивної культури до певної фази розвитку, який припиняється дією десикантів чи морозу. У цьому випадку формується комбінований рослинно-стерньовий біологічний екран, тобто відбувається одночасне мульчування і залуження поля до сівби озимими або до початку весняно-польових робіт наступного року. Ґрунтозахисна роль агрофону обумовлюється сукупною дією розвиненої кореневої системи проміжної культури, яка оструктурює і скріплює ґрунт та надземну частину вегетуючих або відмерлих рослин, що гасять енергію дощу та вітру.

Із апробованих в Інституті сільського господарства степової зони покривних культур, придатних для захисту ґрунтів від ерозії, кращим виявився овес, коренева система якого дуже розгалужена і за рахунок великої зони вбирання майже повністю охоплює верхні шари ґрунту. Він слабо реагує на ступінь еродованості чорноземів, швидко розвивається, не уражується кореневими гнилями, добре пригнічує бур'яни. Для суцільного екранування полів використовують також пшеницю озиму, жито, горох, ярі зернові

культури, які не конкурують з основною культурою за воду та поживні речовини, їх вирощують з мінімальними затратами праці, часу та коштів.

Вимогам землеробства Степу найбільш повно відповідає система диференційованого за способами мульчувального різноглибинного обробітку ґрунту в сівозмінах. Вона має бути адаптованою до зональних умов, динамічною, енерго- і вологозбережною, природоохоронною та враховувати фітосанітарний стан полів і потенціал культур, забезпечувати підвищення родючості і продуктивності ріллі.

Глибокий (25–30 см) обробіток особливого значення набуває на важких за гранулометричним складом, солонцюватих, безструктурних і схильних до переущільнення ґрунтах. Позитивно реагують на глибоке розпушування просапні культури (коренеплоди, кукурудза), багаторічні трави і зернобобові. Доцільність глибокого обробітку визначається також необхідністю знищення коренепаросткових бур'янів, загортання органічних добрив і побічної продукції, що залишається на полі. Тривалість його післядії в сівозміні зростає на добре гумусованих чорноземах і знижується з використанням важкої техніки.

Мілкий (8–16 см) і поверхневий (6–8 см) обробітки ґрунту доцільно проводити під пшеницю озиму, ярі зернові колосові на окультурених рівнинних полях, а також на ґрунтах легкого та середнього гранулометричного складу, які добре насичені карбонатами, на чорноземах з високим (понад 40 %) умістом водотривких агрегатів. Ефективність мінімального обробітку підвищується за неглибокого залягання ґрунтових вод (1,0–2,5 м) і наявності в сівозміні багаторічних бобових трав.

Нульовий обробіток перспективний за достатнього зволоження на родючих ґрунтах (уміст гумусу понад 4 %) після кукурудзи, соняшнику, сорго, буряків під ранні ярі, у разі вирощування пшениці озимої по непарових попередниках, а також пожнивних і поукісних культур. Сівалки прямої сівби якісно працюють на мілко та поверхнево оброблених агрофонах.

10.1. Обробіток ґрунту під озимі культури

Чисті пари. За належної підготовки чистий пар прирівнюється до зрошення, гарантує одержання 6–8 т/га зерна пшениці озимої високої якості і позитивно впливає на ріст і розвиток наступних культур. При цьому чистий пар

залишається найбільш уразливим полем сівозміни, де надзвичайно важко призупинити ерозію ґрунту.

Із апробованих знарядь для ґрунтозахисного основного обробітку чорного пару найкращими є важкі чизельні культиватори з робочими органами напівгвинтового типу, що забезпечують високу протиерозійну ефективність і якісне загортання добрив.

Мілкий обробіток чорного пару важкими дисковими боронами та комбінованими агрегатами застосовують переважно на полях із рівнинним рельєфом, на насичених кальцієм високогумусованих ґрунтах, які добре вбирають воду (табл. 70).

70. Ефективність мульчувального обробітку ґрунту за вирощування пшениці озимої по чистому пару (середнє за 2011–2015 рр.)

Показник	Обробіток ґрунту		
	полицевий (25–27 см)	дисковий мульчувальний (10–12 см)	плоскорізний мульчувальний (12–14 см) – ранній пар
Уміст пилюватих фракцій (<0,25 мм) у шарі ґрунту 0–10 см, %	6,6	5,0	3,3
Уміст агрономічно цінних агрегатів (10–0,25 мм) у шарі ґрунту 0–30 см, %	85,3	86,1	88,5
Щільність будови ґрунту (шар 0–30 см), г/см ³	1,14	1,23	1,19
Твердість ґрунту на глибині 10 см, кг/см ²	13,6	15,2	17,6
Запаси продуктивної вологи в ґрунті (весна, шар 0–150 см), мм: - чистий пар	156,7	167,8	174,4
- відновлення вегетації рослин	200,3	203,2	206,9
Урожайність зерна озимої пшениці, т/га	5,50	5,60	5,52

Радикальним заходом протидії руйнуванню і деградації ґрунтів є запровадження раннього пару. За кількістю акумульованої вологи в холодний період року необроблений з осені агрофон (ранній пар) не поступається чорному, однак не піддається ерозії навіть за критичних швидкостей вітру і води, що стікає. За підвищеної буферної, утримуючої і кольматуючої здатності змив ґрунту за межі поля тут дорівнював 1,6–4,1 т/га, що в 5–11 разів менше, ніж на оранці (18,3 т/га).

Технологія основного обробітку раннього пару після соняшнику, кукурудзи, суданки, сорго базується на повному виключенні зябу, фоновому дискуванні на початку весняних польових робіт і наступному (через 3–4 тижні) розпушуванні ґрунту пара-плугами, важкими чизельними або протиерозійними культиваторами на глибину до 16–18 см залежно від рельєфу, погодних умов, маси рослинних решток і забур'яненості поля.

За високого стокоскидного навантаження технологічна схема підготовки раннього пару може включати пізньоосіннє щільювання ґрунту за стрічковою схемою 2×140 см, через 4–6 метрів.

Для покращання фітосанітарного стану посівів озимини запровадження раннього пару після стерньових попередників передбачає суцільне екранування поверхні ґрунту рослинами пожнивної (проміжної) культури або внесення гербіцидів тотальної дії у післяжнивний період.

Догляд за чистим паром. Ґрунтується на засадах агроекологічної і економічної доцільності, при цьому в першу половину літа перевагу слід надавати заходам, які спрямовані на очищення пару від бур'янів, а у другу – зосередити увагу на попередженні надмірних втрат ґрунтової вологи.

Дослідження показали, що боронування зябу рано весною не є обов'язковим у системі догляду за паром. За п'ятирічний період спостережень різниця у втратах вологи на заборонованих і нерозпушених фонах в орному шарі після місячної експозиції не перевищувала 3 мм, тобто була несуттєвою. До негативних сторін агроприйому зараховують гальмування проростання ранніх ярих дикорослих рослин, зокрема амброзії полинолистої, вірогідність надмірного ущільнення вологого ґрунту, додаткові витрати палива і коштів.

Основними критеріями, що визначають початок обробітку ґрунту, є фаза розвитку і певна висота найбільш поширених бур'янів–індикаторів (осот рожевий, падалиця соняшнику, амброзія полинолиста, злинка канадська, кучерявець Софії). Культивація доцільна тоді, коли однорічні бур'яни досягають висоти 10–15 см, а в осоту відмічається фаза добре розвиненої розетки, що має місце через 3–4 тижні від початку польових робіт. У більшості регіонів Степу за ранньої весни перша культивація пару орієнтовно припадає на кінець квітня, за середніх строків її настання – на початок травня, за пізніх – на середину травня.

За однакових погодних умов у весняний період раніше обробляються пари після соняшнику, порівняно із парами після стерньових попередників. Це пояснюється присутністю тут більшої кількості злісних бур'янів і падалиці

соняшнику, що відрізняються швидким ростом і формуванням потужної вегетативної маси.

Важливо не втратити відповідний час для обробітку парів з наявністю великої кількості рослинних решток кукурудзи та сорго, особливо за нерівномірного розподілу їх по поверхні поля. Факторами ризику на таких полях можуть бути нерівномірність прогрівання ґрунту і різні строки появи сходів бур'янів, ускладнення боротьби з ними в результаті зниження якості польових робіт.

В усіх випадках перша мілка (8–10 см) культивация пару менш ефективна, ніж глибока (12–14 см), за якої знищуються багаторічні бур'яни, не створюється ущільнений прошарок, ґрунт краще протистоїть ерозії і добре вбирає вологу. З тестованих ґрунтообробних знарядь під час першого глибокого обробітку на безполицевих фонах перевагу мають протиерозійні культиватори КПЕ-3,8; КПЕ-6Н та комбіновані агрегати типу КР-4,5; АКШ-5,6, обладнані плоскорізальними лапами та ротаційними дисковими приставками, на полицевих – культиватори зі стрільчастими лапами (КПС-4; КБМ-10,8ПС, Case Tiger-mate II).

В умовах Степу технологічні схеми догляду за чистими парами повинні ґрунтуватися на мінімалізації кількості операцій, застосуванні гербіцидів тотальної дії за критичного рівня забур'яненості поля, пошарових культивациях (від 10–14 см у травні і до 6–8 см у серпні), боронуванні після дощів і масового проростання бур'янів. За оптимально допустимої товщини 6–8 см верхнього розпушеного ізолюючого шару ґрунту перед сівбою – на чорноземах звичайних достатня кількість вологи для одержання своєчасних і повних сходів озимини забезпечується навіть за відсутності опадів протягом 30 днів.

Для поверхневого обробітку парів застосовують культиватори, обладнані робочими органами плоскорізального типу, які запобігають надмірному руйнуванню мульчі та перемішуванню сухих і зволжених шарів ґрунту, зберігають вологу на глибині загортання насіння. На безполицевих фонах ефективно використання пружинних борін Флексі-Койл, ЗБР-24. Щоб уникнути переущільнення орного шару, особливо навесні, роботи по догляду за паром мають виконувати переважно широкозахватні знаряддя в агрегаті з гусеничними або колісними тракторами, що обладнані радіальними чи спареними шинами з низьким питомим тиском на ґрунт.

Стримати розвиток ерозійних процесів і покращити водний режим ґрунту можливо запровадженням так званих “зелених” парів. Утримання їх передбачає вирощування проміжної культури (гірчиця, ріпак, вико-вівсяна або горохово-вівсяна сумішки), припинення вегетації рослин у червні за допомогою

гербіцидів і збереження захисного екрана в непорушеному стані до сівби озимої пшениці, яку краще здійснювати ґрунтообробно-посівними агрегатами чи сівалками прямої сівби.

Зайняті пари. Враховуючи відмінності парозаймаючих культур, специфіку рельєфу і клімату Степу, система обробітку зайнятих парів підпорядковується вирішенню двох основних завдань: створенню ерозійно-стійкої поверхні поля у післязбиральний період і передумов для гарантованого отримання повноцінних сходів озимих культур.

Вирішальне значення в підготовці зайнятого пару (після озимих, зернових сумішок, кукурудзи на зелений корм) має своєчасність, послідовність і регламентованість проведення технологічних операцій: негайне луцення стерні дисковими боронами на 8–10 см, обробіток комбінованими машинами типу КР-4,5; КРГ-5; АКШ-5,6 на 10–12 см, розпушування ґрунту паровими культиваторами на глибину загортання насіння.

Багаторічні трави. Підготовка поля під пшеницю озиму після багаторічних трав на основі полицевої оранки в посушливі роки призводить до надмірної брилуватості ґрунту, що зумовлює значні втрати вологи, гальмування мікробіологічних процесів, погіршення якості посівних робіт.

Ресурсо- та вологозбережна технологія обробітку ґрунту після багаторічних трав передбачають фонове дискування важкими боронами БДП-6,3, Carrier XL на глибину 6–8 см з подальшим (з розривом у часі 2–3 дні) мілким (10–14 см) розпушуванням комбінованими агрегатами КР-4,5; АКШ-5,6. За дотримання агротехнічних норм така схема обробітку виключає можливість відростання трав, гарантує збереження залишкової вологи і накопичення її за рахунок літніх опадів.

Горох. Щільність будови орного шару ґрунту на час збирання зернобобової культури в більшості випадків перевищує оптимально допустимий показник $1,30 \text{ г/см}^3$, що унеможлиблює якісну оранку поля. Тому після гороху за наявності достатніх запасів вологи обробіток ґрунту здійснюють дисковими боронами типу БД-10 на 8–10 см, у разі зневоднення його – важкими двослідними боронами ДМТ-6 "Деметра", БГР-4,2 "Солоха", обладнаними вирізними та сферичними дисками. У подальшому формування оптимальних агрофізичних параметрів посівного шару, знищення бур'янів та падалиці досягається шляхом проведення культивацій та боронування.

Стерньові попередники. У несприятливі роки зернові колосові культури виснажують ґрунт, створюючи передумови ураження посівів озимої пшениці спільними збудниками хвороб: хлібною жужелицею і пильщиком.

Після стерньових культур за достатньої зволоженості ґрунту проводять безполицевий обробіток на глибину 18–20 см пара-плугами в агрегаті з голчастими боронами і подальшим доглядом по типу чорного пару. У посушливі роки проводять мілкий (на 10–12 см) обробіток тандемними боронами типу "Містраль", БГР-4,2 "Солоха" з обов'язковим дотриманням вимоги – збирати попередник на низькому зрізі і рівномірно розподіляти соломку по полю. Економію ресурсів і високу якість розпушування ґрунту забезпечують універсальні комбіновані агрегати АКП-5; КШН-5,6 "Резидент", "Смарагд", "Карат".

Кукурудза на силос. Розміщуючи озимину після кукурудзи на силос, важливо враховувати, що відомі типи лапових, лемішних та плоскорізальних знарядь безпосередньо не забезпечують створення відповідного посівного шару, придатного для загортання насіння.

На ґрунтах важкого та середнього гранулометричного складу (переважно на рівнині) найкращі якісні показники роботи забезпечує технологія, за якою в день збирання врожаю проводять мульчувальний обробіток дисковою бороною БД-10 або ДМТ-6 "Деметра" на глибину 6–8 см з подальшою культивацією КПС-4; КБМ-9,6ПС-4Д, Case Tiger-mate II, Lemken Smaragd.

На схилах крутістю до 3° після силосної кукурудзи перспективним є вузькосмуговий чизельний обробіток на 6–16 см комбінованими агрегатами АРП-3,6, Мультитіллер М-400, Challenger-4000. Такий обробіток гарантує високий рівень ерозійної безпеки і за відсутності можливості отримання сходів озимої пшениці поле без додаткового розпушування залишається під ярі культури.

Соняшник. Підготовку площ під озимину після соняшнику здійснюють за схемою, що включає подрібнення рослинних решток і часткове загортання їх у ґрунт важкими дисковими боронами (БДВ-7; БДП-6,3, "Антарес") та передпосівну культивацію на 6–8 см для вирівнювання поверхні поля.

Високу якість обробітку ґрунту і сівби за один прохід забезпечують ґрунтообробно-посівні роторні комплекси типу Amazone RP-AD 602, які створюють дрібногрудкувату будову верхнього шару, що сприяє одержанню своєчасних і дружних сходів та формуванню посівів озимих культур з високою біологічною конкурентоспроможністю до бур'янів.

10.2. Обробіток ґрунту під ярі культури

У Степу природна вологозарядка чорноземів відбувається, головним чином, за рахунок опадів осінньо-зимового періоду. Недостатній рівень засвоєння їх (30–40 %) значною мірою зумовлений неякісним основним обробітком ґрунту, зокрема його надмірною брилуватістю, що посилює процеси випаровування, видування та вимерзання вологи. Вірогідність утворення брилуватої поверхні суттєво зростає за проведення глибокого зяблевого обробітку без попереднього луцення стерні, особливо на переущільнених важкими машинами полях і в умовах посухи.

Луцення стерні. Своєчасне луцення полегшує оранку і поліпшує її якість, запобігає забур'яненості й висушуванню ґрунту. Руйнуючи ґрунтову кірку, луцення покращує умови життєдіяльності мікроорганізмів і прискорює розкладання рослинних решток.

Луцення сприяє знищенню падалиці, завдяки чому гинуть стеблові шкідники й збудники хвороб рослин, життєвий цикл яких пов'язаний з верхнім шаром ґрунту або стернею (кореневі гнилі, іржа, борошниста роса). Проведений впоперек схилу агроприєм збільшує вбирання води ґрунтом та забезпечує широкий вибір строків і способів основного обробітку на зяб.

Агротехнічним вимогам луцення стерні після зернових колосових на еродованих землях краще відповідають важкі протиерозійні культиватори (КПЕ-3,8; КПП-3,9; КПЕ-6Н; КТК-8; КТС-10). Вони забезпечують повне підрізування багаторічних бур'янів і залишають незагорнутими 60–70 % рослинних решток, які мульчують ґрунт і в 3–5 разів знижують еродуючу силу дощу та запобігають утворенню кірки. Унаслідок цього зменшуються небезпека змиву ґрунту і втрата води від стоку.

