

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

М. В. ВОЙТОВИК, І. Д. ПРИМАК, Ю. В. ЦЮК

АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВІДТВОРЕННЯ РОДІЮЧОСТІ
ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ТА ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ
КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН

Монографія

2025

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського
національного університету імені Володимира Даля
(Протокол № 9 від 25 квітня 2025 р.)

Рецензенти:

В. В. Іваніна – доктор сільськогосподарських наук, доцент, завідувач відділу агрохімічних досліджень Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН;
І. В. Мартинюк – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях ННЦ «Інститут землеробства НААН»;
Д. В. Літвінов – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О. І. Душечкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України

Войтовик М.В.

В 65 Агроекологічні основи відтворення родючості чорнозему типового та підвищення продуктивності короткоротаційних сівозмін: монографія / М.В. Войтовик, І.Д. Примак, Ю.В. Цюк. – Вінниця : ТОВ «НІЛАН-ЛІТД», 2025. – 284 с.

ISBN 978-617-558-316-6

У монографії наведено наукове обґрунтування та експериментально встановлено нове розв'язання наукової і практичної проблеми ефективного використання чорнозему типового глибокого малогумусного з відтворенням його родючості за допомогою сівозмін, систем удобрення та обробітку ґрунту в Правобережному Лісостепу України. На основі проведених досліджень запропоновано систему удобрення польових культур, враховано особливості п'ятипольних сівозмін з відповідним співвідношенням та насиченням сівозміни зерновими і просапними культурами. Доведено можливість розширеного відтворення родючості ґрунту за органо-мінеральної системи удобрення.

Встановлено основні параметри агрофізичних, агрохімічних, біологічних, водно-фізичних, фітосанітарних властивостей чорнозему типового глибокого малогумусного під впливом полищево-безполищевого обробітку та органо-мінеральної системи удобрення у п'ятипольних сівозмінах.

Розроблено раціональну полищево-безполищеву ситсему обробітку ґрунту в сівозміні, яка передбачає науковообґрунтоване чергування полищевого обробітку з різними видами безполищевого на тлі органо-мінеральної системи удобрення зі спільним використанням побічної продукції.

У ній запропоновано систему основного обробітку ґрунту та систему удобрення сільськогосподарських культур, враховано особливості розміщення польових культур, насичення соняшником короткоротаційних сівозміни і рівень родючості ґрунту.

Для агрономів, ґрунтознавців, екологів, викладачів, аспірантів, студентів аграрних ВУЗів.

[https://doi.org/10.33216/MonographSNU\(978-617-558-316-6\)-2025-284](https://doi.org/10.33216/MonographSNU(978-617-558-316-6)-2025-284)

УДК 631.95:631.445.4:631.582

© Войтовик М.В., Примак І.Д., Цюк Ю.В., 2025

© Східноукраїнський національний

університет імені Володимира Даля, 2025

© ТОВ «НІЛАН-ЛІТД», 2025

ISBN 978-617-558-316-6

ЗМІСТ

	ПЕРЕДМОВА	5
РОЗДІЛ 1	ВПЛИВ СІВОЗМІН, УДОБРЕННЯ І СПОСОБУ ОБРОБІТКУ НА ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ	6
	1.1 Еволюція розвитку теоретичних основ сівозміни.....	6
	1.2 Формування поживного режиму ґрунту залежно від удобрення та обробітку ґрунту	8
	1.3 Формування водно-фізичних властивостей ґрунту.....	17
	1.4 Продуктивність культур у сівозмінах залежно від обробітку ґрунту та удобрення	20
РОЗДІЛ 2	УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
	2.1 Умови проведення досліджень.....	24
	2.2 Схема досліду та методика досліджень.....	27
РОЗДІЛ 3	ВПЛИВ СІВОЗМІН, УДОБРЕННЯ Й ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ВОДНИЙ РЕЖИМ ТА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО	47
	3.1 Структура ґрунту	47
	3.2 Щільність ґрунту	54
	3.3 Пористість ґрунту	57
	3.4 Твердість ґрунту	60
	3.5 Формування запасів доступної вологи	65
	3.6 Моделювання водно-фізичних показників ґрунту залежно від агротехнічних чинників.....	74
РОЗДІЛ 4	ВПЛИВ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН НА ЗМІНУ СТАНУ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО	77
	4.1. Нагромадження рослинних залишків сільськогосподарських культур та баланс гумусу в короткоротаційних сівозмінах	77
	4.2. Зміна вмісту гумусу.....	89
	4.3. Зміни енергоємності гумусу.....	99
	4.4. Моделювання гумусного стану чорнозему типового залежно від агротехнічних чинників.....	102
РОЗДІЛ 5	ЗМІНИ АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО	105
	5.1. Зміни азотного стану ґрунту.....	106
	5.2. Формування фосфорного режиму	120
	5.3. Калійний режим	128
	5.4. Баланс елементів живлення рослин у ґрунті.....	133
	5.5 Зміни фізико-хімічних властивостей ґрунту.....	137

	5.6 Моделювання агрохімічних показників ґрунту залежно від агротехнічних чинників.....	139
РОЗДІЛ 6	БІОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ СИСТЕМИ ҐРУНТ-РОСЛИНА У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ.....	143
	6.1. Забур'яненість посівів у сівозмінах	143
	6.2. Ураження агроценозів хворобами.....	154
	6.3. Біологічні і біохімічні процеси у ґрунті.....	159
	6.4. Кореляційні зв'язки біологічних показників родючості чорнозему типового	167
РОЗДІЛ 7	ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ.....	171
	7.1 Урожайність культур.....	171
	7.2 Продуктивність сівозмін.....	179
	7.3 Якість продукції.....	185
	7.4 Моделювання продуктивності сівозмін залежно від чинників екологічного середовища.....	191
РОЗДІЛ 8	ЕНЕРГЕТИЧНЕ, ЕКОНОМІЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН.....	196
	8.1 Енергетична ефективність сівозмін	196
	8.2 Економічна ефективність сівозмін.....	202
	8.3 Екологічне оцінювання сівозмін.....	206
РОЗДІЛ 9	ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ NO-TILL	209
	9.1 Агрофізичні показники ґрунту залежно від технологій	210
	9.2 Вміст і запаси гумусу.....	216
	9.3 Чисельність дощових черв'яків.....	218
	9.4 Забур'яненість посівів	219
	9.5 Урожайність культур та ефективність мінімальних технологій	223
	9.6 Енергетичне й економічне оцінювання ефективності технологій обробітку ґрунту.....	226
	ВИСНОВКИ	230
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	235
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	236

ПЕРЕДМОВА

Успішний розвиток аграрного сектору залежить від розширеного відтворення родючості ґрунту за допомогою науково обґрунтованих систем землеробства, які враховують ґрунтово-кліматичні умови, ландшафтні особливості та екологічну безпеку навколишнього середовища. Питання підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь і збереження родючості ґрунту в різних агробіоценозах є надзвичайно важливими.

Необхідність інтенсифікації землеробства в умовах переходу до ринкових відносин в аграрному секторі економіки ставить перед сільським господарством завдання підвищення родючості ґрунту та збільшення виробництва високоякісної продукції рослинництва.

В Україні є можливість значно збільшити виробництво зерна та цукрових буряків, насамперед завдяки вдосконаленню технологій вирощування сільськогосподарських культур і впровадженню високопродуктивних сівозмін у господарствах усіх форм власності. Оптимізація сівозмін з довгими та короткими ротаціями, а також удобрення сільськогосподарських культур, суттєво впливають на поживний, водний, тепловий і повітряний режими ґрунту, що, в свою чергу, підвищує ефективність використання елементів живлення.

У більшості господарств вирощування сільськогосподарських культур відбувається без врахування ланок сівозмін, систем удобрення та збереження родючості ґрунту, екологічного впливу на навколишнє середовище, енергетичних і економічних витрат на одиницю продукції, а також покращення балансу поживних речовин у сівозміні.

Для підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції почали впроваджувати короткоротаційні сівозміни замість традиційних сівозмін з довгою ротацією. Це дозволило б досягти значного економічного ефекту в умовах поглиблення спеціалізації у виробництві сільськогосподарської продукції. Однак одночасно виникли проблеми, пов'язані з оптимізацією поживного режиму ґрунту, мінералізацією органічних речовин, зростанням забур'яненості агроценозів, а також збільшенням кількості шкідників і хвороб сільськогосподарських культур, що потребує детального вивчення та уточнення.