Глибина і кількість лущень залежать від забур'яненості поля. У разі засміченості переважно однорічними бур'янами ґрунт обробляють дисковими лущильниками на глибину 6–8 см. На полях, де багато осоту та інших коренепаросткових бур'янів, є ефективним дворазове різноглибинне луцення: перший раз на 6–8 см дисковими знаряддями, другий на глибину 10–12 см культиваторами-плоскорізами та комбінованими агрегатами з плоскорізальними робочими органами КР-4,5; АКШ-5,6. Завдяки незначній ширині захвату лап, оптимальному куту злому та оснащенню голчастими або ротаційними пристроями, вони забезпечують якісне підрізування багаторічників і розпушування поверхні ґрунту. На дуже засмічених полях з

метою економії палива повторні лушення стерні доцільно замінити внесенням гербіцидів групи 2,4 Д або раундапу.

Після стерньових попередників, коли вся солома залишається на полі, та після просапних високостеблових (кукурудза, сорго, соняшник) культур, рослинні рештки яких тривало мінералізуються в ґрунті, більш якісне лушення отримують у разі застосування тандемних дискових борін типу БДН-2400 "Паллада", "Містраль" чи ДМТ-6 "Деметра". Вони особливо ефективні на переущільнених сухих ґрунтах.

Основний обробіток ґрунту на зяб.

Безполицевий обробіток виконують без обертання орного шару з метою розпушування ґрунту і підрізування бур'янів плугами, обладнаними корпусами для безполицевого розпушення ПРН-31000, або парапругами типу "Параплау", ПРПВ-5-50. Ці знаряддя відрізняються від плоскорізальних більш вузькими робочими органами, коротшими і крутіше постановленими лемешами. Вони інтенсивніше кришать скибу, частково сепарують розпорошений верхній шар, рівномірно мульчують поверхню ґрунту рослинними рештками.

У контексті вологозбереження і протиерозійної агротехніки безполицевий обробіток найбільш придатний на полях після стерньових культур, де завдяки вирівняній поверхні ґрунту існує можливість виключити весняне боронування і проміжну культивуацію з технологічної схеми вирощування кукурудзи та соняшнику. В системі ґрунтозахисних технологій на фоні дискування він доцільний після соняшнику під ранні зернові колосові.

Перевага безполицевого обробітку порівняно з оранкою простежується у збереженні вологи в роки з малою кількістю опадів в осінньо-зимовий період і активним вітровим режимом навесні. Особливо він ефективний у поліпшенні фізико-хімічних властивостей підорного шару середньо- і сильнозмитих ґрунтів, при окультуренні солонців. Придатний для тривалого застосування в польових сівозмінах.

Одним із видів безполицевого обробітку є розпушування ґрунту на глибину від 10 до 30 см плоскорізними знаряддями різних типів (ОПТ-3-5; КР-4,5; АКШ-5,6; КПШ-5 „Доломіт”), із застосуванням яких на поверхні ґрунту зберігається більше половини рослинних решток попередньої культури. Висока ефективність плоскорізного обробітку проявляється на чорноземах з легким та середнім гранулометричним складом і на полях, які зазнають впливу ерозійних процесів.

Плоскорізні знаряддя недоцільно застосовувати після кукурудзи на зерно, сорго, що відводяться під ярі зернові і повторні посіви, а також на переущільнених і сухих ґрунтах. У цьому випадку спостерігається незадовільне кришення скиби, накопичення на поверхні ґрунту пилу, зниження інфільтрації води. Посилення стоку води під час весняного сніготанення на схилах часто зумовлюється негативним впливом “глянцевого” дна борозни, яке утворюється внаслідок ковзаючого руху плоскорізальних лап у ґрунті з обробітком його восени за підвищеної вологості.

Чизельний обробіток виконується фронтальними чизельними плугами різних модифікацій (ПЧ-2,5; ПЧ-4,5; ПЧ-6; ПЧ-10.01; АЧП-3; ПКЧ-(4+1)-50М; Chip; STF-5-250 та ін.) або чизельними культиваторами Conser Till Plow, Horsch Tiger MT, Cultiplow Gold у режимі недорізування скиби по ширині захвату знаряддя.

Для мульчувального обробітку ґрунту найефективнішими є важкі дисково-чизельні культиватори типу Conser Till Plow, які в єдиному технологічному циклі без попереднього лушення стерні здійснюють суцільне (на 8–10 см) і локальне вузькосмугове (через 45 см на глибину до 30 см) розпушування скиби з утворенням внутрішньоґрунтової та поверхневої гофрованості агрофону.

Такий обробіток, завдяки строкатості нанорельєфу, наявності рослинних решток і стрічковому розущільненню ґрунту, істотно уповільнює ерозійно-міграційні процеси на рівнинних полях і схилах. Незалежно від попередника (стерньовий, просапний) дефляція на цих агрофонах у 5–10 разів нижча за допустиму (120 г/м^2) межу для чорнозему.

Стік води в процесі сніготанення на схилах крутістю до 3° , навіть у роки з великою кількістю опадів, не перевищує 12 мм, а змив ґрунту – 3,2 т/га. У поєднанні з меншою глибиною промерзання і швидким відтаванням ґрунту весною чизельний обробіток забезпечує додаткове накопичення 190–230 м³/га продуктивної вологи, яка зосереджена переважно в нижній частині коренеактивного шару, що має важливе значення для посушливих умов Степу.

Застосування чизельного обробітку на якісно новому рівні вирішує одну з найбільш складних проблем ґрунтозахисного землеробства – підвищення ефективності органічних і мінеральних добрив. За рахунок сепарації і перемішування вони локалізуються на глибині 10–20 см, що дає змогу збагатити елементами живлення зону максимального розміщення кореневої

системи і шари ґрунту з більш сталим зволоженням, а також зменшити втрати поживних речовин від ерозії і денітрифікації.

Чизельний стрічковий обробіток позитивно впливає на основні режими і властивості чорноземів, підвищує функціональні можливості ґрунтів протягом тривалого часу, вважається заходом пролонгованої дії і рекомендується для застосування в технологічних схемах вирощування більшості польових культур. Особливо ефективним він є під кукурудзу та соняшник, які вирощують за інтенсивною технологією, під чорний пар на схилах, для зниження щільності і окультурення підорного шару змитих ґрунтів.

Універсальність, висока мобільність і широкозахватність чизельних знарядь забезпечують, порівняно з плоскорізним обробітком, підвищення продуктивності праці, економію палива (5–7 л/га) і коштів (20–32 %).

Водночас чизелювання знижує врожайність ранніх ярих зернових колосових культур, особливо в посушливі роки, на збіднених агрофонах і за наявності великої кількості рослинних решток. Передумовою підвищення ефективності чизельного обробітку під час вирощування ярого ячменю і вівса є покращання фітосанітарного стану посівів, усунення строкатості в родючості та посилення біологічної активності ґрунту шляхом закриття вологи весною пружинними боронами БП-8, БГП-8, БП-24, внесення добрив, підбору попередників, листостеблові рештки яких добре подрібнюються і розчиняються в ґрунті, насичені макроелементами і мають порівняно низьке співвідношення N:C. (табл. 71).

71. Урожайність соняшнику та ячменю ярого за різних способів основного обробітку ґрунту (середнє 2011–2015 рр.), т/га*

Обробіток ґрунту	Удобрення	Соняшник	Ячмінь ярий
Полицевий (20–22 см)	Без добрив	2,35	2,69
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,51	3,12
	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	2,64	3,35
Чизельний (14–16 см)	Без добрив	2,28	2,35
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,57	2,92
	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	2,72	3,32

* Попередник соняшнику – пшениця озима, попередник ячменю ярого – соняшник.

Мілкий обробіток ґрунту. Стрімкий розвиток енергозберігаючих агротехнологій, зумовлений економічними і енергетичними чинниками та обмеженими трудовими ресурсами, спонукав до широкого застосування у

виробничих умовах мілкою обробіткою ґрунту, який виявився найбільш прийнятним у вирощуванні ранніх зернових колосових після просапних (кукурудза, соняшник, цукрові буряки) на добре окультурених полях.

Водночас, як свідчать результати наукових досліджень і практичний досвід, ефективність його знижується на засолених каштанових ґрунтах і важких за гранулометричним складом чорноземах з малим умістом гумусу, а також на схилах крутизною понад 2°. Неглибоко розпушений еродований ґрунт швидко ущільнюється і запливає, разом з тим він не здатний акумулювати вологу опадів і піднятий водою з дна борозни може змиватись на всю глибину обробіткою.

За мілкою обробіткою погіршується фітосанітарний стан посівів, зростають обсяги застосування пестицидів, виникає проблема економічної доцільності та екологічної безпеки виробництва. Мілкий обробіток на зяб часто стає причиною нестійкого водного режиму ґрунту.

Стійка тенденція до зниження врожайності ранніх ярих зернових колосових культур за мілкою зяблевою безполицевою обробіткою спостерігається на полях з великою кількістю (понад 5 т/га) неламких рослинних решток попередника. На цьому агрофоні істотно погіршується якість передпосівної культивування і сівби зернотуковими сівалками СЗ-3,6 А; СЗ-5,4 з дисковими сошниками.

Ризики, пов'язані зі загортанням усієї побічної продукції сільськогосподарських культур безпосередньо у верхній шар ґрунту, частково нівелюються з використанням спеціальних подрібнювачів листостеблової маси та ґрунтообробно-посівних комплексів типу Amazone RP-AD 602, Horsch – Агро-Союз або сівалок прямого висіву Great Plains, SDM-2225, Kinze, MF-8108, які якісно готують насінневе ложе, рівномірно (за площею і глибиною) загортають насіння у вологий ґрунт, що дає можливість отримати повноцінні сходи.

Нульовий обробіток ґрунту. Радикальне вирішення проблеми збереження енергоресурсів і ґрунтів передбачає запровадження в аграрне виробництво нульових технологій вирощування польових культур, що базуються на повній відмові від суцільного обробіткою скиби за винятком операції з підготовки насінневого ложа.

Дослідження наукових закладів Степу свідчать про те, що ефективність нульового обробіткою визначається, перш за все, ґрунтово-кліматичними умовами, тривалістю застосування, толерантністю культур. До його основних

переваг належать висока протиерозійна сталість і мінімальні витрати палива та праці, до недоліків – значна залежність від хімікатів і цін на засоби виробництва.

На фоні традиційної системи обробітку одноразова пряма сівба дещо змінює водно-фізичні властивості ґрунту, однак діапазон показників коливається в межах біологічних оптимумів і не викликає негативної реакції культури. Можливості чорнозему відновлювати оптимальні параметри суттєво послаблюються у випадках тривалого застосування нульового обробітку і тоді, коли кількість опадів не забезпечує нормального розвитку рослин.

У гостропосушливі роки на важких за гранулометричним складом відмінах (уміст фізичної глини понад 50 %) необроблений ґрунт переущільнюється у травні–червні до критичного рівня, тут пізніше і за меншої абсолютної величини, ніж по зябу, настає розрив капілярних зв'язків, що призводить до суттєвого збільшення (на 12–41 мм) непродуктивних втрат ґрунтової вологи, унаслідок чого у спекотну погоду на нульових зневоднених агрофонах важко отримати дружні сходи пізніх ярих культур.

Ризики, пов'язані з прямою сівбою, зростають за присутності багаторічних бур'янів, на солонцях, меліорованих землях сухого Степу, із залишенням на полі великої кількості грубих рослинних решток.

Вирощуючи сільськогосподарські культури за технологією No-till, важливо враховувати принципові технічні відмінності спеціальних сівалок для прямої сівби, обладнаних дисковими (Great Plains, SDM-2225, Kinze, MF-8108) або кільовидними (культиваторними) сошниками різних модифікацій (АТD-9.35, СТС-6). До основних переваг дискових сівалок потрібно віднести майже повне збереження стерні на поверхні поля за рахунок вузькосмугового (2–4 см) обробітку в зоні рядка та низьку вірогідність забивання рослинними рештками, до недоліків – необхідність включення в комплектувальну схему потужних дискових ножів (култерів). Сівалки типу АТD-9.35 (Horsch -Агро-Союз) ефективніше знищують бур'яни, однак потребують ретельного подрібнення і рівномірного розподілу листостеблової маси попередника.

Із використанням усіх типів сівалок належну увагу звертають на якість роботи култера (кращим вважається зазубрений диск або диск із хвилястим краєм) і прикочуючого котка, який має забезпечити добрий контакт насіння з ґрунтом за оптимальної будови наднасінневого прошарку. Надмірне зусилля, що припадає на прикочуючий коток, особливо під час сівби просапних на

важкому вологому ґрунті, зумовлює його переущільнення в зоні висівної щілини, що ослаблює паростки і затримує сходи.

10.3. Передпосівний вологозберігаючий обробіток ґрунту

Створення надійного протиерозійного та вологозберігаючого агрофону в довисівний період досягається шляхом мінімізації обробітку ґрунту за рахунок виключення окремих робіт, зменшення глибини розпушування, суміщення технологічних операцій, застосування широкозахватних і комбінованих агрегатів.

На вирівняних полях після стерньових попередників, оброблених з осені важкими дисковими боронами або безполицевими знаряддями, проводити ранньовесняне боронування недоцільно. Вирощуючи ранні ярі зернові колосові та зернобобові культури на таких площах, бажано використовувати комбіновані машини типу СТС-6, Great Plains, АТД-9.35, Сіріус-10, які за один прохід виконують підготовку насінневого ложа, сівбу та внесення добрив, але зберігають щільний мульчувальний екран, менше розпорошують і висушують ґрунт.

На брилуватому зябу, за якого переважає конвекційно-дифузний механізм втрат вологи, її закривають у перші дні весняно-польових робіт важкими зубовими або пружинними боронами БП-8, БП-24, Flexi-Coil, СТ-15. Незаймані поля після соняшнику та кукурудзи, де відбувається капілярне випаровування вологи, доцільніше обробляти дисковими луцильниками ЛДГ-10 Б, ЛДГ-15 або універсальним дисковим агрегатом "РУБІН".

Досліди наукових установ Степу свідчать про те, що за високої культури землеробства і поліпшеного основного обробітку на чорноземах під кукурудзу та соняшник можна обмежитись однією передпосівною культивуацією ґрунту. Крім економічного зиску, це дозволяє зберегти вологу і стримати розвиток ерозійних процесів.

У системі весняного обробітку перспективним є застосування фрезерних культиваторів та роторних ґрунтообробно-висівних комплексів активної дії, які надійно працюють на перезволожених фонах, добре подрібнюють рослинні рештки і забезпечують сівбу ячменю ярого, вівса, гороху в надранні строки, що в подальшому істотно зменшує негативний вплив посушливих умов на рослини.

Надмірно глибокий довисівний обробіток під ярі і озимі культури збільшує шпаруватість ґрунту, що посилює його висушування, особливо за спекотної вітряної погоди. Тому глибина передвисівної культивуації в усіх випадках повинна відповідати глибині загортання насіння. Порушення цієї агровимоги призводить до зависання зерна в напівсухому прошарку ґрунту і зрідженості сходів. Істотно знижує втрати вологи в цей час рівномірне покриття поверхні поля рослинними рештками попередника, а також оптимізація агрофізичних параметрів посівного шару ґрунту.

10.4. Використання побічної продукції рослинництва

Оцінити стан та встановити напрям еволюційних змін родючості чорноземів Степу дозволяє порівняння цілинних і орних земель. Наприклад, на території Ерастівської дослідної станції Інституту сільського господарства степової зони НААН України (П'ятихатський район Дніпропетровської області) найбільш суттєві зміни вмісту гумусу спостерігали у шарі 0–30 см (6,15 % на цілині при 4,24 % на ріллі). Далі по профілю вона поступово звужується і вже в шарах ґрунту від 30–40 см до 90–100 см коливається в межах 0,35–0,18 % з перевагою цілинної ділянки. Потужність гумусованого профілю ґрунтів цілинної ділянки наближається до 70–80 см, а на ріллі – до 60–70 см.

У сучасних умовах за відсутності достатньої кількості гною для підвищення родючості ґрунтів застосовують побічну продукцію рослинництва. Обсяги виробництва її в Україні сягають 80–100 млн. тонн на рік. Основна частка цієї продукції (понад 50 %) – солома зернових колосових та зернобобових культур.

Результати наукових досліджень і практичний досвід застосування не зернової частини врожаю доводять, що використання соломи є ефективним засобом підтримання бездефіцитного балансу гумусу і поживних елементів, додатковим джерелом органічних добрив. У зв'язку з цим значна частина її має повертатися до біологічного кругообігу.