На основі досліджень, проведених у Лісостепу України, були обґрунтовані та експериментально розроблені способи підвищення родючості чорноземів типових залежно від обробітку ґрунту та системи удобрення в різноротаційних сівозмінах.

На основі досліджень встановлено основні параметри показників родючості ґрунту, розроблено моделі високопродуктивних енергетично збалансованих сівозмін з довгою і короткою ротаціями з урахуванням напрямків спеціалізації господарства.

Теоретично-обґрунтовані і технологічно розроблені практичні заходи з оптимізації системи удобрення сівозмін як з довгою, так і з короткою ротацією, з урахуванням підвищення врожайності і збереження родючості ґрунту, покращення балансу поживних речовин у сівозміні.

1. ВПЛИВ СІВОЗМІН, УДОБРЕННЯ І СПОСОБУ ОБРОБІТКУ НА ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ

1.1. Еволюція розвитку теоретичних основ сівозмін

Необхідність чергування культур вже давно встановлена практикою, проте не мала достатнього наукового обґрунтування. Так, ще Вергілій у своєму «Georgicon» зазначив, що після бобових можна з успіхом висівати злакові рослини, і що правильна плодозміна слугує кращим відпочинком для ґрунту [199].

Причини зниження врожаїв за беззмінних посівів тривалий час залишалися невідомими. З розвитком природних і агрономічних наук з'явилися спроби глибшого наукового обґрунтування суті чергування культур. Однією з перших стала теорія чергування посівів швейцарських ботаніків Пірама і Альфонса Декандолів [667], згідно з якою рослини беруть з ґрунту як потрібні, так і не потрібні для них речовини.

На початку ХХ ст. було виявлено токсичні речовини, що виділяються кореневими системами рослин. Помічено, що речовини, які виділяє коріння пшениці, шкідливі для цієї ж культури, менш шкідливі для вівса і не шкідливі для культур, віддалених за біологічними особливостями. За вилучення цих речовин родючість ґрунту відновлювалася [434].

У кінці ХVІІІ – на початку ХІХ ст. панувала гумусова теорія живлення рослин, згідно з якою поживою рослин вважався ґрунтовий перегній. З огляду на цю теорію, всі рослини польової культури поділялися на дві групи: перша – що виснажують і друга – збагачують ґрунти органічною речовиною. До першої групи відносили всі зернові культури, до другої – кормові трави та інші широколистяні культури.

Так, навіть зниження урожаїв льону за повторних посівів зменшує кількість рослинних залишків, ніж після збирання зернових хлібів [461].

Також А. Теср великого значення надавав культурам, що затіняли поверхню поля, причому вказував на позитивний вплив останніх на ґрунт нагромадженням газів під їхнім покривом. Одночасно вчений звертав увагу на зв'язок чергування культур із забур'яненістю: «Для истребления сорных трав весьма нужно учредить плодосмен в посевах растений...» [461].

Перехід до плодозмінних сівозмін мав прогресивне значення, адже в них дотримувался найважливіший принцип плодозмини – суворе чергування різних за біологічними особливостями та агротехнікою вирощування культур. Введення до трипільної сівозмини двох груп культур (просапних і трав) замість однієї (зернові) та відмова від чистого пару відкрило широкі можливості для запровадження незліченних варіантів плодозмінних сівозмін. До прикладу, із швидким розвитком у першій половині ХІХ ст. цукрової промисловості у такі сівозмини було включено буряки.

У 1840 р. вийшла відома книга Ю Лібиха «Хімія в її застосуванні до землеробства і фізіології», де на протипагу гумусовій теорії проголошувалося,

що тільки мінеральні речовини доставляють поживу рослинам.

На переконання Ю Лібіха, для живлення рослин потрібний не перегній, а мінеральні речовини. Всі сільськогосподарські культури він поділив на три групи: зернові, технічні та кормові рослини. Із них, за його визначенням, перші дві групи частково збіднюють ґрунт, тоді як кормові трави повністю його виснажують, а отже, за їх чергування уповільнюється виснаження ґрунту [236].

У зв'язку з тим, що технічні культури і коренеплоди вимагали частого розпушування ґрунту, вважалося, що ними повністю можна замінити чистий пар. За теорією Лібіха не може бути рослин, які поліпшують ґрунт. Всі вони тільки виснажують його. Роль сівозміни, на його думку, зводилася лише до відстрочення неминучого виснаження ґрунту.

Дослідженнями Буссенго у Франції і Лооза в Англії, які проводилися одночасно з появою книги Лібіха, встановлена важлива роль азоту в живленні рослин. Винятком із цього загального правила стали рослини з родини бобових, які майже не реагували на азотні добрива. Більше того з'ясувалося, що після цих рослин ґрунт збагачується азотом [390].

Причини впливу бобових культур на ґрунт та умови їх азотного живлення було з'ясовано у 80-х роках XIX ст. Г. Гельрігелем (Німеччина). На основі проведених дослідів вчений дійшов висновку, що бобові заражаються певними бактеріями, утворюючи на корінні бульбочки та набувають здатності засвоювати азот повітря.

Друга половина XIX ст. ознаменувалася значним розвитком фізики ґрунтів. Було з'ясовано, що родючість ґрунту залежить не тільки від його хімічного, а й фізичного складу.

Так, П. А. Костичев і В. Р. Вільямс в основу сівозмін заклали структурну теорію, відповідно до якої беззмінне вирощування культур призводить до деградації фізичних властивостей ґрунту, а підвищують його родючість багаторічні і злакові трави, тоді як руйнують однорічні трави [58].

На початку XX ст. В. Г. Ротмістров у результаті тривалих спостережень на Одеському дослідному полі зробив висновок про важливе значення чергування сільськогосподарських культур, які мають різну кореневу систему, з урахуванням вмісту вологи в ґрунті [409]. Ним була висунута теорія коренезаміни, тобто такого чергування культур, в основі якого знаходиться диференціація вирощуваних рослин за властивостями їхніх корневих систем.

Також В. Г. Ротмістров виступав проти введення в сівозміни багаторічних трав, оскільки вони висушують ґрунт на велику глибину. Тільки паровий обробіток поля, на його думку, здатний повернути цьому сухому шару потрібну вологість. Цю точку зору поділяв О. С. Єрмолов, який вважав, що в основу чергування культур у посушливих регіонах має бути покладена ідея коренезаміни [152].

Подальші дослідження практики землеробства посушливих районів країни підтвердили і дали розвинути теорію про роль кореневої системи рослин у використанні поживних речовин та вологи із ґрунту і про значення обробітку

грунту, особливо чистого пару, для забезпечення рослин водою та елементами живлення.

Ще в 1935 р. М. С. Соколов вказував, що всі ці концепції намагалися висвітлити значення чергування культур під кутом зору окремих моментів, які їх авторам видавалися вирішальними. У такому контексті майже вони мають тією чи іншою мірою здорове ядро, хоча вони правильно підкреслюючи значення певного фактора, водночас ігнорують інші аспекти явища.

Із розглянутого короткого огляду розвитку теоретичних основ сівозміни до середини ХХ ст. можна стверджувати, що в певні історичні періоди розвивалися то одна, то інша теорія необхідності чергування культур, проте переважаючою була теорія живлення і вологозабезпечення.

1.2. Формування поживного режиму ґрунту залежно від удобрення та обробітку ґрунту

Інтенсифікація землеробства призводить до збільшення впливу ґрунту за рахунок інтенсивного застосування добрив, обробітку, води, пестицидів, використання видового складу культур. Складову частину родючості ґрунту становить вміст гумусу, кількість якого залежить від особливості ґрунтів [532].

Тому із зростанням урожайності сільськогосподарських культур відбувається погіршення родючості ґрунту [46, 280, 408]. Виходячи з цього сівозміна в інтенсивному землеробстві визнана одним із вагомих, природних факторів, здатних регулювати ґрунтові процеси, параметри та співвідношення, що визначають ґрунтову родючість.

Дослідження, проведені на чорноземах типових показали, що вміст органічної речовини та її втрати залежить від низки чинників: структури посівних площ, рівня хімізації, інтенсивності обробітку ґрунту. Вони складаються з мінералізації органічної речовини за вирощування культур за сівозмінами та із втрат через вимивання та ерозійні процеси [21, 131, 537]. Темпи мінералізації гумусу залежить від наявності багаторічних трав і просапних зернових культур у польовій сівозміні [576]. За умов введення просапних культур і парового поля пришвидшується розкладання органічної речовини, тоді як агроценоз люцерни призупиняє і компенсує втрати гумусу [546].