Солома містить майже 15 % води і приблизно на 80 % відсотків складається з органічної речовини. Целюлоза, пентозани, геміцелюлоза і лігнін слугують енергетичними матеріалами для мікроорганізмів ґрунту, а продукти їх деструкції – будівельним матеріалом для лабільного гумусу. Хімічний склад соломи суттєво змінюється залежно від властивостей ґрунту, агротехнічних заходів і погодних умов. У середньому солома містить 0,5 % азоту, 0,25 –

фосфорного ангідриду, 0,8 – окису калію і 35–40 % органічного вуглецю. Із одною тонною рослинного субстрату на 1 га ґрунту може надійти 5 кг азоту; 2,5 кг фосфору; 8 кг калію; 8–9 г бору; 1–3 г міді; 6–14 г марганцю; 0,5 г молібдену, 3–13 г цинку і 0,3–1,0 г кобальту. За гумусовим еквівалентом одна тонна соломи замінює 2,5–3,0 т підстилкового гною.

Під час розкладання соломи, у зв'язку з відносно низьким умістом у ній азоту, процеси мінералізації істотно переважають над процесами гуміфікації. Із наявної в ґрунті свіжої органічної речовини в середньому 80–90 % мінералізується до кінцевих продуктів (вуглекислота, вода, елементи живлення) і лише 10–20 % бере участь у синтезі гумусних сполук. Встановлено, що для корневих решток озимої пшениці коефіцієнт гуміфікації знаходиться в межах 0,15–0,18 (C:N – 35–40:1), для соломи – приблизно 0,10 (C: N – 80:1), для гною – 0,2–0,3 (C: N – 25–30:1).

Класична технологія використання соломи на добриво передбачає ретельне подрібнення її і рівномірне розподілення по полю під час збирання врожаю, наступне внесення й загорання у вологий ґрунт – переважно амонійних форм азотних добрив. Кращі результати отримують, коли довжина часток соломи не перевищує 10 см, а загорання її на першому етапі проводиться важкими дисковими боронами на глибину 6–8 см. Через певний проміжок часу (зазвичай не менше 3–4 тижнів) на полі виконують технологічні операції, передбачені регламентом вирощування сільськогосподарської культури.

Під впливом мульчування соломною помітно змінюється напрямок та інтенсивність біохімічних процесів у ґрунті, зокрема, зростає вміст у ньому рухомих сполук фосфору та калію, посилюється діяльність основних груп мікроорганізмів азотного ряду. У посівному шарі, завдяки кращому забезпеченню енергетичним матеріалом, а також меншому коливанню вологості і температури збільшується чисельність корисної фауни.

Крім цього, використання соломи на добриво має важливе екологічне значення:

- утилізується велика маса органічної речовини, що мінералізується в ґрунті, елементи продуктів напіврозкладу цілком поглинаються ґрунтовим комплексом;
- солома повторно включається до кругообігу мінерального й органічного живлення рослин для формування нового врожаю;
- солома, розкладаючись у ґрунті протягом тривалого часу, не забруднює

його високими концентраціями нітратного азоту, органічним фосфором і калієм;

- сталий баланс надходження до ґрунту і витрат елементів живлення рослинами із соломи виключає вимивання рухомих елементів і винос їх з поверхневим стоком у водойми;
- рівномірно розкидана по полю солома в жаркий літній час захищає ґрунт від пересихання і ущільнення;
- внесення соломи в ґрунт стимулює розвиток ґрунтової фауни, що виявляється в підвищеній активності бактерій, дощових черв'яків та інших живих організмів;
- з ліквідацією скирт соломи погіршуються умови розмноження мишоподібних гризунів, накопичення насіння бур'янів, а також патогенної мікрофлори зернових культур.

Солома, яка рівномірно розподілена на поверхні поля або загорнута у верхній шар ґрунту, сприяє поліпшенню хімічних і фізичних властивостей чорнозему, прискорює інфільтрацію вологи в глибокі горизонти, зменшує ерозію, запобігає запливанню ґрунту і утворенню поверхневої кірки. Подрібнені рослинні рештки поглинають залишковий невикористаний азот, запобігають його втратам, а потім, розкладаючись, віддають наступним культурам. При цьому скорочується число проходів агрегатів по полю, витрати праці та коштів.

Підвищити кількість рослинних решток на полях господарств дозволяють:

- запобігання спалюванню стерні та соломи;
- збільшення у сівозмінах культур суцільного висіву;
- серед групи просапних культур;
- підвищення частки високостеблових культур та зменшення частки низькостеблових;
- підвищення врожайності культур;
- проведення якомога меншої кількості операцій з обробітку ґрунту, особливо в ерозійно небезпечні періоди;
- мінімалізація проходів сільськогосподарської техніки;
- оптимізація швидкості руху агрегатів під час обробітку ґрунту;
- використання голчастих борін замість зубових;
- застосування мульчувального (безполицевого) обробітку ріллі.

Розвиток негативних явищ (гальмування ростових процесів, пожовтіння листків, зниження врожайності зерна) доволі часто обумовлений закріпленням азотних сполук ґрунту мікроорганізмами, які розкладають рослинні рештки. З метою усунення депресивного впливу останніх на рослини рекомендують вносити компенсаційний азот (8–12 кг/т) у післязбиральний період, коли виконують фонове лущення стерні (під озимину, за достатньої зволоженості орного шару, на малородючих ґрунтах), або весною – у рік вирощування просапної культури (на високих агрохімічних фонах та ерозійно податливих землях). Інколи солому загортають без застосування компенсаційних доз азотних добрив, окремо, але з невеликим збільшенням їх кількості за основного (осіннього чи весняного) внесення. Бажано вибирати такі строки внесення компенсаційного азоту, щоб період найбільш енергійного біологічного поглинання поживних речовин ґрунту за розкладання соломи не співпадав з часом посиленої вегетації рослин. Недоцільно вносити наднормативний азот за утилізації горохової соломи, а також на полях, які відводяться під чистий пар.

Перспективним напрямком використанням побічної продукції рослинництва є й заміна азотних добрив комплексними біопрепаратами (деструкторами) для прискорення процесів розкладування рослинних решток.

Важливо враховувати, що невикористаний з осені додатковий азот за певних умов може піддаватися денітрифікації або мігрувати з низхідними потоками води. Якщо в посушливі роки вертикальне переміщення нітратів не перевищує позначки 50 см, то у вологі роки вони транспортуються на глибину до 1,5 м залежно від кількості і характеру опадів в осінньо-зимовий період, гранулометричного складу ґрунту, способів його обробітку тощо. Азот, що мігрує глибше одного метра, засвоюється рослинами лише після використання ними вологи верхніх шарів і подальшої її капілярної подачі з нижніх горизонтів до поверхні. Тобто надходження глибокопромיתих нітратів у зону зосередження основної маси коренів польових культур гальмується найбільше за дощової і прохолодної погоди навесні, коли висхідний рух води під дією градієнтів температури і вологості уповільнюється.

Проблеми, пов'язані зі залученням до кругообігу всієї побічної продукції попередника, найчастіше виникають у разі порушення відповідних технологічних регламентів виконання робіт, за перенасичення сівозмін зерновими колосовими, в аномальні за метеоситуацією роки.

Як показали спостереження, наявність значної кількості рослинних решток у верхньому шарі ґрунту за безполицевого обробітку ускладнює

контроль над бур'янами. Рослинні компоненти перешкоджають контакту гербіцидів з ґрунтом, чим обмежують міграцію і сприяють випаровуванню їх, особливо за нерівномірного розподілу стерні на поверхні поля, відсутності опадів, вітряної сухої погоди. У поєднанні зі зміною фітоценотичної структури бур'янів, їх резистентності і кількісної динаміки це вимагає відповідного підвищення доз застосування хімічних препаратів.

Використання соломи на добриво може створювати потенційну загрозу збільшення вмісту токсичних речовин у ґрунті (за рахунок вивільнення фенолів і кислот з розкладанням „свіжого” рослинного субстрату), що спричиняє гальмування проростання насіння, уповільнення росту коренів, невирівняність посівів і зниження продуктивності рослин.

За мілкого загортання соломи існує вірогідність погіршення якості допосівної підготовки ґрунту і сівби, що потребує насамперед удосконалення технічного супроводу операційної технології вирощування польових культур на стерньовому фоні. Для послаблення або повного усунення подібних явищ рекомендують дотримуватися сівозмін, а також вносити солону переважно під ярі пізні культури на тлі застосування помірних доз мінерального азоту та відповідних знарядь, які забезпечують змішування пожнивно-корневих решток з великим об'ємом ґрунту.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Мудрук О.С. Періодизація історії обробітку ґрунту / О.С. Мудрук, Н.О. Паюк // Сучасний соціокультурний простір: Матеріали Всеукраїнської науково–практичної інтернет–конференції (26–30 вересня 2005 р.). – К.: ТОВ “ТК”МЕГАНОМ”, 2005 – Ч. 2. – С. 6–8.
2. Пашкевич Г.О. Рільництво племен трипільської культури. / Г.О. Пашкевич, М. Ю. Віденко. – Київ, 2006. – 143 с.
3. Обробіток ґрунту та наукові основи його мінімалізації. Навч. посіб. / В.О. Єщенко, А.Ф. Головчук, В.А. Слаута, М.В. Калієвський; За ред. В.О. Єщенка. – Умань: Видавець “Сочінський”. – 2011. – 308 с.
4. Танчик С.П. No–till і не тільки Сучасні системи землеробства / Танчик С.П. – К.: Юнівєст Медіа, 2009. – 160 с.
5. Паюк Н.О. Обробіток ґрунту в Трипільлі, античному світі і середню добу / Н.О. Паюк, О.С. Мудрук // Сучасний соціокультурний простір: Матеріали Всеукраїнської науково–практичної інтернет–конференції (26–30 вересня 2005 р.). – К.: ТОВ “ТК”МЕГАНОМ”, 2005 – Ч. 2. – С. 8–9.
6. Сайко В.Ф. Системи обробітку ґрунту в Україні / В.Ф. Сайко, А.М. Малієнко. – К.: ВД “ЕМКО”, 2007. – 44 с.
7. Паюк Н.О. Історія технології обробітку ґрунту: вклад визначних учених у теорію й практику / Н.О. Паюк // Історія української науки на межі тисячоліть: Зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун–т та ін. / Відп. редактор О. Я. Пилипчук. – К., 2004. – Вип. 14. – С. 126–132.
8. Гордієнко В.П. Землеробство О.М. / Геркіял, В.П. Опришко – К.: Вища школа, 1991. – 268 с.
9. Довженюк В.И. Землеробство древньої Русі до середини XIII ст / В.И. Довженюк. – К., 1961. – 267 с.
10. Кемпбел Г.В. Руководство к обработке почвы / Пер. с англ. С. К. Космана; под ред. П.М. Дубровского. – Полтава: Библиотека Хуторянина. – 1911. – Вып. 5. – 116 с.
11. Модестов А.П. Очерки по истории агрономии в описаниях земледельцев и строителей разумного земледелия / А.П. Модестов. – М.: Изд–во Наркомзема «Новая деревня», 1924. – 124 с.
12. Мэтнерс Ф.Ф. Рациональная обработка почвы по Кэмпбелю, как основа урожайности: Земледелие засушливых областей / Ф.Ф. Мэтнерс. – СПб: Изд. А.Ф. Деврієна, 1909. – 246с.

13. Тэер А. Основания теоретического и практического сельского хозяйства / Пер. с немецкого М.В. Левшина.– М.: Университетская типография, 1928. – Часть 2. – 368 с.
14. Шевченко М.В. Системи обробітку ґрунту / М.В. Шевченко // Землеробство. – Вип. 80. – К.: ВД “Емко”, 2008. – С. 33–39.
15. Белых А.Г. О классификации систем обработки почвы / А.Г. Белых // Земледелие. – 1980. – № 9. – С. 33–36.
16. Землеробство. Терміни та визначення понять: ДСТУ 4691:2006. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 38 с. – (національний стандарт України).
17. Загальне землеробство. Термінологічний словник / В.О. Єщенко, В.П. Опришко, В.П. Гудзь [та ін.] / За ред. В.О. Єщенко. – К.: Урожай, 1995. – 80 с.
18. Пабат І.А. Роторний обробіток ґрунту і пряма сівба озимої пшениці після непарових попередників / І.А. Пабат // Хранение и переработка зерна. – 2001. – № 8 (26). – С. 24–25.
19. Воробьёв С.А. Земледелие / С.А. Воробьёв, А.Н. Каштанов, А.М. Лысаков, И.П. Макаров; под ред. С.А. Воробьёва. – М.: Агропромиздат, 1991. – 527 с.
20. Доспехов Б. Современные проблемы обработки почв / Б. Доспехов, В. Бузмаков // Земледелие. – 1977. – № 3. – С. 19–23.
21. Доспехов Б.А. Практикум по земледелию / И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М.: Колос, 1997. – 368 с.
22. Доспехов Б.А. Земледелие с основами почвоведения / А.И. Пупонин – М.: Колос, 1978. – 256 с.
23. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні: Монографія / за ред. С.А. Балюка, Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2010. – 460 с.
24. Комов И.М. Земледелие / И.М. Комов. – М., 1788. – 11 с.
25. Менделеев Д.И. Работы по сельскому хозяйству и лесоводству / Д.И. Менделеев. – К.: Изд-во АН СССР, 1954. – 620 с.
26. Менделеев Д.И. Об углублении пахотного слоя подзолистых и чернозёмных почв / Д.И. Менделеев // Тр. Вольного эконо. об-ва. – 1886. – Т. 2. – Вып. 3. – С. 253–256.
27. Палимпестров И.И. Глубокая вспашка / И.И. Палимпестров // Сб. статей о сельском хозяйстве Юга России. – Одесса, 1867. – 224 с.

28. Стебут И.А. Обработка почвы / И.А. Стебут // Русское сельское хозяйство. – М., 1871. – 44 с.
29. Стебут И.А. Основы полевой культуры / И.А. Стебут. – Избр. Соч. Т.І. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 791 с.
30. Тимирязев К.А. Борьба с засухой / К.А. Тимирязев. – Соч. Т. 3. – М.: Сельхозгиз, 1937. – С. 123–178.
31. Тимирязев К.А. Земледелие и физиология растений / К.А.Тимирязев // Избранные сочинения в 2–х томах, Т.І. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 723 с.
32. Болотов А.Т. О разделении полей / А.Т. Болотов. – Тр. Вольного эконом. об–ва. СПб., 1771. – 177 с.
33. Измаильский А.А. Влажность почвы и грунтовые воды / А.А. Измаильский. – 1894. – 39 с.
34. Качинский Н.А. Почва, её свойства и жизнь / Н.А. Качинский. – М.: Наука, 1975. – 296 с.
35. Кириченко В.П. Післядія глибокої оранки і удобрення в умовах різного зволоження на врожай та якість зерна озимої пшениці сорту Безоста 1 / В.П. Кириченко // Зрошуване землеробство. – 1969. – № 8. – С. 23–27.
36. Соколовский А.Н. Избранные труды / А.Н. Соколовский. – К.: Урожай, 1971. – 366 с.
37. Костычев П.А. О борьбе с засухами в чернозёмной области посредством обработки полей и накопления на них снега / П.А. Костычев. – 1912. – Изд. 6. – С. 84–95.)
38. Костычев П.А. Почвоведение / П.А. Костычев. – М.: Сельхозгиз, 1940. – С. 48–97.)
39. Тимирязев К.А. Избранные сочинения в 4–х томах, Т. II. – М.: Сельхозгиз, 1948. – С . 136.
40. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь / В.В. Докучаев. – М.: Сельхозгиз, 1963. – 116 с.
41. Вильямс В.Р. Собранные сочинения в 12 томах, т. XI / В.Р. Вильямс. – М.: Гос. Издательство с.–х. литературы, 1952. – 356 с.
42. Менделеев Д.И. Работы по сельскому хозяйству и лесоводству / Д.И. Менделеев. – К.: Изд–во АН СССР, 1954. – С. 18–27.
43. Моргун Ф.Т. Почвозащитное земледелие / Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикуча, А.Г. Тарарико. – К.: Урожай, 1983. – 240 с.
44. Кибасов П.Т. Основная обработка почвы под полевые культуры / П.Т. Кибасов. – Кишинёв.: Картя Молдовеняскэ, 1982. – 235 с.
45. Черепанов Г.Г. Влияние обработки почвы на условия минерального питания растений и эффективность удобрений / Г.Г. Черепанов. – 1985. – 67 с.