Втрати органічної речовини у сівозмінах залежить від культур і ланок сівозміни. Так, під просапними культурами вони досягали 0,7-1,5 т/га, чистим паром 1,2-1,6 т/га, якими зерновими – 0,5-0,6 т/га, озимими – 0,4- 0,7 т/га [336].

У дослідженнях Чернігівської дослідно-селекційної станції на вилугуваних чорноземах з умістом гумусу менше 3% у сівозмінах з 40% зернових, 30% просапних, 30% бобових культур втрати гумусу за 14 років становили лише 0,02% абсолютних або близько 1% загальних вихідних запасів [20].

Компенсація втрат гумусу на чорноземах типових відбувається за рахунок післяжнивних решток і корених залишків культур сівозміни, включаючи люцерну і застосування гною. Співвідношення зернових і просапних культур у сівозміні виявляє свій вплив на баланс гумусу [42, 253].

Позитивний баланс органічної речовини у сівозмінах створюється за поєднання мінеральних і органічних добрив або лише органічних добрив у науково обґрунтованих нормах. Це значно залежить від ведення сівозмін [90, 111].

Застосування мінеральних добрив на чорноземних ґрунтах у зоні достатнього зволоження пришвидшує процеси мінералізації гумусу, що залежить від одночасного застосованих норм і наявності у сівозміні бобових культур [509].

За спільного застосування гною 10 т/га і мінеральних добрив $N_{62} P_{62} K_{62}$ на 1 га ріллі сівозмінної площі на чорноземах реградованих вміст гумусу за 32 роки зменшився на 0,2%. За внесення гною 15 т/га на 1 га ріллі та мінеральних добрив $N_{63} P_{63} K_{63}$ створюються умови для розширеного відтворення гумусу в ґрунті, у результаті чого він підвищився від 3,03 до 3,10% [42].

Нестача органічної речовини у ґрунті, який не поповнюється рослинними залишками необхідно компенсувати внесенням мінеральних і органічних добрив.

На чорноземах південних для бездефіцитного балансу гумусу необхідно застосовувати 6-10 т/га гною, в центральному Лісостепу – 8-9, у західному – 9-12 т/га [249, 342].

Підвищені норми мінеральних добрив і системи обробітку змінюють не лише кількісний та якісний склад гумусу, змінюється не тільки вміст гумінових, а й співвідношення між особою [266, 371, 472]. Дослідження фракційного складу гумусу дає можливість прогнозувати його зміни залежно від системи удобрення і сівозмін [355, 490].

Умови формування оптимального водного, теплового, поживного, повітряного режимів у ґрунті, за яких одержують максимальну продуктивність агроценозів, повинні забезпечитися найдоцільнішими системами обробітку ґрунту, за рахунок яких можна регулювати режими трансформації енергії органічної речовини, передусім, співвідношення процесів надходження та витрати енергії органічної речовини через процес її мінералізації [539].

Система землеробства, яка включає сівозміни, удобрення та обробіток комплексно впливає на баланс органічного вуглецю в агроценозах Лісостепу України. У зв'язку з такою обставиною довгострокові зміни в практичній діяльності сільськогосподарського виробництва призводять до зміни запасів органічного вуглецю. Особливо при зміні гною на побічну продукцію в якості органічних добрив і застосуванні різних способів обробітку ґрунту у сівозмінах різного типу [547].

Залишається недостатньо вивченим питання балансу гумусу в сівозмінах з короткою ротацією залежно від кількості зернових і просапних

культур, його трансформація у ґрунті. При проектуванні сівозмін слід враховувати приріст органічної речовини і стабілізацію, яку необхідно пов'язувати із зоною зволоження, системою удобрення в ланках сівозмін, багаторічними травами, що потребує вивчення і уточнення у сівозмінах.

За багаторічного систематичного застосування підвищених норм мінеральних добрив і гною підвищується загальний азот. Також підвищується кількість сполук азоту, що легко гідролізується, які зумовлюють мінерального азоту, це свідчить про поліпшення ґрунтової родючості [110, 162].

На чорноземних ґрунтах вміст мінерального азоту за удобрення буряків цукрових залежить від сівозмін [20]. Підвищується його вміст у сівозмінах з бобовими культурами і залежить від внесених азотних добрив [563].

Азот в органічній формі в чорноземних ґрунтах являє собою структурний елемент гумусних речовин [517].

Сільськогосподарські рослини для синтезу органічних речовин можуть використовувати значною мірою амонійний азот, ніж нітратний.

Підвищення амонійного живлення порівняно з нітратним спричинений тим, що азот амонійних сполук ближче до продуктів синтезу азотних речовин у рослинах, для синтезу амінокислот потрібна відновлена форма азоту [112].

Вміст азоту в чорноземі опідзоленому становить 0,15-0,20% від загальної маси ґрунту й прямо залежить від вмісту органічних речовин. Вважається [623], що азотні добрива зміщують рівновагу між різними формами азоту в ґрунті у бік підвищення в складі мінеральних сполук нітратів.

Підтримувати оптимальний азотний режим чорноземів важкого й середнього гранулометричного складу простіше, ніж фосфорного й калійного. Внесені азотні добрива поповнюють поряд із нітратною та амонійною, й інші форми ґрунтового азоту [113]. До того ж у ґрунті азот рухливий, ніж фосфор і калій, а поповнення запасів його мінеральних сполук завдяки іншим формам зазвичай відстають від темпів засвоєння такого рослинами [246].

Накопичення нітратів перебігає з різною інтенсивністю й визначається біокліматичними та агротехнологічними умовам. Поряд із накопиченням азоту в ґрунті одночасно відбувається зменшення його запасу за засвоєння рослинами і мікроорганізмами, через втрати під час денітрифікації, вимивання та поверхневого стоку [116].

Саме тому вивчення амонійного й нітратного режимів чорнозему типового у сівозмінах дає можливість оптимізувати азотне живлення технічних і зернових культур (соняшник та пшениця озима) у Ліссостепу і підготувати рекомендації із використанням норм азотних добрив з урахуванням азотфіксації, ролі перед попередників та попередників, продуктивності культур, концентрації технічних і зернових культур та особливості агрокліматичних умов [239, 496, 500, 635].

Значний вплив на накопичення азоту в ґрунті виявляють азотфіксуючі мікроорганізми [107].

Використання люцерни, сої, гороху надає можливість поліпшити азотний

режим ґрунту, підвищити вміст азоту мінеральних сполук упродовж періоду вегетації культур.

У зернобурякових сівозмінах у ланках з горохом і багаторічними травами на чорноземних ґрунтах спостерігалось підвищення вмісту мінеральних сполук азоту, в агроценозах пшениці озимої і буряків цукрових на орґано-мінеральному фоні [274].

Найсприятливіші умови для досягнення високої продуктивності рослин, а також для підвищення родючості ґрунту на потрібному рівні створюються із забезпеченням їх елементами живлення [99]. Доступні поживні елементи рослини одержують в результаті мінералізації орґанічних сполук ґрунтовими мікроорґанізмами і переходу мінеральних важкодоступних речовин у розчинні [550].

Наґромадження у ґрунті рухомих сполук азоту, фосфору і калію зменшує негативний вплив погодних умов та сприяє стабілізації врожаїв [215].

Азотні добрива виступають регулятором співвідношення процесів азотфіксації – денітрифікації, іммобілізації – мінералізації, результатом чого стає збіднення або збагачення ґрунту азотом. За застосування азотних добрив здійснюється додаткове накопичення мінерального азоту ґрунту [158].

Закріплення азоту добрив розпочинається відразу після застосування у ґрунті. Інтенсивність закріплення дуже висока. В перші години взаємодії з ґрунтом мічений азот стає закріпленим [382].

При застосуванні азотних добрив спостерігають їх втрати. Втрати азоту з ґрунту можуть також відбуватися внаслідок вимивання нітратів з із кореневого шару ґрунту та скільки припадає на частку добрив [489].

За систематичного застосування азотних добрив вимивання нітратів у глибокі горизонти ґрунту відзначено у районах з дефіцитом вологи на чорноземах звичайних [111].

На міграцію нітратного азоту у ґрунті значний вплив виявляють способи застосування добрив.

Спільне застосування азотних добрив з гноєм утримує мінеральний азот у верхній частині ґрунту, поліпшує нітратне та амонійне живлення рослин протягом вегетаційного періоду [496].

За надмірної кількості нітратів у ґрунті, особливо на карбонатних чорноземах, відбувалося збільшення вмісту N-NO₃ у листках буряків цукрових до 150 мг/кг за ГДК 220 мг/кг, у вилугуваних чорноземах 24 мг/кг [335].

Заробляння маси сидеральних культур поліпшує наявність нітратного азоту у ґрунті на початку вегетації буряків цукрових і знижує його вимивання. Поєднання мінеральних і орґанічних добрив із сидеральними культурами дозволяє поліпшити азотний режим ґрунту, проте вимагає більш детального вивчення та впровадження у сівозмінах з короткою і довгою ротаціями. Оптимальний вміст фосфатів для провідних культур сівозміни залежить від попередників, генетичних властивостей ґрунту і визначається потребою до

умов вирощування [339].

Застосування різних способів обробітку впливає на вміст рухомих фосфатів у ґрунті. За мілкого безполицевого обробітку спостерігається накопичення фосфору у верхній частині ґрунту, за посушливих умов він стає малодступним рослинам через зниження концентрації у ґрунтовому розчині [20].

За спільного внесення органічних і мінеральних фосфорних добрив відбувається міграція фосфору по профілю ґрунту, що зумовлено синтезом поліфосфатів, відповідно до чого утворюються поліфосфатні комплекси [341].

Застосування високих норм суперфосфату під буряки цукрові спричиняє більше накопичення у ґрунті залишкових фосфатів, що призводить до зафосфачення [340].

Із зростанням вмісту фосфору рухомого з низького до підвищеного рівня значно збільшується урожайність культур сівозміни на 25–40% [162, 340].

Серед вибагливих до фосфатного рівня ґрунтів розрізняють кукурудзу на силос, буряки цукрові, які ефективно підвищують вміст фосфору у ґрунті до 13–18 мг P_2O_5 на 100 г ґрунту. Значно менш чутливі ячмінь та еспарцет.

У дослідженнях, де не застосовують гній або вносять його у недостатній кількості, баланс фосфору буває негативним. Після переходу від традиційних до альтернативних методів землеробства в чотирьох господарствах Бургундії [Франція] баланс замість позитивного став негативним за дефіциту фосфору 42–67 кг/га [584]. При біологізації землеробства баланс фосфору може бути позитивним за внесення органічних добрив, а у деяких випадках навіть більшим, ніж у традиційних способах ведення галузі. Позитивний баланс отриманий за рахунок значнішого надходження фосфору з добривами і меншою втратою на формування врожаю [598].

Мілкий безполицевий обробіток ґрунту підсилює диференціацію профілю за вмістом фосфору рухомого, зростає у верхніх і знижується у нижніх шарах. Збільшення внесення фосфору з органічними добривами у 1,5 раза не підвищує його вміст у ґрунті, що свідчить про високу буферність такого ґрунту до фосфору [97].

За розкидання на ґрунтах гною відбувається зростання в них рухомих сполук фосфору, що пояснюється вивільненням фосфору з органічної речовини за рахунок мобілізації резерву ґрунту [194].

На чорноземних ґрунтах вміст рухомого фосфору залежить від застосованих добрив під культури, що впливає на баланс фосфору в сівозміні. За використання органо-мінеральної системи удобрення спостерігається найбільша рухомість фосфору.

Застосування мілкого безполицевого обробітку ґрунту призводить до зростання у верхній частині орного шару фосфору.

Уміст і форми калію в ґрунті залежать від гранулометричного складу ґрунтоутворювальних порід, інтенсивності процесів вивітрювання материнської породи, антропогенного впливу на ґрунт [7].

Багаторічне застосування системи удобрення у сівозміні створюють умови для нагромадження рухомих форм калію в орному і підорному шарах чорнозему опідзоленого. Найбільший вміст обмінного відзначено в шарі 0-20 см, що зумовлено підвищеним вмістом органічної речовини, створенням умов для біологічної акумуляції, високою ємністю вбирання опідзоленого чорнозему [543].

У ґрунті між необмінним і обмінним калієм існує динамічна рівновага. Засвоєння сільськогосподарськими культурами обмінного калію сприяє переходу необмінного у доступну форму [109]. Таким чином необмінний калій також слугує резервом у живленні рослин. Необмінна форма калію переходить повільніше у водорозчинну, ніж інтенсивність засвоєння його рослинами [110]. Тому виникає необхідність внесення калійних добрив. Частина калію при внесенні добрив засвоюється рослинами, тоді як інша

необмінна закріплюється у ґрунті.

Підвищення запасів рухомого калію в ґрунті потребує значних витрат, внесення високих норм калійних добрив через інтенсивний перехід елемента в необмінну форму [270]. Низка досліджень підтверджують тезу, що зростання вмісту рухомого калію може відбуватися навіть за негативного балансу цього елемента [294].

За застосування органічних і мінеральних добрив вміст обмінного калію на чорноземах типових у зерно-буряковій сівозміні підвищився з від 75 мг/кг до 100 мг/кг ґрунту [467].

На темно-сірому ґрунті за щорічного застосування 40 т/га гною вміст обмінного калію становив 21,7 мг/100 г ґрунту, що у 3 рази перевищував його вміст на варіанті без добрив [357].

Застосування органічних добрив у нормі 30 і 60 т/га на чорноземах типових за позитивного балансу калію не поліпшило калійного стану ґрунту [332].

Аналогічні результати одержані Я. П. Цвей та ін. [498], що пов'язано з високим рівнем забезпеченості ґрунтового комплексу іонами Са і Mg. Згідно із цим, норму калійних добрив у зернопросапних сівозмінах потрібно пов'язувати з використанням калію у ґрунтовому комплексі, щоб не відбувалося падіння ґрунтової родючості на ґрунтах, що мають менший його вміст.

У сівозмінах під впливом застосування добрив підвищується вміст обмінного і поглинутого калію у типових чорноземах [501]. Це прямо залежить від системи удобрення і ланок сівозмін та рівня забезпеченості ґрунту калієм.

Застосування орґано-мінеральної системи удобрення на чорноземах лучних карбонатних підвищило вміст необмінно-фіксованого калію упродовж 20 років у 0-30 см шарі ґрунту від 1862 до 1938 мг/кг ґрунту [578].

Із застосуванням $N_{90}P_{110}K_{130}$ під буряки цукрові на чорноземах вилугуваних вміст обмінного калію зріс на 13 мг/кг ґрунту, за внесення

$N_{90}P_{110}K_{130}+$ 40 т/га гною – на мг/кг ґрунту. За другу ротацію сівозміни в

період сходів буряків цукрових він виявився на 20 мг/кг менше за мінеральної системи удобрення, за органо-мінеральної – на 12 мг/кг ґрунту більше порівняно з першою ротацією. Рівень калію у ґрунті залежить від виносу його рослинами протягом вегетації та системи удобрення [505].

На ґрунтах з високою фіксуючою здатністю за систематичного внесення калійних добрив та їх неповного використання сільськогосподарськими культурами у сівозміні близько 40-90% невикористаного калію фіксується ґрунтом [280].

Заходи обробітку ґрунту впливають на вміст обмінного калію, що проявляється лише у шарі 0-30 см. Значно ефективніше впливають мінеральні добрива, менше органічні та ще менше – обробіток ґрунту. Безполіцеві обробітки сприяють локалізації обмінного калію у верхньому шарі ґрунту, забезпечуючи підвищення його вмісту в шарі 0-30 см на тлі застосування мінеральних та органічних добрив. Обмінний калій за полицевого обробітку рівномірно розподіляється у метровій товщі, тоді як за чизельного максимальна його кількість міститься в 0-30 см шарі ґрунту [227].

За біологічного землеробства баланс калію більш напружений, при цьому існує вірогідність виснаження ґрунтів. Річний негативний баланс калію, дефіцит якого коливається в межах від 30 до 100 мг/кг та в деяких випадках перевищує 200 кг/га, може призводити до істотного збіднення ґрунтів на цей елемент [643].

Таким чином на чорноземах типових вміст обмінного калію залежить від норм використання добрив безпосередньо під сільськогосподарські культури сівозміни. Завдання досліджень було обґрунтувати зміну калійного фонду чорнозему типового й розробити способи його оптимізації залежно від удобрення, обробітку ґрунту та сівозмін.

Із застосуванням гною різко скорочується чисельність амонійфіксуєчих бактерій, зростає чисельність фосформобілізуєчих бактерій, що використовують сполуки органічного фосфору та мінералізують їх до засвоюваних рослинами і мікроорганізмами сполук. Після застосування гною значна чисельність мікроорганізмів зростає за рахунок активізації біоти ґрунту, а також у зв'язку з їх нагромадженням з добривами [256].