46. Cannel R. G. Reduced tillage in northwest Europe – a review / R. G. Cannel // Soil tillage Res. – 1985. – № 2. Vob. 5. – P. 129–177.
47. Rilleu H., Tuge meskiner ot sterke fractovr reduseres av bindene / H. Rilleu // Norsk landbruk. – 1986. – № 4. – Vol. 105. – P. 28–29.
48. Швебс Г.И. Теоретические основы эрозиоведения / Г.И. Швебс. – Киев–Одесса.: Вища школа, 1981. – 224 с.
49. Понятие беспашотной обработки почвы – защита почв, воды, климата и их влияние на управление и доходность фермерских хозяйств / Ф. Тебрюге // Материалы международной конференции по динамике почвенных процессов (Австралия, 20–30 марта 2000 г.) / Ин-т с.-х. технологии. Ун-т Юстус–Либиг. – Гиссен, 2000. – С. 82–97.
50. Белоліпський В.О. Прогнозування і методологія використання еродованих ґрунтів: ґрунтоводоохоронна стратегія / В.А. Белоліпский, В.М. Белослудцева // Зб. Наукових праць Луганського нац. аграрного ун-ту. – Луганськ, 2006. – № 61/84. – С. 64–66.
51. Циков В.С. Состояние и перспективы развития системы обработки почвы (обзор – исследования – опыт) / В.С. Циков. – Днепропетровск.: ООО “ЭНЕМ”, 2008. – 168 с., 56 ил.
52. ДСТУ 4691:2006 Землеробство. Терміни та визначення понять. – К.:Держспоживстандарт України, 2008. – 37 с.
53. Овсинский И. С. Новая система земледелия / И. С. Овсинский. – К., 1899. – С. 15–31.
54. Achenbach P. Ver Ackerbau ohne Boden Wendung zur Sicherstellung der Ernteertrarge / P. Achenbach. – Berlin, 1921. – S. 40–49.
55. Russel E.W. The effect of cultivation on crop yield / E.W. Russel. В. А. Keen. – J. agric. Sc. 1938. – 282 p.
56. Моргун Ф.Т. Почвозащитное бесплужное земледелие / Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикула. – М.: Колос, 1984. – 279 с., ил.
57. Попов Ф.А. Обработка почвы под полевые культуры / Ф.А. Попов. – К.: Урожай, 1969. – 262 с.
58. Фолкнер Э. Безумие пахаря / Э. Фолкнер. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 227 с.
59. Кибри М.Л. Эрозия почвы / М.Л. Кибри, Р.П. Марган. – М., 1984. – 144 с.
60. Беннет Х.Х. Основы охраны почвы / Х.Х. Беннет. – М.: ИЛ., 1958. – 412 с.
61. Конке Г. Охрана почвы / Г. Конке, А. Бертран. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 344 с.
62. Тулайков Н.М. Избранные произведения / Н.М. Тулайков. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 311 с.

63. Мальцев Т.С. Новая система обработки почвы и посева. Дополненная стенограмма публичной лекции / Т.С. Мальцев. – М.: Изд-во “Знание”, 1955. – 47 с.
64. Мальцев Т.С. Вопросы земледелия (Изд. 2-е, перераб. Доп.) / Т.С. Мальцев. – М.: Колос, 1971. – 391 с.
65. Мальцев Т.С. Раздумья о земле, о хлебе / Т.С. Мальцев. – М.: Наука, 1985. – 296 с.
66. Тюрин Н.В. Из результатов работ бригады АН СССР по изучению системы обработки почв по способу Т.С. Мальцева на Шадринской опытной станции / Н.В. Тюрин // Почвоведение. – 1957. – № 8. – С. 1–11.
67. Щербак И.Е. Почвозащитная обработка на юге Украины / И.Е. Щербак // Земледелие. – 1975. – № 12. – С. 27–30.
68. Сайко В.Ф. Землеробство на шляху до ринку / В. Ф.Сайко. – Київ, 1997. – 46 с.
69. Бараев А.И. Почвозащитное земледелие / А.И. Бараев. – М.: Колос, 1975. – 302 с.
70. Бараев А.И. Теория и практика земледелия засушливых районов / А.И. Бараев // Вестник с.-х. науки Казахстана. – Алма-Ата, 1981. – № 6. – С. 3–8.
71. Цандур М.О. Наукові основи землеробства Південного Степу України / М.О. Цандур. – Одеса.: Папірус, 2006. – 180 с.
72. Щербак И.Е. Почвозащитная технология возделывания зерновых культур в южных районах Украины. – М.: Колос, 1979. – 240 с.
73. Моргун Ф.Т. Почвозащитное бесплужное земледелие / Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикула. – М.: Колос, 1984. – 279 с., ил.
74. Моргун Ф.Т. Почвозащитное земледелие / Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикула, А.Г. Тарарико. – К.: Урожай, 1988. – 256 с.
75. Шикула Н.К. Минимальная обработка чернозёмов и воспроизводство их плодородия / Н.К. Шикула Г.В. Назаренко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 320 с.
76. Беннет Х.Х. Основы охраны почвы / Х.Х. Беннет. – М.: ИЛ., 1958. – 412 с.
77. Гудзон Н. Охрана почвы и борьба с эрозией / Н. Гудзон. – М.: Колос, 1974. – 304 с.
78. Джекс Д. Мульчирование / Д. Джекс, У. Бригд, Р. Смит. – М.: ИЛ, 1958. – 220 с.
79. Кант Г. Земледелие без плуга / Г. Кант. – М.: Колос, 1980. – 160 с.

80. Конке Г. Охрана почвы / Г. Конке, А. Бертран. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 344 с.
81. Жилко В.В. Эродированные почвы Белоруссии и их использование / В.В. Жилко. – Минск.: Ураджай, 1976. – 166 с.
82. Заславский М.Н. Почвозащитное земледелие / М.Н. Заславский, А.Н. Каштанов. – М.: Россельхозиздат, 1979. – 199 с.
83. Извеков А.С. Ветровая эрозия почв / А.С. Извеков, П. Н. Рыбалкин. – М.: Колос, 1975. – 110 с.
84. Каштанов А.Н. Защита почв от ветровой и водной эрозии / А.Н. Каштанов. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 208 с.
85. Милосердов Н.М. Защита полей от пыльных бурь / Н.М. Милосердов, В.Г. Антонюк, В.Г. Титова. – Симферополь.: Таврия, 1978. – 78 с.
86. Пономарева В.В. Гумус и почвообразование / В.В. Пономарева, Г.А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.
87. Хоменко М.С. Механизация противозерозионной обработки почвы / М.С. Хоменко, Н.Н. Нагорный, В.А. Зырянова, М.Ф. Романенко. – К.: Урожай, 1980. – 104 с.
88. Юферов В.А. Безотвальная обработка почвы / В.А. Юферов. – М.: Россельхозиздат, 1965. – 87 с.
89. Круть В.М. Водорегулирующая и почвозащитная роль безотвальной обработки склоновых земель / В.М. Круть, І.А. Пабат // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1982. – № 11. – С. 27–34.
90. Пабат І.А. Ґрунтозахисна система землеробства / І.А. Пабат. – К.: Урожай, 1992. – 160 с.
91. Тарарико А.Г. Почвозащитная контурно–мелторативная система земледелия / А.Г. Тарарико, В.А. Вергунов. – К.: УкрНТЭИ, УкрНИИОЗ, 1992. – 72 с.
92. Швевс Г.И. Контурное земледелие / Швевс Г.И. – Одесса.: Маяк, 1985. – 55 с.
93. Щербак І. Е. Ґрунтозахисна система обробітку полів / І. Е. Щербак. – К.: Знання, 1980. – 222 с.
94. Бахтин П.У. Проблемы обработки почвы / П.У. Бахтин. – М.: Знание, 1969. – 62 с.
95. Джамаль В.А. Основные итоги и направления научных исследований по защите почв от эрозии в Украинской ССР / В.А. Джамаль, Л. Я. Мильчевская // В сб.: Защита почв от эрозии. – К.: ЮО ВАСХНИЛ, 1981. – с. 5–13.

96. Круть В.М. Землеробство: основні терміни і їх визначення. Навчально-методичний посібник / В.М. Круть, С.П. Танчик, П.В. Писаренко. – Полтава, 2003. – 40 с.
97. Crutchfield D.A. Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control / G.A. Wicks, O.C. Burnside // *Weed Science*. – 1986. – v. 34. – P. 110–114.
98. Нетіс І. Т. Посухи та їх вплив на посіви озимої пшениці: Монографія / І. Т. Нетіс. – Херсон.: Айлант, 2008. – 252 с.
99. Полупан В.И., Зуза С.Г., Полупан В.Н., Самодрига Н. Ф. Агрономическая оценка использования соломы в качестве нетрадиционного удобрения под подсолнечник при различных способах обработки почвы / В.Н. Полупан, В.С. Зуза, Н. Ф. Самодрига // *Агрохімія і ґрунтознавство*. – Харків, 2003. – Вип.64. – С. 59–63.
100. Андрієнко А., Андрієнко О. Рослинні рештки під соняшник / А. Андрієнко, О. Андрієнко // *The Ukrainian Farmer*. – 2011. – № 4 – С.56–59.
101. Колмаков П. П. Минимальная обработка почвы / П. П. Колмаков, А.М. Нестеренко. Под ред. А.И. Бараева. – М.: Колос, 1981. – 240 с.
102. Лебідь Є. М., Горобець А. Г., Горбатенко А. І, Циліорик О.І. [та інші]. Агротехнічні заходи з охорони ґрунтів від водної ерозії / Є.М. Лебідь, А.Г. Горобець, А.І. Горбатенко, О.І. Циліорик // *Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні*. – Харків : НТУ „ХПІ”, 2010. – с. 76 – 131.
103. Круть В.М. Система обробітку ґрунту в зоні Степу / В.М. Круть, І.А. Пабат // *Обробіток ґрунту в системі інтенсивного землеробства*. – К.: Урожай, 1986. – С. 24–41.
104. Сайко В.Ф. Землеробство ХХІ століття – проблеми та шляхи. – К.: 1999. – С. 3–17.
105. Малієнко А.М. Наукові основи обробітку ґрунту / А.М. Малієнко // *Збірник наукових праць Інституту землеробства*. – К.: ІЗ НААН, 1999. – С. 57–62.
106. Аллен Х.П. Прямой посев и минимальная обработка почвы. – М: Агропромиздат, 1985. – 79 с.
107. Дедов А. В. Биологизация земледелия – основа сохранения плодородия // *Земледелие*. – 2002. – № 2. – С. 10.
108. Москаленко А.М. Техніко-технологічні інновації у сучасному землеробстві // *Наукові праці Полтавської держ. аграр. акад.* – Полтава, 2005. – Т. 4 (22). – С. 207–211.

109. Пікуш Г. Р. Чорний пар / Г. Р. Пікуш, А. Я. Гетманець, Є.М. Лебідь, І.А. Пабат. – К.: Урожай, 1992. – 168 с.
110. Якунін О. П. Мінімалізація обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи в північному Степу України: автореф. дис на здобуття наук. ступеня док. с.–г. наук / О. П. Якунін. – Дніпропетровськ, 1993. – 28 с.
111. Пабат И.А. Стокорегулирующая и почвозащитная эффективность чизельной обработки почвы / И.А. Пабат, А.И. Горбатенко // Научно–технический бюллетень. – Курск, 1989. – Вып. 1. – С. 49–53.
112. Лебідь Є.М. Ефективність чизельного обробітку в зерно–просапній сівозміні / Є.М. Лебідь, Ф.А. Льоринець, Л.М. Десятник // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 2. – С. 13–16.
113. Мазка Л.Ф. // Гарантированное производство зерна на орошаемых землях / Л.Ф. Мазка, О.В. Богунова, В.І. Стеценко: Под ред. В.А. Писаренка, Н.Т. Нетеса. – К.: Урожай, 1990. – С. 126–137.
114. Циков В.С. Кукуруза: технология, гибриды, семена / В.С. Циков. – Днепропетровск.: ВАТ Вид–во ”Заря“, 2003. – С. 80–90.
115. Макаров И.П. Влияние систем основной обработки почвы на свойства почвы и урожайность зерновых культур / И.П. Макаров, Л.П. Манилова, В.И. Карпова // Ресурсозберегающие системы обработки почвы. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 92–96.
116. Чикалики Г.М. Методические рекомендации по внедрению ярусной системы земледелия и ярусных приёмов пахоты / Г.М. Чикалики. – Одесса.: ОГСХОС, 1976. – 40 с.
117. Гринев В.М. Сочетание обработок в севообороте / В.М. Гринев // Земледелие. – 1986. – № 10. – С. 33–34.
118. Малярчук М.П. Особливості обробітку ґрунту на зрошуваних землях півдня України / М.П. Малярчук, Ю.М. Черноостровець, С.В. Данильчук // Зрошуване землеробство, Вип. 38. – Київ.: Урожай, 1993. – С. 11–15.
119. Остапов В.І. Обробіток ґрунту в зерно–кормовій сівозміні / В.І. Остапов, О.Ф. Фесенко, Н.П. Малярчук // Зрошуване землеробство, Вип. 28. – К.: Урожай, 1985. – С. 3–5.
120. Гордиенко В.П. Условия, определяющие минимализацию обработки почвы / В.П. Гордиенко // Земледелие. – 1980. – № 2. – С. 18–20.
121. Грабак Н.Х. Нульовий обробіток ґрунту та аспекти його застосування в Степу України / Н.Х. Грабак // Вісник аграрної науки Причорномор’я. – 1988. – № 3. – С. 65–68.

122. Грабак Н.Х. Почвозащитная основная обработка / Н.Х. Грабак // Земледелие. – 1985. – № 10. – С. 38.
123. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / Редкол.: М.В. Зубець, А.М. Малієнко, Б.С. Носко та ін. – К.: Аграрна наука, 2010. – 986 с.
124. Система ведення сільського господарства Дніпропетровської області / Редкол.: О.А. Любович, Є.М. Лебідь, В.І. Шевманьов. – Дніпропетровськ.: Інститут зернового господарства УААН, 2005.– 432 с.
125. Грабак Н.Х. Обробіток ґрунту в умовах прояву водної та вітрової ерозії / Н.Х. Грабак, М.Ф. Дзюбинський, Б.А. Павлов. – Луганськ.: Відділ обласного управління по пресі, 1993. – 56 с.
126. Кирюшин В.И. Минимализация обработки почвы: перспективы и противоречия / В.И. Кирюшин // Земледелие. – 2006. – № 5. – С. 12–14.
127. Камінський В.Ф. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур / За ред. д.-г. Н.В.Ф. Камінського / В.Ф. Камінський, В.Ф. Сайко, І.П. Шевченко [та ін.] – К.: ВП “Едельвейс”, 2012. – 196 с.
128. Малієнко А.М. Соціально – економічні передумови формування агротехнологій (на прикладі систем обробітку ґрунту). – К, 2001. – 60 с.
129. Лобос М. Г. Соціально–економічні аспекти сільськогосподарського районування України / А.Л. Суконник, А.М. Малієнко // Економіка АПК. – 1995. – № 6. – С. 37–45.
130. Лінник М. К. Проблеми енергозбереження за механізованого обробітку ґрунту / М. К. Лінник, Я. С.Г уков // Вісник аграрної науки. – 2000. – № 1. – С. 47–49.
131. Медведєв В.В. Мінімалізація обробітку ґрунтів України / В.В. Медведєв. – Харків, 2004. – 47 с.
132. Рекомендації з освоєння елементів системи прямої сівби в землеробстві степової зони / А. В. Черенков, М.С. Шевченко, В. Ю. Черчель, Є.М. Лебідь, В.С. Циков, М.М. Солодушко, В.І. Чабан, О.І. Циліорик, В.І. Приходько [та ін.]. – Дніпропетровськ.: ДУ ІСГСЗ НААН України, 2013. – 20 с.
133. Камінський В.Ф. Продуктивність сільськогосподарських культур залежно від впливу різних систем обробітку ґрунту / В.Ф. Камінський, П. Г. Сокирко // Посібник українського хлібороба (науково–виробничий щомісячник). – 2010. – № 1. – С. 93–95.