Біологічна активність ґрунту за органічного землеробства вища, ніж за традиційного. Система землеробства суттєво впливає на біологічні властивості ґрунту, чисельність мікроорганізмів. Порівнянням традиційних і альтернативних господарств встановлено, що основні показники мікробіологічної активності ґрунтів на 8,2-13,7% вищі в альтернативних, ніж традиційних господарствах [642].

У роки достатнього зволоження активізація діяльності мікроорганізмів азотної групи зумовила зростання нітрифікаційної, амоніфікаційної здатності та активності протеази та уреази, що свідчить про вищу забезпеченість рослин азотом [318].

Обробіток ґрунту і добрива (мінеральні, органічні) впливають на

чисельність і співвідношення різних фізіологічних груп ґрунтових

мікроорганізмів. Вплив мінеральних добрив на ґрунтову біоту мало специфічний і залежить від дози внесення добрив та хімічної природи [556]. Внесення значної кількості мінеральних добрив призводить до кількісних та якісних змін мікробного комплексу чорнозему типового. Застосування органічних добрив на фоні доз помірних мінеральних за орґано-мінеральної і орґанічної систем удобрення приведе до збільшення чисельності відповідно на 7 і 23% мікроорганізми, які засвоюють орґанічний азот та зменшення в аграрній системі до 36% тих груп, які засвоюють мінеральний [408]. За згаданих систем здійснюються зміни мікробіоценозу у напрямку зменшення оліготрофності за рахунок формування в чорноземі типовому меншої кількості речовин, які властиві останнім стадіям мінералізації орґанічної речовини та зростання педотрофів. Про те, як глибина і способи обробітку ґрунту впливають на активність корисних мікроорганізмів в орному шарі ґрунту на сьогодні залишається дискусійним.

У статті М. К. Шикולי, А. Д. Балаєва, О. Л. Тонха [560] показано несумісність глибокого полицевого обробітку до природи ґрунту, коли за безполицевого обробітку створюється шоковий стан для ґрунтової біоти. За плоскорізного обробітку підвищується інтенсивність виділення CO₂ ґрунтом на 10-11% [33] і на 17,1-32,0%, залежно від вирощуваної культури [155].

Доведено перевагу за кількістю мікроорганізмів за полицево-плоскорізного обробітку до 9, мікроміцетів 9,6 педотрофних (3,8 амоніфікаторів 23,3% порівняно з диференційованим безполицевим та поверхневим обробітками [188].

Більшість авторів [298] вважає, що тільки сумісне застосування мінеральних і орґанічних добрив та безполицевих обробітків сприяє компенсації основних біогенних елементів. При цьому активізація мікробіологічної діяльності ґрунту із посиленням мікробіологічної діяльності останнього за збільшення кількості мікробіоти, розширення трофічних зв'язків мікробного ценозу та формування гомеостатичних мікробних біомів ґрунтових екосистем.

На думку І. В. Гриник та ін. [120], за використання соломи на тлі мінеральної системи удобрення не обов'язкове внесення компенсуючої дози азоту, оскільки це не забезпечує підвищення врожайності культур сівозміни. Заробляння соломи у ґрунт забезпечує відтворення і стабілізацію родючості ґрунту, зростає вміст орґанічного вуглецю [37].

Із внесенням соломи зростає вміст гумусу, поліпшується структурно-агрегатний склад ґрунту, знижуються ерозійні процеси. Вона стає джерелом живлення для ґрунтових мікроорганізмів [363].

Багаторічне застосування мінеральних добрив спричиняє зниження загальної чисельності мікроорганізмів на 16-28%. Бактерії особливо чутливі на застосування мінеральних добрив, що утилізують мінеральний азот. Гриби у більшості випадків реагують на добрива позитивно, однак актиноміцети –

негативно [303].

У роки достатнього зволоження діяльність мікроорганізмів азотної групи зумовила підвищення нітрифікаційної, амоніфікаційної здатності та активності протеази й уреази, це свідчить про сприятливу забезпеченість рослин азотом [70].

На чорноземі типовому показана перевага за чисельністю мікроорганізмів за полицево-безполицевого обробітку до 9,6, а амоніфікаторів 23,3% порівняно з диференційованим, поверхневим, безполицевим обробітками [39].

Використання різних систем обробітку ґрунту сприяє диференціації кількості й перерозподілу функціональної активності мікробної складової ґрунту та структури мікробної біомаси, чисельності мікроорганізмів, зміни інтенсивності емісії CO₂, спрямованості мікробних метаболітичних процесів перетворення сполук карбону. Встановлено, що застосування мілкого безполицевого обробітку чорнозему типового сприяє зростанню мікроміцетів у 2,3, бактерій у 1,7, а також загальної мікробної біомаси у 1,6 рази [322].

Одним із головних завдань основного обробітку ґрунту визнано створення найприйнятнішого стану орного шару, здатного забезпечити оптимальні для культурних рослин і мікроорганізмів умови водного, теплового, повітряного та поживного режимів [638].

Внесення мінеральних добрив у дозі N₁₅₀P₆₀K₁₀₀ спричинило зменшення чисельності мікроорганізмів усіх фізіологічних груп порівняно з іншими системами удобрення в 1,1-3,5 рази. За органо-мінеральної системи удобрення чисельність мікроорганізмів зростала в 3,5 рази. Найбільше різноманіття бактерій, мікроміцетів і актиноміцетів (за ідексами Шеннона і Сімпона) виявлено за внесення гною, найменше за мінерального удобрення (бактерій та актиноміцетів) [39].

Вміст мікроорганізмів і елементів мінерального живлення в чорноземі типовому залежить від удобрення та обробітку ґрунту. Бобові культури сівозміни позитивно впливають на поживний режим ґрунту. Водночас насичення просапними культурами знижує наявність елементів живлення у ґрунті.

Найбільшого значення в органічному землеробстві надається сівозміні, яка виступає базисом захисту рослин і кінцевої продукції землеробства, відіграє значну роль у кругообігу речовин та балансі показників родючості ґрунту [585]. Сівозміною досягається регулювання ґрунтово-мікробіологічних процесів, що слугують основою кругообігу речовин та нагромадження елементів мінерального живлення для рослин [34].

Введення сидеральних культур у сівозміну і використання в якості зеленого добрива діє на ґрунт по різному, що у свою чергу впливає на біологічний стан.

Використання соломи на тлі мінерального удобрення, внесення компенсуючої дози азоту не обов'язкове, оскільки це не сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур у сівозміні. При цьому, солома

забезпечує стабілізацію родючості ґрунту, підвищує вміст органічного вуглецю [37].

Значної шкоди сільському господарству завдають бур'яни. Втрати від бур'янів оцінюються мільярдами гривень. Урожайність зерна зменшується на 15-20 % і більше за великої засміченості агроценозів [343].

Сівозміна відіграє першочергове значення щодо заходів захисту від бур'янів, оскільки деякі культури самі досить потужно протистоять бур'янам. До них належать культури овес, озимі з інтенсивним ростом на початку вегетаційного періоду, однак значна частина ярих культур, особливо кукурудза, буряки цукрові, не здатні протистояти бур'янам [571].

Підвищення забур'яненості агроценозів і зменшення урожайності за плоскорізних заходів обробітку ґрунту встановлено у дослідженнях С. О. В'ялий та ін. [50], Ю. П. Манько [267]. Навпаки, інший автор М. К. Шикуча [561], відзначає перевагу на контролі забур'яненості поверхневого і плоскорізного обробітку. Науковець, що побоювання зростання забур'яненості агроценозу за таких обробітків існує лише в перший-другий роки, коли реалізується потенційна забур'яненість зачатками бур'янів оброблюваного шару. В наступні роки відбувається зменшення засміченості за плоскорізного обробітку.

Забур'янення посівів суттєво зростало за екологічної і біологічної систем землеробства [554].

Систематичне проведення впродовж чотирьох ротацій дев'ятипільної сівозміни плоскорізного і дискового обробітків зумовлює збільшення потенційної забур'яненості ґрунту на 22-50% порівняно з оранкою. Органічна й органо-мінеральна системи удобрення призводять до збільшення кількості бур'янів у 0-20 см шарі ґрунту у 1,2-1,5 раза, порівняно з варіантами без добрив [469].

1.3 Формування водно-фізичних властивостей ґрунту

Систему ведення сівозмін необхідно розглядати в аспекті зростання продуктивності культур з урахуванням родючості ґрунту, агротехніки вирощування сільськогосподарських культур та економії енерговитрат екологічного стану, біологічних особливостей [567].

Використання люцерни в сівозміні дає можливість підвищити урожайність буряків цукрових на 18,3-33% порівняно з вирощуванням їх у сівозміні зі злаковими травами. Дози азотних добрив під буряки цукрові можна знизити на 40-60 кг/га за вирощування їх у сівозміні з багаторічними травами [562].

Якщо в десятипільних сівозмінах встановлено кілька оптимальних ланок, то в короткоротаційних одна ланка, від якої залежать якісні показники культур і продуктивність. Тому оптимізація ланки короткоротаційних сівозмін шляхом впровадження обґрунтованої системи удобрення соняшнику, буряків цукрових дозволяє значно підвищити їх урожайність та зменшити негативні кліматичні

фактори, що потребує вивчення й уточнення у польових дослідах.

У зоні недостатнього зволоження за застосування $N_{113}P_{100}K_{108}$ урожайність коренеплодів виявилася на 6,9 т/га вищою порівняно з варіантом без добрив, цукристість буряків становила 18,7%. За внесення $N_{147}P_{128}K_{128}$ урожайність зросла на 8,6 т/га відповідно до варіанта без застосування добрив, вміст цукру знизився на 0,50% від збільшення норми добрив до $N_{147}P_{210}K_{220}$, урожайність коренеплодів не змінилася [442].

Істотними показниками фізичних властивостей ґрунту виступає його щільність та водопроникність. Як зазначає В. М. Бутов [47], надмірна розпушеність ґрунту, як і надмірна щільність складення, може негативно впливати на рослини. Оптимальна щільність ґрунту для більшості сільськогосподарських рослин знаходиться в межах від 1,1 до 1,3 г/см³.

За даними С. С. Бегей, Н. В. Карасевич [22] встановлено, що виконання оранки на 20-22 см із розпушуванням підорного шару на 12-14 см забезпечило зменшення щільності ґрунту на 0,01-0,04 г/см³, що позитивно вплинуло на ріст і розвиток жита озимого.

Щільність ґрунту залежить від заходів та глибини його обробітку. Дослідження змін щільності ґрунту залежно від заходів основного обробітку показали, що найменша щільність спостерігається за глибокого полицевого обробітку [49] на 30-32 см і становить, відповідно, 1,12 і 1,10 г/см³, тоді як за оранки на 12-14 см в обох шарах – 1,17 г/см³. Щільність оброблюваного шару ґрунту на період сівби буряків за оранки на 30-32 см була на рівні 1,19 г/см³, за поверхневого обробітку – 1,24 г/см³, при цьому зменшується кількість агрономічно цінних агрегатів.

Глибина зяблевого обробітку не впливає помітно на зміни фізичного стану верхнього 0-30 сантиметрового шару ґрунту. У дослідах запаси вологи у метровому шарі ґрунту на ділянках із різними глибинами оранки були практично однаковими [301].

На чорноземних малогумусних ґрунтах за застосування полицевого обробітку та безполицевого, створюються близькі до оптимальних агрофізичні умови під час сівби цукрових буряків. Заміна полицевого поверхневим обробітком помітно збільшує щільність ґрунту в нижніх шарах та зменшує кількість структурних агрегатів [167].

Дослідженнями, проведеними В. М. Польовий, М. Г. Фурманець, О. В. Сніжок [380, 381] упродовж трьох ротацій 4-пільної сівозміни встановлено, що за всіх обробітків щільність ґрунту в 0-10 см шарі ґрунту змінювалася в межах 1,14-1,27 г/см³. Порівняно з верхнім шаром з глибиною вона зростала і в шарах ґрунту 10-20 см та 20-30 см і становила відповідно 1,24-1,36 і 1,33-1,53 г/см³.

Деякі вчені вважають, що найбільш оптимальне складення верхнього шару ґрунту 0,-10 см забезпечується за безполицевого його обробітку. Так, у їхніх дослідах щільність складення ґрунту в шарі 0-10 см на початку вегетації виявилось вищою на варіанті полицевого обробітку (1,16-1,18 г/см³) порівняно

з мілким безполицевим (1,04-1,06 г/см³). На період збирання на варіантах обробітку ґрунту вона зафіксована однаковою – 1,27-1,28 г/см³.

Щільність ґрунту у варіантах полицевого обробітку на кінець вегетації була нижчою на 0,06-0,07 г/см³ порівняно із чизельним безполицевим обробітком ґрунту на 25 і 27 і 12 і 14 см [139, 167].

У дослідженнях [213] встановлено, що на фоні глибокої і мілкої оранки загальна пористість ґрунту в шарі 0-30 см не перевищувала 0,3%

На думку О. А. Дудки [151], чизельний обробіток не призводить до погіршення загальної пористості чорнозему типового. У 0-10 см шарі ґрунту загальна пористість за чизельного розпушення на час сівби пшениці ярої спостерігалася достовірно вищою. За оранки істотних змін між цими обробітками в нижніх шарах не відзначено. За дискування пористість ґрунту у верхньому шарі наближається до 60%, що істотно перевищує чизельний та полицевий обробітки. В шарах 10-20 і 20-30 см за дискування на час збирання пшениці озимої відбулося зменшення об'єму пор, порівняно з чизелюванням та оранкою.

Як вважає О. П. Хаєцька [484], ефективним заходом обробітку ґрунту під буряки цукрові є застосування чизельного обробітку на 35-40 см. На її думку, цей захід обробітку поліпшує поживний, водний режими ґрунту, знижує забур'яненість та щільність посівів буряків цукрових.

Одним з основних обмежуючих факторів росту, розвитку, а також рівня урожайності сільськогосподарських культур у процесі функціонування агроєкосистем визнано запаси продуктивної вологи у ґрунті [323].

Волога виступає основною зв'язуючою ланкою між ґрунтом і рослиною. Враховуючи водний режим, погодні умови та баланс вологи у сівзміні, можна визначати тактику і стратегію раціональної системи вологозабезпечення. Управління ними – складний процес, що залежить від науковообґрунтованих систем удобрення, раціональних систем обробітку ґрунту та дотримання сівзміні [286].

На зміни вмісту вологи впливає багато чинників, серед яких і твердість ґрунту. Остання залежить як від генетичних параметрів так від його вологості [376].

При цьому Л. Д. Глушенко та ін. [95] вважають, що за внесення добрив зростає загальна витрата води на 5,9-8,5 %, що свідчить про необхідність додаткових заходів із накопичення та економного витрачання вологи. Одночасно систематичне внесення добрив сприяє продуктивнішому використанню грантової вологи рослинами. Застосування добрив дає змогу економити від 5,7 до 17,8 м³ води для отримання біомаси з 1 га. Твердість ґрунту чорнозему типового значною мірою залежить як від природних факторів, так і від антропогенних, передусім обробітку ґрунту, сівзміні та системи удобрення.

Використання мінеральних й органічних добрив сприяє накопиченню і збереженню вологи у ґрунті та сприятливого використання її рослинами [533].

Мінеральні добрива підвищили ефективність використання доступної вологи та скоротили її споживання культурними рослинами у 2,0-2,4 раза [503]. На створення одиниці врожаю пшениці озимої витрати вологи за внесення добрив зменшуються на 1,5 %, проса – на 24 %, ячменю – на 30 %, а врожайність на 0,5-0,4 т/га [309].

За будь-якого обробітку ґрунту поряд із кришенням його на макроагрегати відбувається також їх руйнування. Тому ефективність заходу основного обробітку визначається тим, який із двох процесів переважатиме.

Застосування диференційованого обробітку ґрунту сприяє поліпшенню структурно-агрегатного складу в нижній частині орного шару (20-30 см) і погіршенню його у верхній (0-10 см) порівняно з іншими системами основного обробітку ґрунту [536].

У досліджах Є. О. Юркевича, Н. О. Валентюк, С. І. Албул [570] встановлено, що мінімізація основного обробітку ґрунту під кукурудзу в органічному землеробстві шляхом проведення плоскорізного безполіцевого обробітку ґрунту на 14-16 см або дискування на 10-12 см забезпечило очікувані позитивні результати. За цих обробітків найоструктуренішим виявився шар ґрунту 0-10 см на тлі поліпшеної системи передпосівної підготовки ґрунту й догляду за рослинами кукурудзи з коефіцієнтом структурності відповідно 4,03-4,77. Заміна оранки мілкою безполіцевою обробкою або дискування ґрунту призвело до погіршення коефіцієнта структурності, який становив відповідно лише 3,16-3,26.

Дослідження, проведені на чорноземах типових Л. В. Центилю, О. А. Цюк [512] показали, що застосування мілкою безполіцевого обробітку збільшує твердість у нижній частині орного шару ґрунту. Різниця за твердістю найбільші виражена восени, відразу після проведення основного обробітку, тоді як у весняно-літній період вона згладжується і, як правило, не досягає критичних значень для вирощуваних культур.