134. Косолап М.П. Система землеробства No-till: Навч. Посібник / М.П. Косолап, О. П. Кротінов. – К.: “Логос”, 2011. – 352 с.
135. Медведєв В.В. Нульовий обробіток в європейських країнах / В.В. Медведєв. – Харків.: ТОВ ” ЕДЕНА “, 2010. – 202 с.
136. Крэбтри Б. Уплотнение почвы и её изменение при нулевой обработке / Б. Крэбтри // Зерно. – К.: Изд. дом. “Зерно”, 2006. – Июль. – С. 48–52.
137. Петерсен Г. Невспаханная земля. Сохраненная влага / Г. Петерсен // Зерно. – К.: Изд. дом. “Зерно”, 2006. – Август. – С. 66–74.
138. Черепанов Г.Г. Нулевая обработка почвы: итоги исследований и опыт применения (обзорная информация) НИИТЭИ агропром / Г.Г. Черепанов. – М., 1994. – 44 с.
139. Рассел Э. Почвенные условия жизни растений / Э. Рассел. – Изд-во И.Л., 1955. – С. 37–45.
140. Полупан В.І. Досвід застосування нульової технології обробітку ґрунту при вирощуванні озимої пшениці у Донбасі / В.І. Полупан, С.Г. Зуза, В.М. Полупан // Агрохімія та ґрунтознавство. – Харків, 2003. – Ч. 2. – С. 160–162.
141. Лал Р., Кимби Дж. М., Фоллет Р.Ф., Коул С.В. Потенциал обрабатываемых земель США по секвестрации углерода и смягчению парникового эффекта / Р. Лал, Дж. М. Кимби, Р.Ф. Фоллет, С.В. Коул. – Sleeping Bear Press. Inc. – 1988. – 128 с.
142. Lahmar R. Prospect for conservation agriculture in northern and eastern European countries, lessons of KASSA / R. Lahmar, S. de. Tourdonnet. P. Barz, R. A. During, M. Frielinghours, R. Kolli, J. Kubat, V. Medvedev, J. Netland, D. Picard. – Pulawy–Waszawa.: Biblioteka fragmenta agronomica, 11/2006. – PP. 77–78.
143. Phillips S. H. No-tillage farmsng / S. H. Phillips, H.M. Young. – Reiman Associates, Milwaukee, Wisconsin, 1973. – 224 pp.
144. Derpsch R. The extent of Conservation Agriculture adoption worldwide: Implications and impact. Paper presented to 3 World Congress on Conservation Agriculture. Nairobi. Kenya. October, 2005. – PP 1–21.
145. Robert M. Carbon sequestration in soils – proposals for land management.: Rome: FAO. – 2001.– 67 pp.
146. Кротінов О. П. Землеробство України і проблема глобального потепління / О. П. Кротінов, М.П. Косолап, Л.В.Аніскевич [та ін.] // Науковий вісник НАУ. – К.: НАУ, 2004. – № 75. – С. 55–61.

147. Barz P. Alternative agricultural systems the United Kingdom / T. Edwards, T. I. Campbell, D.W. Hood. – France.: Report D 1.1 A8. KASSA Project. CIRAD, 2006. – PP. 1–95.
148. Дерпш Р. История выращивания сельхозкультур с и без применения механической почвообработки. 2-ая Международная конференция по самовосстанавливающемуся эффективному земледелию на основе системного подхода no-till. Днепропетровск, 2005. – С. 1–7.
149. Abaye. D.A. Changes in the microbial community of an arable soil caused by long-term metal contamination / D.A. Abaye. // European Journal of Soil Science. – № 56. – PP. 93–102.
150. Chalmers A. G. A review of fertilizer, lime and organic manure use on farm crops in Great Britain from 1983 to 1997 / A. G. Chalmers // Soil Use and Management, 2001. – № 17. – PP. 254–262.
151. Foulkes J. Evidence for differences between winter wheat cultivars in acquisition of soil mineral nitrogen and uptake and utilization of applied fertilizer nitrogen / J. Foulkes R. Silvester-Bradley, R.K. Scott // journal of Agricultural Science, 1998. – № 130. – PP. 29–44.
152. Netland J. Conservation agriculture in Norway / J. Netland, W. Waalen // Report 1.1. A 7. KASSA Project. – France.: CIRAD/ – 2006. – PP. 1–28.
153. Boressen T. The effect of straw management and reduced tillage on soil properties and crop yields of spring-sown cereals on two loam soils in Norway / T. Boressen // Soil and Tillage Research, 1999. – 51 (1–2): 91–102.
154. Ekeberg E. Reduced tillage on loam soil. Norsk Landbruksforskning. – № 6. – 223–224.
155. Ekeberg E. Tillage intensity effects on soil properties and crop yields in a long-term trial on morainic loam soil in southeast Norway / E. Ekeberg, H.C.F. Riley. – 1997.
156. Thinggard K. Organic seed. Conservation agriculture and GM crops in Denmark / K. Thinggard // Report D 1.1 A4. KASSA Project. – France.: CIRAD, 2006. – PP. 1–16.
157. Magic J. Organic farming in Denmark. Report D 1.1 A3. KASSA Project / J. Magic, N.E. Nielsen. – France.: CIRAD, 2006. – PP. 1–27.
158. Kolli R. Soil conservation in Estonia / R. Kolli. – Report D 1.1 A9. KASSA Project. – France.: CIRAD, 2006. – PP. 1–22.
159. Малієнко А.М. Напрямок розвитку і сучасні тенденції технологій обробки ґрунту / А.М. Малієнко // Посібник українського хлібороба (науково-виробничий щомісячник). – 2010. – № 1. – С. 91–93.

160. Косолап М.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 / М.П. Косолап, О. П. Кротінов. – К.: НУБіПУ, 2008.
161. Рекомендації з освоєння елементів системи прямої сівби в землеробстві степової зони / А. В. Черенков, М.С. Шевченко, В. Ю. Черчель, Є.М. Лебідь, В.С. Циков, М.М. Солодушко, В.І. Чабан, О.І. Циліурик, В.І. Приходько [та ін.]. – Дніпропетровськ.: ДУ ІСГСЗ НААН України, 2013. – 20 с.
162. Pala M. et al. Tillage systems and stubble management in Mediterranean-Type environmental in relation to crop yield and soil moisture / M. Pala. – *Exp. Agr.*, 2000. – № 36. – PP. 223–242.
163. Hakansson I. Soil tillage for production and for protection of soil and environmental quality: a Scandinavian viewpoint. *Soil Till. Res* / I. Hakansson. – № 30. – 1944. – PP. 109–124.
164. Soane B. D. Review of management and conduct of long-term tillage studies with special reference Scotland. *Soil Till. Res.* / B. D. Soane, B. C. Ball, 1998. – № 45. – PP. 17–37.
165. Tebrügge F.C. Comparison of soil machine interactive by intensive tillage and notillage / F.C. Tebrügge // *Proceeding 4th Inten. Conf. on Soil Dynamics*, CD-rom. – Adelaide, Australia, 2002. – 22 pp.
166. Munkholm L. J. Spatial and temporal effects of direct drilling on soil structure in the seeding environment / L. J. Munkholm, P. Schonning, K. J. Rasmussen, K. Tandrup // *Soil Till*, 2003. – Res. 71, PP. – 163–173.
167. Le Garrec L. Evaluation environnementale et economique des pratiques agricoles en techniques de conservation des sols // *Etude INTRA/ APAD*, 2003. – 161 p.
168. Elen O. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. III. Cereal diseases. *Crop Protection*, 2002. – № 21. – S. 195–200.
169. Liebman M. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems / M. Liebman, A.S. Davis // *Weed Research*. – № 40. – PP. 27–47.
170. Brandsaeter L.O. Yields, weeds, pests and soil nitrogen in a white cabbage-living mulch system / L.O. Brandsaeter, J. Netland, R. Meadov // *Biological Agriculture and Horticulture*. – № 16. – PP. 291–309.
171. Klingen I. Prevalence of fungal infections in adult *Delia radicum* and *Delia floralis* captured on the edge of a cabbage field / I. Klingen, R. Meadov, J.

- Eilenberg // *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2000. – № 97 (3). – PP. 265–274.
172. Winkle M.E. Effect of weed density on herbicide absorption and bioactivity / M.E. Winkle. J. R. C. Leavitt. J.C. Burnside // *Weed Science*. – 1981. – v. 29. – P. 405–409.
173. Crutchfield D.A. Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control / G.A. Wicks, O.C. Burnside // *Weed Science*. – 1986. – v. 34. – P. 110–114.
174. Косолап М.П. Система землеробства No-till: Навч. Посібник / М.П. Косолап, О. П. Кротінов. – К.: “Логос”, 2011. – 352 с.
175. Бондарчук І. Л. Закономірності формування агрофітоценозів кукурудзи і його бур'янового компонента при традиційній і No-till технологіях, ефективна система контролю / І. Л. Бондарчук // *Посібник українського хлібороба (науково-виробничий щорічник)*. – 2010. – № 1. – С. 101–104.
176. Полупан В.І. No-till для фермера / В.І. Полупан, В.О. Зуза, Полупан В.Н. [та ін.] // *Посібник українського хлібороба (науково-виробничий щомісячник)*. – 2010. – № 1. – С. 101–104.
177. Свидинюк І. М. Особливості переходу на технологію No-till / І. М. Свидинюк // *Посібник українського хлібороба (науково-виробничий щомісячник)*. – 2010. – № 1. – С. 98–100.
178. Tourdonnet S. Conservation agriculture, organic farming and GM crops in France / S. Tourdonnet, A. Nozieres. – Report D 1.1. A1. KASSA Project. CIRADO, France, 2006. – PP. 1–36.
179. Vandeputte E. Changes in the agricultural practices by giving up ploughing. – Report D 1.1. A2. KASSA Project. CIRADO, France, 2006. – PP. 1–11.
180. Неоднородность почв и точное земледелие. Часть 2. Результаты исследований / Под ред. В.В. Медведева. – Харьков.: КП “Городская типография”, 2009. – 260 с.
181. Анискевич Л.В. Технології точного землеробства / Л. В.Анискевич, В.І. Адамчук // *Науковий вісник НАУ*. – Вип. 101. – 2006. – С. 12–27.
182. Медведев В.В. Диференціація агротехнологічних заходів при впровадженні точного землеробства // *Посібник українського хлібороба (науково-виробничий щорічник)*. – 2010. – № 1. – С. 116–118.
183. Патица В.П. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / В.П. Патица, І.А. Тихонович, І. Д. Філіпів [та ін.] . – К.: Урожай, 1993. – 173 с.
184. Чернявський О.А. Ґрунтозахисне землеробство / О.А. Чернявський. – Чернівці.: Прут, 1994. – 205 с.

185. Рекомендації з технології ресурсозберігаючого застосування добрив. – К.: МСГП УААН, Укргрохім, 1993. – 24 с.
186. Медведєв В.В. Оптимізація ґрунтово–агрохімічних факторів / В.В. Медведєв // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 2. – С. 9–12.
187. Медведєв В.В. Родючість і охорона ґрунтів / В.В. Медведєв, В.І. Кисіль // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 3–4. – С. 26–28.
188. Круть В.М. Шляхи стабілізації виробництва зерна // Наукові основи землеробства в умовах недостатнього зволоження / В.М. Круть // Матеріали науково–практичної конференції (21–23 лютого 2000 р.). – К.: Аграрна наука, 2001. – С. 27–32.
189. Лебідь Є.М. Науковий фундамент проблем степового землеробства / Є.М. Лебідь // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 3–4. – С. 23–25.
190. Пабат І.А. Збереження енергоресурсів і ґрунтів в сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур / І.А. Пабат // Вісник Дніпропетровського ДАУ. – 2002. – № 2. – С. 56–59.
191. Докучаев В.В. Труды по геологии и сельскому хозяйству – М.: Сельхозгиз. – 1949. – Т. 2. – 424 с.
192. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: Вид–во Раєвського, 2003. – 223 с.
193. Кизяков Ю.Е. Агроклиматические особенности и краткая характеристика почв опытного хозяйства ВНИИ Кукурузы / Ю.Е. Кизяков, Н.В. Гниненко, В.В. Турчин, А.Г. Мусатов // Приёмы повышения продуктивности кукурузы и озимой пшеницы в степи УССР (сборник научных статей). – 1974. – С. 18–29.
194. Адаменко Т.І. Зміна агрокліматичних умов та їхній вплив на зернове господарство України / Т.І. Адаменко // Агроном. – 2006. – № 4 (14) – С. 12–13.
195. Шаповал І.С. Агробіологічні основи формування стійких урожаїв пшениці озимої на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України : Монографія / Іван Семенович Шаповал. – Чорнобай: Чорнобаївське поліграфічне підприємство Чорнобай. – 2012. – 332 с.
196. Адаменко Т.І. Кліматичні умови України та можливі наслідки потепління клімату / Т.І. Адаменко // Агроном. – 2007. – № 1. – С. 8–9.
197. Просунько В. Чого чекати від глобального потепління / В. Просунько // Пропозиція. – 2001. – № 12. – С. 40–41.
198. Ромащенко М.І. Деякі завдання аграрної науки, зумовлені змінами клімату // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 1. – С. 16–20.

199. Крупский Н.К., Полупан Н.И. Атлас почв Украинской ССР – К.: Урожай. – 1979. – 160 с.
200. Почвы Украины и повышение их плодородия / под ред. Б.С. Носко, В.В. Медведева, Р.С. Трускавецкого, Г.Я. Чесняка. – К.: Урожай, 1988. – Т. 2. – 177 с.
201. Полупан М.І. Класифікація ґрунтів України / М.І. Полупан, В. Б. Соловей, В.А. Величко. – К.: Аграрна наука, 2005. – С. 144–156.
202. Медведев В.В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана) / В.В. Медведев. – Харьков.: Изд. “13 типография”, 2008. – 406 с.
203. Соколовский А.Н. Структура почв и её сельскохозяйственная ценность. Избранные труды / А.Н. Соколовский. – К.: Урожай, 1971. – С. 166–178.
204. Хорішко А.І. Озима пшениця у сівозмінах Придніпров'я / А.І. Хорішко. – Дніпропетровськ: ЗАТ Поліграфіст, 1997. – 134 с.
205. Гордієнко В.П. Землеробство / В.П. Гордієнко, О.М. Гаркіял, В.П. Опришко. – К.: Вища школа, 1991. – 268 с.
206. Долгов С. И. Агрофизические методы исследования почв / С. И. Долгов. – М.: Наука, 1966. – С. 136–218.
207. Бахтин П. И. Проблемы обработки почвы / П. И. Бахтин. – М.: Знание, 1969. – 62 с.
208. Вильямс В.Р. Травопольная система земледелия / В.Р. Вильямс. – Воронеж: Облиздат, 1949. – 240 с.
209. Качинский Н.А. Физика почв / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – Ч. 1. – 324 с.
210. Качинский Н.А. Физика почв / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1970. – Ч. 2. – 360 с.
211. Ревут И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 366 с.
212. Воробйов С.А. Земледелие / С.А. Воробйов, Д.И. Буров. – М.: Колос, 1977. – 480с.
213. Дояренко А.Г. Работы по агрофизике / А.Г. Дояренко. – М.: Сельхозгиз, 1963. – С. 15–26.
214. Гніненко М.В. Вплив тривалого застосування добрив на структуру звичайного чорнозему / М.В. Гніненко // Вісник с.–г. науки, 1970. – № 7. – С. 39–43.
215. Литвин В.Г. Сезонна динаміка структури і будови чорнозему глибокого з аналізом її основних причин / В.Г. Литвин, В.В. Медведев // Агрохімія і ґрунтознавство. – К.: Урожай. – Вип. 27, 1974. – С. 13–20.