1.4 Продуктивність культур у сівозмінах залежно від обробітку ґрунту та удобрення

Значний вплив у сівозміні виявляє система удобрення, від якої залежить урожайність та якість продукції [431].

Використання багаторічних трав в сівозмінах дає можливість збільшення урожайності коренеплодів на 15-30 % порівняно з вирощування їх у сівозміні без бобових культур. Під коренеплоди кількість азотних добрив можна знизити до 60 кг/га за розміщення їх у ланці з конюшиною [562].

Найвищої продуктивності ріллі досягли за мінеральної системи удобрення, тоді як суттєве зниження спостерігали на фоні без добрив і органічної системи. Органо-мінеральна система удобрення суттєво не відрізняється від мінеральної. Найбільшу продуктивність сівозміни забезпечила застосування полицево-безполіцевого та диференційованого обробітку [515].

Оптимальним заходом обробітку ґрунту за вирощування пшениці озимої визнана оранка. Застосування інших заходів обробітку ґрунту призводить до втрат урожайності на 0,08-0,56 т/га. Органічна система удобрення сприяє зростанню врожайності на 15,3-35,6 %, органо-мінеральної – 28,3-44,4 % порівняно з неудобреним варіантом [416].

Максимальна врожайність пшениці озимої – 4,61 т/га отримана за оранки на 20-22см під кукурудзу на силос і 30-32 см під буряки цукрові та мілкий безполицевий обробіток ґрунту на 10-12 см під пшеницю озиму за внесення 6,25 тон гною + $N_{33,8}P_{33,8}K_{33,8}$ за ротацію сівозміни з розрахунку на 1 га ріллі [482].

Зафіксовано, що безполицева система основного обробітку ґрунту сприяла найприйнятнішим умовам для формування врожайності зерна пшениці озимої – 4,54 т/га, що на 16,4 % більше, ніж за полицевого обробітку [220].

За вирощуванням соняшнику доцільно застосувати оранку на 28-30 см мілким дисковим розпушуванням 12-14 см під пшеницю озиму, що забезпечує приріст врожаю порівняно з контролем на 7,2 %, порівняно з мілким дисковим розпушуванням на 12-14 см, в системі одноглибинного мілкого обробітку на 42,3 % [254].

Максимальний приріст урожайності насіння соняшнику (0 ,45 т/га, або 18,4 %), порівняно з контролем одержано за внесення $N_{32}P_{32}K_{32}$ під основний обробіток ґрунту [100].

Дослідження, проведені в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН встановлено, що за застосування обробітку ґрунту на глибину 20-22 см, або мілкого дискового на 10-12 см та системи удобрення норма $N_{60-180}P_{60-180}K_{60-180}$ + побічна продукція забезпечує врожайність буряків цукрових 46,6–61,4 т/га за рівня цукристості 17,8–18,7 % за рентабельності від 66 до 107% [542].

За результатами досліджень, які виконувалися у стаціонарному досліді Веселоподільської дослідно-селекційної станції встановлено, що за проведення оранки на 30-32 см під буряки цукрові й плоскорізного розпушення на 20-22см під зернові культури на фоні внесення під буряки 25 т/га + $N_{90}P_{120}K_{90}$ + солома, одержано найвищу продуктивність цукрових буряків – урожайність коренеплодів становила 52,7 т/га, збір цукру 9,28 т/га [507].

У дослідженнях, здійснених на дослідних полях Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції отримано однаковий рівень урожайності кукурудзи за системи диференційованого мілкого одноглибинного та безполицевого обробітку ґрунту – 8,71-10,93 т/га. Істотний недобір урожайності відзначено за нульового обробітку, де показники виявилися меншими порівняно з контролем у середньому на 16,3% [67].

Виробництво високоякісної рослинної продукції на сьогодні постає однією з гострих проблем, а шлях її вирішення – в застосуванні помірних науково обґрунтованих доз мінеральних добрив.

Якість зерна пшениці озимої була найкращою за органічної системи

удобрення, із високими показниками натури – 746 г/ц, скловидності – 58 %, вмісту білка – 11,6 %, сирі клейковини – 32 %. В основі оптимізації елементів живлення рослин з метою отримання високоякісної продукції має використовуватися принцип комфортності живлення, тобто створення таких умов, які забезпечують відсутність стресів у рослин від нестачі елементів живлення, кальцієвмісних сполук [203].

Виробництво чистих продуктів може бути досягнуте не за рахунок досконалості інтенсивних технологій, а в результаті заміни традиційного землеробства на органічне, яке не передбачає використання мінеральних добрив [263].

Дослідження, проведені на чорноземах типових виявили, що за застосування компосту 4,5 тон + N₈₀P₈₆K₁₀₈ вихід енергії з урожаєм у системі удобрення досягав 134,6 ГДж/га, за органо-мінерального внесення компосту 4,5 тон + N₄₀ P₄₈K₅₄ + 3,5 тон побічної продукції – 129 ГДж/га, що на 107 і 98,4% відповідно перевищує показники варіанта без застосування добрив. Коефіцієнт енергетичної ефективності становив за мінеральної – 6,1, органо-мінеральної – 6,9 без добрив – 7,3 [518].

Зменшення загальних витрат енергії отримано за мілкою обробітку з показником 26,45 ГДж/га, при цьому найменший – 25,27 ГДж/га за нульового обробітку ґрунту, що менше на 6,8 % порівняно з контролем.

Із застосуванням органо-мінеральної системи удобрення витрати становили- 24,94 ГДж/га, найбільші витрати – 26,37 ГДж/га отримали у варіанті N₁₂₀ P₄₀ + сидерат, де показники виявилися більшими на 11,5 % порівняно з контролем [65].

У дослідженнях, виконаних на чорноземах типових О. В. Тараненко та ін. [454], визначили, що розрахунки економічної ефективності заходів обробітку ґрунту під кукурудзу на зерно доводять доцільність полицевого обробітку. У свою чергу це призводить до підвищення продуктивності цієї культури, а саме рівня рентабельності на 19% проти плоскорізного обробітку й на 38% проти поверхневого обробітку ґрунту.

У структурі витрат спостерігається досить незначна енергоємність основного обробітку. За полицевого обробітку на 23-25 см показник становить 19,3 %. Заміна оранки на безполіцевий обробіток забезпечує економію енерговитрат на 17,1 %. У структурі прямих енергетичних витрат це дорівнює 2 % не поновлюваної енергії. Із заміною оранки дискуванням на 8-12 см одержують економію близько 40 % від сукупних витрат [259].

У чорноземах типових зросла проблема гумусу у зв'язку із зменшенням застосування гною, що погіршує поживний, водний режим ґрунту. Наведена інформація свідчить про існуючі розбіжності в оцінці ефективності систем удобрення із заходів обробітку ґрунту в сівозмінах у вітчизняній та світовій науці. Це пов'язано із строкатістю екологічних умов, де проведені та описані дослідження. Зазначена проблема викликає об'єктивну необхідність її дослідження в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Зростає розкладання гумусу в чорноземах за застосування різних систем землеробства, що пов'язано із збільшенням у структурі сівозмін кількості полів із просапними культурами та зменшенням внесення органічних добрив для розширеного відтворення родючості ґрунту.

Сумісне внесення мінеральних і органічних добрив забезпечує врівноважений баланс гумусу й поживних речовин у ґрунті, сприяє зростанню врожайності культур сівозміни та формує основи для ведення господарства.

2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Умови проведення досліджень

Зона Лісостепу охоплює центральну частину території України. Загальна її площа становить 22,2 млн гектарів. На частку зони Лісостепу припадає 74,7 % площі сільськогосподарських угідь (16,6 млн га), 61,0 % – ріллі (13,5 млн га), багаторічні насадження (333,7 тис. га), сіножаті (1,0 млн га), пасовища (1,6 млн га). Лісостепова природно-сільськогосподарська зона простягається від Передкарпаття до західних відрогів Середньоросійської височини майже на 1100 км. Сюди входять Волинська, Подільська та Придніпровська височини, Придніпровська низовина і західні схили Середньоросійської височини.