216. Ревут И.Б. Структура и плотность почвы – основные параметры, кондиционирующие почвенные условия жизни растений / И.Б. Ревут, Н.А. Соколовский, А.М. Васильев // Пути регулирования почвенных условий жизни растений. – Ленинград.: Гидрометиздат, 1971. – С. 51–125.
217. Ревут И.Б. Почва – о себе / И.Б. Ревут. – М.: Знание, 1965. – 14 с.
218. Соколовський А.Н. Вопросы глубины вспашки в свете агрохимического почвоведения / А.Н. Соколовський // Почвоведение и агрохимия. – К.: Урожай, 1971. – С. 166–225.
219. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. 4-ое изд. пересмотр. и допол. / В.Р. Вильямс. – М.: Сельхозгиз, 1940. – 448 с.
220. Ацентьева Л.И. Влияние плоскорезной обработки и удобрений на физико-химические свойства и структурное состояние слабозеродированного чернозёма обыкновенного / Л.И. Ацентьева // Труды Харьквского СХИ. – Харьков. – Т. 225. – 1978. – С. 77–83.
221. Медведев В.В. Некоторые изменения физических свойств чернозёмов при обработке / В.В. Медведев // Почвоедение, 1979. – № 1. – С. 79–87.
222. Моисеев К. Г. Влияние длительной распашки на прочность почвенных агрегатов / К. Г. Моисеев, И.А. Романов // Почвоведение, 2004. – № 6. – С. 697–701.
223. Круть В.М. Плоскорезная обработка почвы в зернопаровом севообороте на Украине / В.М. Круть // Земледелие. – № 8. – 1979. – С. 25–27.
224. Кравченко М.С. Землеробство / М.С. Кравченко, Ю.А. Злобін, О.М. Царенко. – К.: Либідь, 2002. – 494 с.
225. Медведев В.В. Взаємозв'язки між антропогенним навантаженням, деградацією і сталістю ґрунтів / В.В. Медведев // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 8. – С. 49–55.
226. Бондарев А.Г. Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути её решения / А.Г. Бондарев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 31–37.
227. Horn R. Die Vorhersage des Eindringwiderstandes von Boden anhand von multiplen Regressionsanalysen / R. Horn // Kulturtechn und Flurberlin. – 1984. – V. 25. – № 6. – P. 377–380.
228. Смагин В.П. Агрономическое значение твёрдости почв / В.П. Смагин, В.В. Заздравный // Почвоведение. – 1981. – № 2. – С. 138–141.
229. Пупонин А.И. Влияние минимальной обработки на агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность полевых культур /

- А.И. Пупонин, Ф. З. Мухаметдинов // Вестник с.-х. науки. – 1980. – № 7. – С. 49–56.
230. Ревут И.Б. Как правильно обработать почву / И.Б. Ревут. – М.: Знамя, 1966. – 319 с.
231. Кушнарєв А.С. Новый взгляд на обработку почвы / А.С. Кушнарєв. – Дослідницьке – Мелітополь.: ТГАУ, 2009. – 15 с.
232. Воронин А.Д. Основы физики почв: Учебное пособие / А.Д. Воронин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986 – С. 244, ил.
233. Медведєв В.В. Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты) / В.В. Медведєв, Т. Е. Лындина, Т.Н. Лактионова. – Харьков.: Изд. “13 типография”. – 2004. – 244 с.
234. Гордієнко В.П. Ґрунтова волога / В.П. Гордієнко. – Сімферополь .: “Предприятие Феникс”, 2008. – 368 с.
235. Гордиєнко В.П. Водно – физические свойства южных карбонатных чернозёмов в зависимости от их плотности / В.П. Гордиєнко // Сб. научных трудов Одесского СХИ, 1972. – С. 46–54.
236. Медведєв В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи / В.В. Медведєв– Харьков.: Антиква, 2002. – 428 с.
237. Медведєв В.В. К вопросу об оптимальной плотности пахотного слоя в связи с различной удобренностью почвы / В.В. Медведєв // Теоретические вопросы обработки почв. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – № 4. – С. 98–101.
238. Медведєв В.В. Почвенно–технологическое районирование пахотных земель Украины / В.В. Медведєв, Т.Н. Лактионова– Харьков.: Изд. “13 типография”. – 2007. – 395 с.
239. Медведєв В.В. Ґрунтово – технологічні вимоги до Ґрунтообробних знарядь і ходових систем машино–тракторних агрегатів / В.В. Медведєв, Т.М. Лактионова. – Харків.: КП “Друкарня № 13”, 2008. – 68 с.
240. Кушнарєв А.С. Уменьшение вредного воздействия на почву рабочих органов и ходовых систем машинных агрегатов при внедрении промышленных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / А.С. Кушнарєв, В.М. Мацепуро. – М.: ВСХИЗО, 1986. – 56 с.
241. Тарасєнко Б.И. Плотность сложения пахотного слоя и урожайность сельскохозяйственных культур на чернозёме Кубани / Б.И. Тарасєнко // Почвоведение. – 1979. – № 8. – С. 54–60.
242. Медведєв В.В. Оцінка втрат урожаю сільськогосподарських культур в Україні від переущільнення ґрунтів / В.В. Медведєв, Т.М. Лактионова, Т.Є. Лындина // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 3. – С. 53–59.

243. Suskevic M. Results of minimum tillage. Czechoslovakia / M. Suskevic // Sci. Agr. Bohemoslovaca. – Vol. 14. – № 4. – 1982. – P. 261–264.
244. Нерпин С.В. Физика почвы / С.В. Нерпин, А.Ф. Чудновский. – 1967. – 583 с.
245. Иванов П.К. Плотность почвы и плодородие / П.К. Иванов, Л.И. Коробова // Сборник “Теоретические вопросы обработки почв”, вып. 2. – Л., 1969. – С. 45–49.
246. Цилюрик О.І. Вплив способів основного обробітку чистого пару на агрофізичні властивості та водний режим ґрунту / О.І. Цилюрик // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2009. – № 71. – С. 31–36.
247. Горбатенко А.І. Вплив способів основного обробітку чистого пару на агрофізичний стан ґрунту і урожайність озимої пшениці / А.І. Горбатенко, А.Г. Горобець, О.І. Цилюрик // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2010. – № 38. – С. 40–45.
248. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге / А.А. Роде. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 363 с.
249. Дояренко А.Г. Дифференциальная скважность как показатель почвенной структуры / А.Г. Дояренко // Социалистическое зерновое хозяйство. – 1941. – № 1. – С. 54–72.
250. Вершинин П.В. Почвенная структура и условия её формирования / П.В. Вершинин. – М., 1958. – 188 с.
251. Сазонов И. Н. Система мероприятий против эрозии почв / И. Н. Сазонов, М.А. Штофель, А.И. Пилипенко. – К.: “Вища школа”, 1984. – 248 с.
252. Касьянов К. С. Динамика процессов ветровой эрозии / К. С. Касьянов. – М.: “Наука”, 1976. – 156 с.
253. Бараев А.И. Ветровая эрозия и плодородие почв / А.И. Бараев, А.А. Зайцева [и др.]. – М.: Колос, 1976. – 320 с.
254. Зайцева А.А. Борьба с ветровой эрозией почв / А.А. Зайцева. – М.: Колос, 1970. – 138 с.
255. Шиятый Е.И. Закономерности эродирования почв ветром и принципы проектирования агротехнических противоэрозионных мероприятий / Е.И. Шиятый // Вопросы почвозащитного земледелия степной засушливой зоны СССР. – Целиноград, 1973. – С. 40–45.
256. Вешко Е.И. Оценка ветроустойчивости поверхности обыкновенного чернозёма Донецкой области с помощью аэродинамической установки ПАУ-3 / Е.И. Вешко, В.И. Бураков // Ветровая эрозия и плодородие почв. – Целиноград, 1979. – С. 59–65.

257. Шиятый Е.И. Методика определения ветроустойчивости поверхности почв по показателям состояния поверхности почвы / Е.И. Шиятый. – Шортандты, 1971. – С 1–5.
258. Тимирязев К.А. Избранные сочинения / К.А. Тимирязев. – М.: Сельхозгиз, 1948. – Т.2. – 404 с.
259. Кравченко М.С. Землеробство / М.С. Кравченко, Ю.А. Злобін, О.М. Царенко. – К.: Либідь, 2002. – 494 с.
260. Медведев В.В. Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова, Л.В. Донцова. – Х.: Апостроф, 2011. – 224 с.
261. Акентьева Л.И. Почвозащитная обработка и использование влаги на чернозёмах / Л.И. Акентьева, М.С. Чицова // Земледелие. – 1989. – № 12. – С. 36–37.
262. Соляник Б.Г. Влагообеспеченность и продуктивность озимой пшеницы после различных предшественников / Б.Г. Соляник, В.И. Троцько, Ю.А. Рогоза, Л.Г. Подгорная // Пути повышения продуктивности зерновых культур в севооборотах Степи УССР. – Днепропетровск, 1986. – С. 88–94.
263. Носко Б.С. Повышение плодородия чернозёмных почв Ураины / Б.С. Носко, Г.Я. Чесняк // Актуальные проблемы земледелия / Сборник научных трудов ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1984. – С. 43–49.
264. Семякин В.А. Эффективность использования почвенной влаги сельскохозяйственными культурами при плоскорезной обработке на юге Украины / В.А. Семякин // Агрохимия и почвоведение. – 1986. – № 49. – С. 19–23.
265. Слесарёв В.Н. Кинетика почвенного слоя / В.Н. Слесарёв // Земледелие. – 1991. – № 12. – С. 35–37.
266. Измаильский А.А. Избранные сочинения / А.А. Измаильский. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 335 с.
267. Роде А.А. Почвенная влага / А.А. Роде. – М.: Изд. АН СССР, 1952. – 465 с.
268. Васильев Д.С. Значение глубины разрыхлённого слоя в сохранении почвенной влаги / Д. С. Васильев, П. Г. Семихненко, В.И. Кондратьев, А.М. Ригер // Вопросы обработки почвы. – Научные труды ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1979. – С. 127–134.
269. Годулян И. С. Озимая пшеница в севооборотах / И. С.Г одулян. – Днепропетровск: Промінь, 1974. – 174 с.
270. Кузнецов М.С. Методы изучения эрозионных процессов / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 104 с.

271. Щербак И. Новые приёмы обработки почвы на юге Украины / И. Щербак, В. Морозов, Н. Парфенов // Земледелие. – № 8. – 1974. – С. 29–30.
272. Макаров И.П. Задачи по разработке и внедрению ресурсосберегающей обработки почвы в зональных системах земледелия / И.П. Макаров // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 3–11.
273. Онтаев А.Х. Почвозащитная система обработки почвы в Калмыкии / А.Х. Онтаев, Б.А. Гальдварг, В. К. Джаврунов // Земледелие. – № 8. – 1993. – С. 16.
274. Теплицкий Е. А. Эффективность предшественников и способов обработки почвы под озимую пшеницу в условиях Северной Степи УССР: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.01. “Общее земледелие” / Е. А. Теплицкий. – Полтава, 1985. – 25 с.
275. Бей А.А. Почвозащитная обработка на чернозёмах Степи УССР / А.А. Бей, Н.Х. Грабак // вестник сельскохозяйственной науки. – № 11. – 1980. – С. 4–9.
276. Круть В.М. Плоскорезная обработка почвы в зернопаровом севообороте на Украине / В.М. Круть // Земледелие. – № 8. – 1979. – С. 25–27.
277. Чуданов И.А. Основы минимализации обработки чернозёмных почв Среднего Заволжья / И.А. Чуданов, В.П. Васильев // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 101–107.
278. Тимирязев К.А. Избранные сочинения / К.А. Тимирязев. – М.: Сельхозгиз, 1948. – Т.2. – 404 с.
279. Листопадов И. Н. Производство зерна в интенсивных севооборотах / И. Н. Листопадов. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 205 с.
280. Измаильский А.А. Влажность почвы и грунтовая вода в связи с рельефом местности и культурным состоянием поверхности почвы / А.А. Измаильский. – М.: Сельхозгиз, 1949. – С. 83–330.
281. Костичев П.А. Избранные труды / П.А. Костичев. – М.: АН СРСР, 1951. – 667 с.
282. Горобець А.Г. Вологозабезпеченість та урожайність польових культур за різних систем обробітку ґрунту в сівозміні / А.Г. Горобець, О.І. Цилюрик, А.І. Горбатенко, В.М. Судак // Бюл. Ін-ту сільського господарства степової зони НААН України. – 2011.– № 1. – С. 20–25.
283. Землеробство в умовах недостатнього зволоження (наукові та прикладні основи) / За ред. В.М. Крутя, О. Г. Тараріко. – К.: Аграрна наука, 2000. – 80 с.

284. Чумак В.С. Режим вологи та її баланс у сівозмінах північного Степу / В.С. Чумак, О.І. Цилюрик // Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. – 2005.– № 1–2.– С. 28–33.
285. Чумак В.С. Вплив погодних умов, попередників та добрив на продуктивність озимої пшениці / В.С. Чумак, В.В. Явтушенко, О.І. Цилюрик // Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. – 2002. – № 18–19. – С. 78–81.
286. Цилюрик О.І. Вплив попередників, добрив та погодних умов на продуктивність та якість зерна озимої пшениці в умовах підзони північного Степу України / О.І. Цилюрик // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії.– 2005.– Т. 4(22).– С. 230–235.
287. Горбатенко А.І. Водний режим ґрунту і урожайність озимої пшениці за різних способів обробітку чистого пару / А.І. Горбатенко, А.Г. Горобець, О.І. Цилюрик // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2008.– № 33–34. – С. 7–11.
288. Цилюрик О.І. Вплив способів основного обробітку чистого пару на агрофізичні властивості та водний режим ґрунту / О.І. Цилюрик // Агрохімія і ґрунтознавство: матеріали Міжнародної науково–практичної конференції молодих вчених присвяченій 125–й річниці з дня народження О.Н. Соколовського “ Ґрунтово – агрохімічні основи розвитку сучасного агровиробництва ” (24–25 вересня 2009 р.). – Харків. – 2009. – № 71. – С. 31–36.
289. Горбатенко А.І. Ефективність раннього пару в Степу України / А.І. Горбатенко, А.Г. Горобець, О.І. Цилюрик, В.О. Компанієць // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 9. – С. 10–13.
290. Лебедь Е.М. Чёрные пары и стабильность земледелия в Степи Украины / Е.М. Лебедь, И.Е. Бабенко, В.С. Кружилин, А.П. Коваленко, Н.Н. Попов // Земледелие. – 1984. – № 5. – С. 18–20.
291. Нарцисов В.П. Научные основы систем земледелия / В.П. Нарцисов. – Изд., 2–е, перераб. И доп. – М.: Колос, 1982. – 32 с.
292. Тарарико А.Г. Эффективность почвозащитных технологий на склоновых землях при выращивании зерновых культур / А.Г. Тарарико, Г.И. Миронов, В.В. Заика, В.В. Положай // Защита почв от эрозии. – К.: ЮО ВАСХНИЛ, 1981. – С. 31–37.
293. Цилюрик О.І. Ефективність мульчувального обробітку ґрунту в паровому полі короткоротаційної сівозміни / О.І. Цилюрик // Збірник тез IV–ої Міжнародної науково–практичної конференції молодих вчених “Стан та

- перспективи розвитку рослинницької галузі в умовах змін клімату ” (1–3 липня 2009 р.). – Харків. – 2009. – С. 192–193.
294. Горбатенко А.І. Ефективний спосіб накопичення вологи в ґрунті парового поля / А.І. Горбатенко, А.Г. Горобець, О.І. Цилюрник // Аграрна наука – виробництву. – 2009. – № 2. – С. 4.
295. Геллер И.А. Роль микроорганизмов в плодородии почвы и питании сельскохозяйственных растений / И.А. Геллер // Пути повышения плодородия почв. – К, 1969. – С. 59–66.
296. Синягин И.И. Агротехнические условия высокой эффективности удобрений / И.И. Синягин . – М.: Россельхозиздат, 1980. – 222 с.
297. Матушкин В.И. Значение севооборота в борьбе с сорняками. Севообороты – основа интенсификации земледелия / В.И. Матушкин. – К.: Урожай, 1985. – С. 63–66.
298. Мишустин Е. Н. Биологические пути повышения эффективного плодородия почв / Е. Н. Мишустин // Труды института микробиологии. – М., 1961. – Вып. XI. С. 3–16.
299. Сидорова М.И. К вопросу о повышении плодородия глубокогумусированных чернозёмов Молдавии / М.И. Сидорова, Г. Н. Ванькович // Теоретические вопросы обработки почв. – Л., 1968. – С. 147–152.
300. Ванькович Г. Н. Дифференциация почвы пахотного слоя по плодородию / Г. Н. Ванькович, А.С. Бассонова // Питание растений и применение удобрений. – Кишинёв, 1978. – С. 54–59.
301. Сдобников С.С. Обработка почвы и питание растений / С.С. Сдобников // Земледелие, 1980. – № 8. – С. 18–21.
302. Роктанен Л. Влияние способов основной обработки почвы на пищевой режим и микроагрегатный состав тёмно-каштановой почвы / Л. Роктанен, В. Рылушкин, Ю. Лазник // Вестник с.-х. науки Казахстана, 1976. – № 3. – С. 13–17.
303. Иванов В. Т. О разнокачественности слоев пахотного горизонта при отвальной и почвозащитной обработке почвы / В. Т. Иванов, А.Н. Васецкая // Вестник с.-х. науки Казахстана, 1977. – № 5. – С. 39–41.
304. Чуданов И.А. Системы обработки почвы в Заволжье / И.А. Чуданов // Прогрессивные приемы земледелия в засушливом Поволжье. – Куйбышев, 1978. – С. 7–11.
305. Шульмейстер К. Г. Борьба с засухой и урожай / К. Г. Шульмейстер. – М.: Колос, 1975. – 335 с.

306. Грицай А.Д. Дифференциация пахотного слоя в зависимости от обработки / А.Д. Грицай, Н.В. Коломиец // Земледелие, 1981. – № 8. – С. 15–17.
307. Носко Б.С. Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от способов обработки почвы и применения удобрений в Степи и Лесостепи УССР / Б.С. Носко, А. Я. Бука, В.В. Медведев // Вестник с.-х. науки, 1981. – № 2. – С. 4–8.
308. Дроговоз С. Плодородие почвы при отвальной и почвозащитной обработках / С. Дроговоз // Научные основы севооборотов и обработки почвы в Восточной Сибири. – Иркутск, 1975. – С. 89–95.
309. Кудеяров В.Н. Превращение в почвах азота удобрений и пути повышения его эффективности / В.Н. Кудеяров. Автореф. Дис. д-ра биол. наук. – М.: Изд-во АН СССР, 1985. – 36 с.
310. Оптимізація азотного живлення рослин при інтенсивних технологіях / За ред. Б.С. Носка, А. Я. Буки. – К.: Урожай, 1992. – 136 с.
311. Носко Б.С. Сучасний стан і майбутнє чорноземів України / Б.С. Носко // Вісник аграрної науки. – 1996. – № 5. – С. 20–24.
312. Оптимізація азотного живлення озимої пшениці по чистому пару / А. В. Черенков, А.І. Горбатенко, А.Г. Горобець, В. Ю. Коваленко, В.І. Чабан, О.І. Цилюрик // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 3. – С. 11–14.
313. Абросимова Л. Н. К вопросу дифференциации пахотного слоя по биологической активности и плодородию / Л. Н. Абросимова // Материалы третьей делегации съезда почвоведов (Москва, 4–16 июля 1966 г.). – М.: Наука, 1968. – С. 49–52.
314. Докучаев В.В. Російський чорнозем / В.В. Докучаев. – К.: Держсільгоспвидав, 1952. – 460 с.
315. Виноградский С. Н. Микробиология почвы (проблемы и методы) / С. Н. Виноградский. – М.: АН СССР, 1952. – 460 с.
316. Биологические основы плодородия почвы / Под ред. О.А. Берестецкого. – М.: Колос, 1966. – С. 3–30.
317. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е. Н. Мишустин. – М.: Наука, 1972. – 342 с.
318. Сидоров М.И. Плодородие и обработка почвы / М.И. Сидоров. – Воронеж, 1981. – С. 23–28.
319. Абросимова Л. Н. Исследование процессов дифференциации пахотного слоя по биологической активности в регулируемых условиях / Л. Н. Абросимова // Теоретические вопросы обработки почв / Докл. на Всес.

- научн. – техн. Совещания (17–21 декабря 1968 г.). – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – Вып. 2. – С. 233–239.
320. Пабат І.А. Використання післяжнивних решток і гною у сівозмінах Степу / І.А. Пабат, А.І. Горбатенко, А.Г. Горобець, В. Ю. Коваленко, В.І. Чабан, С.П. Клявзо // Вісник аграрної науки. – 2004. – № 9. – С. 11–15.
321. Роскошанский А.Д. Пожнивно–корневые остатки различных культур севооборота как источник поглощения органического вещества почвы / А.Д. Роскошанский // Бюллетень ВИУА, 1981. – № 58. – С. 41–44.
322. Заяц А.П. Биологические процессы и содержание питательных веществ в чернозёме типичном при плоскорезной и дисковой обработках почвы под ячмень / А.П. Заяц // Вісник аграрної науки. – 1995. – № 12. – С. 31–38.
323. Петриненко В. Удобрение соломой / В. Петриненко // Зерно (журнал агропромышленника). – К.: Изд. дом. “Зерно”, 2006. – Июль. – С. 66–69.
324. Унгуриян В.Г. Повышение эффективности и устойчивости земледелия на Украине и Молдавии / В.Г. Унгуриян. – К.: Урожай, 1981. – С. 55.
325. Рюбензам.Э. Землеробство / Э. Рюбензам, К. Рауэ. – М.: Колос, 1969. – С. 520.
326. Носко Б.С. Сельское хозяйство за рубежом / Б.С. Носко, А.И. Хабарова, З. К. Благовещенская. – 1981. – № 4. – С. 14.
327. Демиденко О.В. Грунтоутворення в агроценозах при мінімальному обробітку чорноземів / О.В. Демиденко // Посібник українського хлібороба (науково–виробничий щомісячник). – 2010. – № 1. – С. 108–112.
328. Геркиял А.М. Накопление органических веществ и элементов питания в почве с пожнивными и корневыми остатками парозанимающих культур / А.М. Геркиял // Агрохимия. – 1974. – № 2. – С. 15–19.
329. Данилевски А.Ф. Накопление растительных остатков полевых культур в почве и содержание в них питательных веществ / А.Ф. Данилевски, В. Е. Ещенко // Агрохимия. – 1972. – № 8. – С. 65–69.
330. Донос А.И., Кордуняну П. Н. Роль растительных остатков в пополнении запасов почвы органическим веществом и элементами минерального питания / А.И. Донос, П. Н. Кордуняну // Агрохимия. – 1980. – № 6. – С. 63–69.
331. Каштанов А.Н. Докучаевском учение о почве и проблемі современного земледелия / А.Н. Каштанов // 100 лет генетического почвоведения. – М.: Наука, 1986. – С. 37–41.
332. Наукові основи ведення зернового господарства / В.Ф. Сайко, М. Г. Лобас, І. В Яшевський, А.М. Малієнко [та ін.]. – К.: Урожай, 1994. – 334 с.

333. Смаглий О.Ф. Агроєкологія / О.Ф. Смаглий. – К.: Вища освіта, 2006. – 617 с.
334. Рисін Л.М. Адаптивне землеробство: навчальний посібник / Л.М. Рисін, П.В. Волох. – Дніпропетровськ.: Видавництво “Свидлер А.Л.”, 2011. – 190 с.
335. Медведев В.В. Методика моніторингу земель, що перебувають у кризовому стані / В.В. Медведев. – Харків, 1998. – 28 с.
336. Чумак В.С. Наукове обґрунтування ефективності сівозмін і добрив у північному Степу України: дис. доктора с.-г. наук: 06.01.01 / Чумак Володимир Семенович. – Дніпропетровськ., 2001. – 435 с.
337. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні / Монографія. За ред. доктора с.-г. наук, проф. М. К. Шикіули. – К.: Оранта, 2000. – 389 с.
338. Егоров В.В. Некоторые вопросы повышения плодородия почв / В.В. Егоров // Почвоведение, 1981. – № 10. – С. 71–79.
339. Сайко В.Ф. Теоретичні основи і практичні аспекти розвитку “біологічного” землеробства в Україні / В.Ф. Сайко // Землеробство: Міжвідомчий науковий збірник. – 1994. – Вип. 60. – С. 3–7.
340. Тараріко О. Г. Наукові основи біологізації і екологізації ґрунтозахисного землеробства // Зб. наукових праць Інституту землеробства, 1999. – С. 3–17.
341. Чумак В.С. Поживний режим зернових і олійних культур на чорноземах України / В.С. Чумак, Л.М. Десятник, А. В. Кохан // Бюлетень ІСГСЗ НААН України. – 2012. – 3. – С. 131–134.
342. Чернозёмы обыкновенные – прежде и теперь / [Крамарев С., Исаенков В., Артеменко С., Сидоренко Ю., Леринец Ф. и др.] // Зерно (всеукраинский журнал современного агропромышленника). – 2013. – № 4. – С. 47–59.
343. Воробьев С.А. Севообороты интенсивного земледелия / С.А. Воробьев. – М.: Колос, 1979. – 367 с.
344. Грицаєнко З. М. Гербициди і продуктивність сільськогосподарських культур / З. М. Грицаєнко. – Умань, 2005. – 686 с.
345. Циков В.С. Бур’яни: шкодочинність і система захисту / В.С. Циков, Л.П. Матюха. – Дніпропетровськ.: ООО “ЕНЕМ”. – 2006. – 86 с.: 20 іл.
346. Ларінов Д. К. Бур’яни і боротьба з ними / Д. К. Ларінов, І.А. Макодзеба. – К.: Держсільгоспвидав УРСР, 1957. – 236 с.
347. Ступаков В.П. Довідник по бур’янам / В.П. Ступаков. – К.: Урожай, 1984. – 190 с.
348. Іващенко О. О. Бур’яни в агрофітоценозах: проблеми практичної гербології / О. О. Іващенко. – К.: Світ, 2001. – 235 с.

349. Фисюнов А. В. Сорные растения / А. В. Фисюнов. – М.: Колос, 1984. – 320 с., ил.
350. Циков В.С. Захист зернових культур від бур'янів у Степу України / В.С. Циков, Л.П. Матюха, Ю. І. Ткаліч. – Дніпропетровськ.: “Нова ідеологія”. – 2012. – 211 с.
351. Круть В.М. Теоретичні основи обробітку ґрунту / В.М. Круть. – К.: Урожай, 1986. – С. 5–24.
352. Лисенко А. К. Система боротьби з бур'янами / А. К. Лисенко, Л. Т. Ушакова // Наукові основи ведення зернового господарства. – К.: Урожай, 1994. – С. 206–216.
353. Мазур Г.А. Оцінка ефективної родючості ґрунтів / Г.А. Мазур, М.М. Єрмолаєв, М.А. Ткаченко, П.Д. Гринчук, Ю. В. Лещенко // Збірник наукових праць інституту землеробства УААН. – К.: Фітосоціоцентр, 2003. – Вип. 1–2. – С. 12–17.
354. Грабак Н.Х. Система обробки почвы / Н.Х. Грабак, И. Н. Безручко, Н. Ф. Дзюбинський, А.Г. Тарарико, Г.И. Миронов, И.А. Корчева, В.П. Стрельченко // Справочник по почвозащитному земледелию. – К.: Урожай, 1990. – С. 72–98.
355. Круть В.М. Теоретичні основи обробітку ґрунту / В.М. Круть // Обробіток ґрунту в системі інтенсивного землеробства. – К.: Урожай, 1986. – С. 5–24.
356. Іващенко О. О. Бур'яни в агрофітоценозах / О. О. Іващенко. – К.: Либідь, 2001. – 234 с.
357. Горбатенко А.І. Система обробітку ґрунту в сівозмінах / А.І. Горбатенко, А.Г. Горобець, О.І. Циліурік // Система ведення сільського господарства Дніпропетровської області. – Дніпропетровськ.: ІЗГ УААН, 2005. – С. 40–48.
358. Циков В.С. Удосконалення системи контролю забур'яненості в Степу / В.С. Циков, Л.П. Матюха // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 7. – С. 20–24.
359. Якунин А.А. Минимализация обработки почвы при возделывании кукурузы в северной Степи Украины: автореф. дис. на соискание науч. степени докт.С.–х. наук: спец. 06.01.01 “общее земледелие” / А.А. Якунин. – Днепропетровск, 1993. – 28 с.
360. Будьонний Ю. В. Вплив довготривалого застосування різних способів основного обробітку ґрунту на зміну забур'яненості та врожайності культур ланки сівозміни / Ю. В. Будьонний, М.В. Шевченко //

- Забур'яненість посівів та засоби і методи її зниження. – К.: Світ, 2002. – С. 7–11.
361. Борисоник З. Б. Обробіток ґрунту і боротьба з ерозією / З. Б. Борисоник // Наукові основи землеробства і тваринництва в зоні Степу УРСР. – К.: Урожай, 1964. – С. 60–71.
362. Шикула Н.К. Бесплужная обработка почвы на Украине / Н.К. Шикула // Земледелие. – № 3. – 1980. – С. 26–28.
363. Бенедичук Н. Ф. Севооборот и обработка почвы против сорняков / Н. Ф. Бенедичук, Ф.А. Леринец // Земледелие. – № 8. – 1991. – С. 57–60.
364. Карабжей С.П. Вплив способів обробітку ґрунту на забур'яненість посівів культур ґрунтозахисної сівозміни / С.П. Карабжей, К. І. Шевченко // Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – Вип. 3. – С. 7–11.
365. Лысенко А.К. Основная обработка почвы и засорённость посевов / А. К. Лысенко, А.М. Малиенко, Е.И. Дорошенко // Земледелие. – № 9. – 1988. – С. 37–39.
366. Смирнов Б.А. Минимализация основной обработки почвы и засорённость посевов / Б.А. Смирнов, А.С. Мазохин // Земледелие. – 1990. – № 2. – С. 43–45.
367. Яровенко В.В. Способи обробітку ґрунту і розміщення насіння бур'янів по шарах ґрунту / В.В. Яровенко // Вісник аграрної науки. – 1997. – № 8. – С. 5–7.
368. Ткалич И. Д. Цветок солнца (основы биологии и агротехники подсолнечника: монография) / И. Д. Ткалич, Ю. И. Ткалич, С.Г. Рычик // под ред. док-рА.С.-х. наук, проф. И. Д. Ткалича. – Днепропетровск, 2011. – 172 с.
369. Борисоник З. Б. Подсолнечник / З. Б. Борисоник, И. Д. Ткалич, А.Н. Науменко [и др.]; под ред. З. Б. Борисоника. – К.: Урожай, 1985. – 460 с.
370. Цилюрик О.І. Вплив способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість чистих парів в Степу України / О.І. Цилюрик // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2010. – № 39. – С. 137–142.
371. Цилюрик О.І. Забур'яненість чистого пару за різних способів його обробітку в Степу України / О.І. Цилюрик // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2009. – № 1. – С. 28–33.
372. Горбатенко А.І. Контролювання бур'янів за різних способів обробітку чорного пару / А.І. Горбатенко, А.Г. Горобець, О.І. Цилюрик, І.В. Кротінов // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2007. – № 30. – С.51–56.

373. Цилюрик О.І. Ефективність чистого пару за різних способів його обробітку в Степу України / О.І. Цилюрик // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2008. – № 33–34. – С. 77–81.
374. Горбатенко А.І. Ефективність раннього пару в Степу України / А.І. Горбатенко, А.Г. Горобець, О.І. Цилюрик, В.О. Компанієць // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 9. – С. 10–13.
375. Обработка почвы и фитосанитарное состояние озимой пшеницы: тезисы докладов на научно–практической конференции “Эффективность научных исследований в промышленном и сельскохозяйственном производстве” / А.Д. Шелудько, В.В. Тимошенко, Т. И. Продченко. – Ч. I. – Херсон, 1993. – С. 64.
376. Бондаренко М.В. Общая сельскохозяйственная энтомология / М.В. Бондаренко, С.М. Пospelов, М.П. Персов. – М.: Колос, 1983. – С. 270–272.
377. Фитосанитарные аспекты новых технологий возделывания зерновых в Степи Украины: материалы VIII съезда ВЕО “Новейшие достижения сельскохозяйственной энтомологии” / П. И. Сусидко, В.Н. Писаренко. – Вильнюс, 1981. – С. 172–176.
378. Грушка Я. Монография о кукурузе (перевод с чешского) / Я. Грушка. – М.: Колос, 1965. – 751 с.
379. Кириченко В.В. Захист кукурудзи від хвороб і шкідників / В.В. Кириченко, В.П. Петренкова, І.А. Гур'єва, Л.М. Чернобай, І. М. Черняєва, Т. Ю. Маркова // Посібник українського хлібороба (науково–практичний збірник). – 2008. – С. 14–31.
380. Иващенко В.Г. Вредоносность основных болезней, кукурузного мотылька / В.Г. Иващенко // Кукуруза и сорго. – 1996. – № 3. – С. 12–15.
381. Дудка Є. Л. Інтегрований захист кукурудзи від шкідників і хвороб / Є. Л. Дудка, Н. І. Пінчук., П.В. Солоний // Захист і карантин рослин. – К., 2007. – Вип. 53. – С. 298–309.
382. Починок Л. Хвороби та шкідники в посівах кукурудзи / Л. Починок, В. Пасацька // Пропозиція. – 2013. – № 3. – С. 84–94.
383. Коршунова А.Ф. Защита пшеницы от корневых гнилей / А.Ф. Коршунова, А. Е. Чумаков, Р. И. Щекочихина. – Ленинград.: Колос, 1976. – 184 с.
384. Дударєва Г.Ф. Кореневі гнилі озимої пшениці та шляхи зниження їх шкодочинності в умовах Півдня Степу України / Г.Ф. Дударєва // Аграрний вісник Причорномор'я. – 1999. – Вип. 3(6). – С.102–105.
385. Крючкова Л.О. Звичайна коренева гниль / Л.О. Крючкова, Г.Ф. Дударєва // Захист рослин. – 2000. – № 11. – С. 10–11.

386. Дударєва Г.Ф. Коренева гниль пшениці. Вплив ґрунтозахисних систем обробітку ґрунту, добрив та попередників на розвиток хвороби / Г.Ф. Дударєва // Захист рослин. – 2001. – № 4. – С.10–11.
387. Алпатьєв А.М. Влагодоборот культурних рослин / А.М. Алпатьєв. – Л.: Гидрометеоздат, 1954. – 238 с.
388. Демешко К. М. Ефективність основного обробітку ґрунту у Кіровоградській області / К. М. Демешко, М.І. Черячукін // Степове землеробство. – 1991. – № 25. – С. 43–48.
389. Десятник Л.М. Структурно – агрегатний склад ґрунту після різних попередників та систем основного обробітку ґрунту у південно – східній частині степу України / Л.М. Десятник, І.В. Кротінов // Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. – 1999. – № 10. – С. 25–29.
390. Дуда Г.Г. Вплив основного обробітку ґрунту на ефективність органічних і мінеральних добрив / Г.Г. Дуда // Обробіток ґрунту в Степу. – Дніпропетровськ, 1963. – 109 с.
391. Сдобников С.С. Обработка почвы и питание растений / С.С. Сдобников // Земледелие. – 1980. – № 8. – С. 18–22.
392. Попов Ф.А. Обработка почвы под полевые культуры / Ф.А. Попов. – К.: Урожай, 1969. – 263 с.
393. Максимчук И.П. Влияние системы основной обработки почвы на плодородие и урожайность культур полевого севооборота Лесостепи Украины / И.П. Максимчук, Ю. П. Манько, А.П. Кротинов. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 153–162.
394. Яровский А.Г. Дифференцированная обработка почвы в Лесостепи Украины / А.Г. Яровский, И.П. Максимчук, Ю. П. Манько // Земледелие. – 1988. – № 3. – С. 44–45.
395. Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету (Спец. випуск). – Умань.: УДАУ, 2003. – С. 614–617.
396. Малярчук М.П. Вплив ґрунтозахисних систем обробітку в сівозміні на родючість ґрунту, забур'яненість посівів та продуктивність сільськогосподарських культур / М.П. Малярчук // Зрошуване землеробство. – 1992. – № 37. – С. 13–19.
397. Котляр Н.И. Повысить отдачу чистых паров в южной части Степи Украины / Н.И. Котляр // Земледелие. – 1984. – № 11. – С. 16–18.
398. Тарарико А.Г. Агроэкологические основы почвозащитного земледелия / А.Г. Тарарико. – К.: Урожай, 1990. – 184 с.

399. Витер А.Ф. Изменение плодородия обыкновенного чернозёма ЦЧЗ под влиянием приёмов основной обработки почвы / А.Ф. Витер // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1984. – № 1. – С. 77–84.
400. Извеков А.С. Перспективы внедрения почвозащитных технологий / А.С. Извеков // Земледелие. – 1988. – № 8. – С. 36–38.
401. Щербаков В.И. Совершенствовать основную обработку почвы в Донбассе / В.И. Щербаков, А.Г. Зуза, Р.Ф. Истомина // Земледелие. – 1984. – № 11. – С. 18–20.
402. Черепанов Г.Г. Роль послеуборочных остатков в почвозащитном земледелии / Г.Г. Черепанов // Обзорная информация. – М.: ВНИИТЭИ агропром, 1991. – 52 с.
403. Борисоник З. Б. Ярі колосові культури / З. Б. Борисоник, О.М. Борсук. – К.: Урожай, 1969. – 158 с.
404. Сокол А.А. Ячменное поле Дона: Опыт возделывания и рекомендации / А.А. Сокол. – Ростов на Дону.: Ростовское книжное издательство, 1985. – 112 с.
405. Коваленко А. П. Интенсификация производства зерна / А. П. Коваленко // Земледелие. – 1972. – № 9. – С. 11–12.
406. Білоножко М.А. Рослинництво. Інтенсивна технологія вирощування польових і кормових культур: Навчальний посібник / М.А. Білоножко В.П. Шевченко, Д.М. Алімов [та ін.]. – К.: Вища школа, 1990. – 292 с.
407. Конищев, А. А. Погодные условия и выбор обработки почвы / А. А. Конищев, Е. Н. Конищева // Земледелие. – 2007. – № 6 – С. 12.
408. Цилюрик О.І. Чизельний обробіток ґрунту під ячмінь ярий в північному Степу / О.І. Цилюрик, А.Г. Горобець, В.П. Шапка // Бюлетень ІСГСЗ НААН України. – 2013. – № 4 – С. 14–17.
409. Крамарёв С.М. Удобрение кукурузы на чернозёмах обыкновенных степной зоны Украины: монография / С.М. Крамарёв. – Днепропетровск.: “Нова Ідеологія”, 2010. – 632 с.
410. Ревут И.Б. Теоретические вопросы обработки почв / И.Б. Ревут. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – Вып. 3. – 368 с.
411. Федоровский Д. В. Расчёт доз удобрений по выносу питательных веществ урожаем / Д. В. Федоровский // Химия в сельском хозяйстве. – 1964. – № 6. – С. 45–52.
412. Лотоненко И.В. Влияние обработки почвы на урожайность кукурузы при орошении / И.В. Лотоненко // Орошаемое земледелие. – 1990. – № 35. – С. 39–41.

413. Снеговой В.С. При орошении целесообразна вспашка / В.С. Снеговой // Земледелие. – 1975. – № 1. – С. 66–67.
414. Малярчук Н.П. Влияние основной обработки почвы на почвенное плодородие и урожай кукурузы в орошаемом севообороте юга Украины: автореф. дис. на соискание науч. степ. канд. с.–х. наук: спец. 06.01.01. “Общее земледелие” / Н.П. Малярчук. – Херсон, 1986. – 21 с.
415. Рыжиков Д. П. Почвозащитная – под кукурузу / Д. П. Рыжиков, В.А. Семякин // Земледелие. – 1978. – № 3. – С. 34–35.
416. Щербак И.Е. Почвозащитная технология возделывания зерновых культур в южных районах Украины / И.Е. Щербак. – М.: Колос, 1979. – 239 с., ил.
417. Семякин В.А. Сравнительная оценка плоскорезной и отвальной обработки почвы под кукурузу в юго–восточных районах Украинской ССР, подверженных ветровой эрозии: автореф. дис. на соискание науч. степ. канд. с.–х. наук: спец. 06.01.01. “Общее земледелие” / В.А. Семякин. – Каменец–Подольск, 1980. – 20 с.
418. Акентьева Л.И. Влияние плоскорезной обработки и удобрений на физико–химические свойства и структурное состояние слабо эродированного чернозёма обыкновенного / Л.И. Акентьева // труды Харьковского СХИ. – 1978. – Т. 255. – С. 77–83.
419. Грабак Н.Х. Почвозащитная технология на юге Украины / Н.Х. Грабак, Т.М. Стоковская, А.П. Ткаченко [и др.] // Земледелие. – 1979. – № 8. – С. 29–31.
420. Ершов С.О. Влияние системы обработки почвы на урожайность культур и накопление влаги / С.О. Ершов, В.Г. Бурячковский, В.В. Коваленко // Степное земледелие. – 1979. – № 13. – С. 20–24.
421. Круть В.М. Плоскорезная обработка почвы под кукурузу / В.М. Круть, Н. Ф. Бенедичук, Ю.А. Швец // Кукуруза. – 1979. – № 10. – С. 18–19.
422. Фисюнов А. В. Биологические проблемы земледелия / А. В. Фисюнов // Земледелие. – 1981. – № 3. – С. 21–23.
423. Ильченко В.А. Поверхностная и безотвальная обработка почвы в севообороте / В.А. Ильченко // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1976. – № 10. – С. 1–7.
424. Кивер В.Ф. Засорённость посевов при минимальной обработке почвы на орошаемых землях Молдавии / В.Ф. Кивер, Р.А. Мелуа, А.Д. Пилипенко // Земледелие. – 1979. – № 3. – С. 38–41.

425. Чуданов И.А. Минимализация плоскорезной обработки почвы / И.А. Чуданов // Обработка почвы в степном Заволжье. – Куйбышев., 1980. – С. 13–19.
426. Круть В.М. Структура посевов и обработка почвы на Украине в степной зоне / В.М. Круть // Земледелие. – 1980. – № 4. – С. 35–36.
427. Никитчин Д.И. Обработка почвы под крупноплодный подсолнечник / Д.И. Никитчин, А.И. Поляков // Земледелие. – № 6. – 1997. – С. 15–16.
428. Никитчин Д.И. Удельно–тяжолые семена и продуктивность подсолнечника / Д.И. Никитчин, А. Е. Минковский // Масличные культуры. – Х., 1997. – 62 с.
429. Аксёнов И. В. Агроприёмы выращивания и урожайность подсолнечника / И. В. Аксёнов // Науч. – техн. бюл. Ин–та масличных культур. – Запорожье, 2004. – Вып. 9. – С. 155–161.
430. Белоусько Я.К. Качество и эффективность производства зерна / Я.К. Белоусько. – К.: Урожай, 1979. – 160 с.
431. Жемела Г.П. Справочник по качеству зерна / Г.П. Жемела. – К.: Урожай, 1983. – 176 с.
432. Жемела Г.П. Агротехнические основы повышения качества зерна / Г.П. Жемела, А.Г. Мусатов. – К.: Урожай, 1989. – 160 с.
433. Зубенко В.Ф. Эффективна ли бесплужная обработка почвы в зерносвекловичных севооборотах / В.Ф. Зубенко // Земледелие. – 1988. – № 5. – С. 19–21.
434. Зинченко В.И. Влияние способов основной и передпосевной обработки на плодородие и урожайность зернофуражных культур в степном Крыму: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.–х. наук: спец 06.01.01 “Общее земледелие” / В.И. Зинченко – Полтава., 1985. – 21 с.
435. Чуданов И.А. В Среднем Поволжье / И.А. Чуданов, В.П. Васильев // Земледелие. – 1988. – № 2. – С. 43–46.
436. Федоткин В.А. Зяблевая обработка почвы на чернозёмах Тюменской области / В.А. Федоткин, Н.В.Абрамов // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 221–226.
437. Вожегов С.Г. Эффективность различных ресурсосберегающих систем обработки южного чернозёма в орошаемом севообороте степной зоны Крыма: дис. канд. с.–х. наук: 06.01.01 / С.Г. Вожегов. – Клепинино., 1997. – 134 с.
438. Мединец В.Д. Весеннее развитие и продуктивность озимых хлебов / В.Д. Мединец. – М.: Колос. – 1982. – С. 17–78.

439. Клименко В.Л. Урожай и качество озимой пшеницы в зависимости от предшественников и удобрений / В.Л. Клименко, А.М. Калинецкая, С.В. Попова // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1976. – № 2. – С. 86–89.
440. Сидоров М.И. Научные и агротехнические основы севооборотов / М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1993. – 104 с.
441. Матяш І.О. Вплив попередників на врожай і якість зерна озимої пшениці в умовах недостатнього зволоження Лісостепу Української РСР // І.О. Матяш, В.О. Пастушенко, П.І. Бойко, Г. І. Бойко // Землеробство. – К.: Урожай. – 1977. – С. 78–84.
442. Лазарев В.И. Влияние предшественников, удобрений и метеорологических условий на качество зерна озимой пшеницы / В.И. Лазарев // Зерновые культуры. – М. – 1996. – № 1. – С. 7–10.
443. Сівозміни у землеробстві України. / [За ред. В.Ф. Сайка, П.І. Бойка]. – К.: Аграрна наука, 2002. – 146 с.
444. Патик С.М. Ефективність коротко ротаційних польових сівозмін в умовах Степу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.–г. наук : спец 06.01.01 – “Загальне землеробство” / С.М. Патик. – К., 2009. – 19 с.
445. Гусев Н.Г. Продуктивность пожнивных кормовых смесей при различных способах обработки / Н.Г. Гусев, М.П. Исичко // Орошаемое земледелие. – 1990. – № 35. – С. 65–69.
446. Лымарь А.О. Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур, плодородия почвы в интенсивных орошаемых севооборотах Юга Украины: автореф. Дис. на соискание науч. степени док. с.–х. наук: спец. 06.01.01 “Общее земледелие” / А.О. Лымарь. – Кишинёв, 1991. – 60 с.
447. Рассадин А. Я. Влияние энергосберегающих систем обработки дерново–подзолистой среднесуглинистой почвы в севооборотах на урожайность полевых культур / А. Я. Рассадин, Г.Г. Манолий // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 145–200.
448. Яровенко В.В. Совершенствуя агрономические элементы системы земледелия Крыма / В.В. Яровенко, Н.Г. Осенний, П.К. Терещенко // Сборник научных трудов. – К., 1991. – С. 143–154.
449. Кошкин П.Д. Обработка почвы и продуктивность пашни / П.Д. Кошкин // Земледелие. – 1990. – № 8. – С. 40–41.
450. Наумкин В.Н. Обработка почвы под кукурузу / В.Н. Наумкин // Земледелие. – 1991. – № 3. – С. 58–59.
451. Комаров М.И. Возможность минимализации основной обработки каштановых почв в зернопаропропашном севообороте Заволжья / М.И.

- Комаров, В.Н. Тумасов // Ресурсозберігаючі системи обробки ґрунту.
– М.: Агропромиздат, 1990. – С. 78–84.
452. Чайкин П. Оценка продуктивности интенсивных севооборотов / П. Чайкин,
З. Погосов // Экономика сельского хозяйства. – 1984. – № 1. – С. 89–90.
453. Strnad P. Porovnaní výrobnosti osevních postupů vusnou Koncentrací obilnin /
P. Strnad // Rostl. Vyroba. – 1974. – 20.3. – Р. 207–216.
454. Голомба Р.А. Методика економічної оцінки структури площ та сівозміни /
Р.А. Голомба. – К., 1966. – 7 с.
455. Економіка виробництва зерна (з основами організації і технології
виробництва): монографія / [В.І. Бойко, Є.М. Лебідь, В.С. Рибка та ін.]; за
ред. В.І. Бойка. – К.: ННЦ ІАЕ, 2008. – 400 с.
456. Рибка В.С. Обробіток ґрунту та його вплив на ефективність виробництва
озимої пшениці в паровому полі Степу України / В.С. Рибка, В.О.
Компанієць, А.О. Кулик, А.І. Горбатенко, А.Г. Горобець, О.І. Циліорик //
Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2008.– № 35. – С. 34–39.
457. Браженко І.П. Біоенергетична оцінка польових культур / І.П. Браженко, О.
П. Райко, К. П. Удовенко // Вісник аграрної науки. – 1996. – № 10. – С.
22–27.
458. Чумак В.С. Біоенергетична оцінка ефективності спеціалізованих сівозмін /
В.С. Чумак, І.Ф. Сокрута // Бюлетень Інституту зернового господарства. –
1999. – № 8. – С. 16–18.

З М І С Т

ПЕРЕДМОВА	3
Розділ 1. ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ТА СУЧАСНИЙ СТАН ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....	5
1.1. Історичний аспект та ефективність різних способів основного обробітку ґрунту під польові культури.....	5
1.1.1. Еволюція ґрунтообробітку.....	5
1.1.2. Полицевий обробіток (оранка).....	10
1.1.3. Безполицевий (плоскорізний, чизельний, дисковий) ґрунтозахисний, мульчувальний обробіток.....	16
1.1.4. Мінімальний (мілкий, поверхневий), нульовий обробіток і система No-till	29
1.2. Проблеми основного обробітку ґрунту та його завдання в сучасних умовах господарювання.....	48
Розділ 2. ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ.....	50
Розділ 3. АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПРОТИДЕФЛЯЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ҐРУНТУ ПІД ВПЛИВОМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....	66
3.1. Структурний стан	66
3.2. Твердість	75
3.3. Щільність складення та пористість	82
3.4. Протидефляційна стійкість	92
Розділ 4. ВОЛОГІСТЬ ҐРУНТУ ПО РІЗНИХ АГРОФОНАХ ЙОГО ОБРОБІТКУ.....	113
4.1. Зміна вологості у ґрунті та водоспоживання польовими культурами.....	113
4.2. Роль чорних парів у накопиченні води і відновленні водного балансу в сівозміні.....	127
Розділ 5. ВПЛИВ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ, БІОЛОГІЧНУ АКТИВНІСТЬ ТА ГУМУСНИЙ СТАН ЧОРНОЗЕМУ....	140
5.1. Уміст елементів живлення та поживних речовин у ґрунті	140
5.2. Біологічна активність ґрунту.....	153
5.3. Гумусний стан, баланс поживних речовин та використання рослинних решток для відтворення природної родючості ґрунту.....	157

Розділ 6. ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН ПОСІВІВ У ЗВ'ЯЗКУ ІЗ СПОСОБАМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....	168
6.1. Забур'яненість пару та посівів польових культур.....	168
6.2. Пошкодженість шкідниками та ураженість хворобами посівів.....	185
Розділ 7. УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ТА СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ҐРУНТУ.....	193
7.1. Урожайність польових культур.....	193
7.2. Якість зерна та насіння.....	210
Розділ 8. ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА УДОБРЕННЯ.....	217
Розділ 9. ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В СІВОЗМІНАХ.....	224
9.1. Економічна ефективність вирощування ранніх зернових та просапних культур.....	224
9.2. Економічна ефективність сівозмін залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення	233
9.3. Біоенергетична ефективність систем обробітку ґрунту.....	236
Розділ 10. РЕКОМЕНДАЦІЇ АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВУ ЩОДО ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬЧУВАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В СТЕПУ.....	240
10.1. Обробіток ґрунту під озимі культури.....	244
10.2. Обробіток ґрунту під ярі культури.....	250
10.3. Передпосівний вологозберігаючий обробіток ґрунту.....	256
10.4. Використання побічної продукції рослинництва.....	257
Використана література.....	262

О.І. Циліорик

СИСТЕМА
МУЛЬЧУВАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ
ҐРУНТУ В СІВОЗМІНАХ ПІВНІЧНОГО
СТЕПУ

Монографія

Підписано до друку 06.07.2019 р.
Формат 60x84/16. Папір друк. №2.
Гарнітура Times New Roman Умовн. друк. арк. 7,5.
Тираж 300 прим.
Замовлення 06-07-19

Видавець ФОП Піча С.В.
а/с 5026, м. Львів-53, 79053, Україна
e-mail: novsv2016@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і
розповсюджувачів видавничої продукції: серія ДК № 5069 від
22.03.2016 року, видане Державним комітетом інформаційної
політики, телебачення та радіомовлення України