Кліматичні умови Лісостепу змінюються в меридіональному і широтному напрямках. У Лісостепу спостерігається також зростання річних амплітуд температури повітря і ґрунту (як середніх, так й абсолютних), що є результатом підвищення в цьому напрямку літніх температур та зниження зимових. У західних районах зони середня місячна температура повітря протягом року змінюється від -4 до +18 °С, у східних районах від -7-8 до +20-21 °С. Абсолютні мінімуми та максимуми температури повітря відповідно становлять: -32-36 °С та +37-38 °С на заході і -39 °С та +39-40 °С на сході зони. Тривалість безморозного періоду змінюється в зворотному напрямку – зменшується від 180-190 днів на заході до 160-150 днів на сході зони [269].

Окремі частини лісостепової зони помітно різняться між собою за ступенем зволоження. Найбільш зволожена західна частина, де за рік випадає понад 550 мм, а місяцями 800 мм і більше опадів. У центральній частині випадає 550-480 мм опадів і вона виділяється як зона нестійкого зволоження.

Сніговий покрив на заході та півдні утворюється у другій половині грудня і триває 60-80 днів, за висоти 20 см. У північній частині сніг випадає на місяць раніше і залишається на полях 100 днів. Висота снігового покриву тут сягає 30-35 см і більше, сніг сходить здебільшого у другій декаді березня [354].

Найпоширеніші ґрунти підзони – чорноземи типові. Це слабогумусовані – 3 %, середньогумусні – 3,6 %, проте наявні площі малогумусних – понад 60 %. Гранулометричний склад ґрунтів переважно грубопилувато-легкосуглинковий та пилувато-середньосуглинковий.

Темно-сірі лісові одночасно із чорноземними опідзоленими становлять 26 % площі цієї зони та 10,2 % загальної площі ґрунтів України. Серед ґрунтів згаданої зони на темно-сірі лісові та чорноземи опідзолені припадає 24,7 %.

Відповідно до особливостей рельєфу зона Лісостепу поділена на три провінції: ЛС₁ – Лісостепова західна, ЛС₂ – Лісостепова правобережна, ЛС₃ – Лісостепова лівобережна. За кліматичними умовами, складом ґрунтів та інших особливостей підзоном притаманні певні відмінності [326].

Лісостеп являє собою перехідну зону від лісо-лучні (Полісся) до чорноземно-степові. За рельєфом означена територія досить різноманітна. Це

підвищена рівнина з добре розвиненим водно-ерозійним рельєфом.

Територія з пологими схилами, що не перевищують 15–20 % її складу з крутизною до 3°, із переважно рівнинними рельєфом, що простягається смугою на 60–100 км по лінії Староконстантинів–Хмільник–Липовець–Жашків.

В аспекті літологічного складу центральна підзона Лісостепу Правобережного досить однорідна. Серед ґрунтоутворних порід домінують леси та лесовидні суглинки. Щільні глини, як ґрунтоутворна порода, що характеризується несприятливими фізичними властивостями внаслідок важкого гранулометричного складу, зустрічається локально і здебільшого – та схилах.

У цілому, за співвідношенням природних факторів ґрунтоутворення території типове для Лісостепу Правобережного України.

Експериментальна робота виконувалася на дослідному полі Навчального наукового дослідного центру, розташованого у межах Білоцерківського агроґрунтового району.

Район діяльності Навчальний науковий дослідний центр територіально розміщений: Лісостепова зона чорноземів типових і сірих лісових ґрунтів ЛС, правобережна центральна висока провінція ЛС2, північна підпровінція ЛС21. характеризується слабогорбистим рельєфом із переважною більшістю лесових порід, де основу в ґрунтовому покриві становлять чорноземи типові малогумусні, які чергуються з вилуженими і карбонатними різновидами. Територія щодо природних факторів із ґрунтоутворення типова для згаданого агроґрунтового району. Геологічна будова характеризується порівняно близьким від поверхні заляганнями кристалічних порід, на яких знаходяться флювіогляціальні піски, покриті 2-ярусним лесовим шаром [464].

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий, глибокий, малогумусний. За механічним складом – велико-пилуватий суглинок на карбонатному лесі, із наступного морфологічного будовою:

Н – гумусовий горизонт ґрубиною 40–45 см, темно-сірий, орний порохувато-грудкуватий, підорний-зернистий, з черворийнами, перехід поступовий;

Нрк – верхній перехідний горизонт ґрубиною 35–45 см, темно-сірий з буруватим відтінком, добре гумусований, крупнозернистий, слабо ущільнений, карбонатний, псевдоміцелій, перехід поступовий;

РНк – нижній перехідний горизонт ґрубиною 25–35 см, нерівномірно-гумусований, плямистий, бурувато-сірий, крупнозернисто-грудкуватий, слабо ущільнений, з кратовинами, псевдоміцелієм, у нижній частині може виділятися сіро-бурий горизонт Phk, перехід поступовий;

Р(h)к – верхня частина ґрунтоутворної породи ґрубиною 40–60 см, брудно-палева, нерівномірно гумусована (кратовинний лес), карбонатною пліснявою, перехід поступовий;

Рк – материнська порода бурувато-палевий лес.

У гранулометричному складі ґрунту дослідної ділянки переважає фракція великорозмірного пилу (52,88 % в орному шарі), тому вони легко піддаються

ерозійним процесам (табл. 2.1).

Від гранулометричного складу та вмісту гумусу залежить ємність катіонного обміну поглинання. Сума обмінних катіонів чорнозему типового становить до 37 мг-екв/100 г ґрунту (табл. 2.2).

Таблиця 2.1

Гранулометричний склад чорнозему типового малогумусного

Гене-тичний гори-зонт	Глибина відбору зразка, см	Фракції, мм						
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
Hn	0-10	0,26	4,69	52,88	7,28	9,98	24,91	42,17
Hk	30-40	0,16	16,07	46,44	9,2	6,03	22,1	37,33
Hpk	50-60	0,14	19,8	45,67	6,15	7,27	20,97	34,99
PHk	80-90	0,12	27,63	41,63	6,21	5,05	19,36	30,62
P(h)k	100-110	0,2	28,71	41,15	5,03	4,95	19,96	29,94
Pk	130-150	0,14	23,78	40,38	5,41	5,41	19,88	30,7

Співвідношення катіонів Ca^{2+} : Mg^{2+} = 5,3:1. Ступінь насичення основами – 98%.

Вміст гумусу (за методом Тюріна і Конової) – 3,70–3,94 %, легкогідролізованого азоту (за методом Корнфільда) – 110, рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирікова) – відповідно 120 і 110 мг/кг ґрунту.

Таблиця 2.2

Якісний склад увібраних основ поглинального комплексу орного шару чорнозему типового

Генетичний горизонт	Глибина відбору зразка, см	Сума обмінних катіонів мг-екв/100г	Від суми обмінних катіонів%		
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}
Hn	0-10	36,31	82,4	15,4	0,90

Водно-фізичні властивості ґрунту дослідної ділянки сприятливі. Так, щільність ґрунту оброблюваного шару коливається у межах 1,16–1,25 г/см³, а загальна щільність становить 52–55 %. Діапазон активної вологи широкий, що зумовлює відносно низьку вологість в'янення і порівняно високу вологоємність ґрунту (табл. 2.3).

Отже, ґрунт дослідного поля Навчального наукового дослідного центру Білоцерківського національного аграрного університету придатний до вирощування високих урожаїв сільськогосподарських культур за своїми водно-фізичними показниками та агрохімічною характеристикою.

Таблиця 2.3

Водно-фізичні властивості чорнозему типового

Показник	Глибина горизонту, см		
	5-25	25-45	80-100
Щільність ґрунту г/см ³	1,16	1,25	1,27
Загальна пористість,%	52	55	52
Максимальна молекулярна вологоємність,%	13,6	13,2	12,3
Вологість в'янення,%	10,8	10,7	9,8
Повна вологоємність,%	41,6	47,4	41
Польова вологоємність,%	28,2	27,3	25,6

2.2 Схема досліду та методика досліджень**Дослід 1**

Дослідження проводили упродовж 2012–2021 рр. у польових стаціонарах і лабораторних дослідках та у вигляді короткотермінових дослідів на дослідному полі Білоцерківського НАУ в чотирьох 5-пільних польових сівозмiнах, які повністю розгорнуті на території і часі (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Короткоротаційні сівозміни, характеристика та наповнення

Сівозміна			
Плодозмінна, (насичення сояшником 10%)	Зернопросапна (насичення сояшником 20%)	Зернопросапна спеціалізована (насичення сояшником 30%)	Просапна (насичення сояшником 40%)
1) Люцерна	2) Соя	1) Гречка	1) Горох
2) Пшениця озима + гірчиця біла на сидерат	2) Пшениця озима + гірчиця біла на сидерат	2) Пшениця озима + гірчиця біла на сидерат	2) Пшениця озима + гірчиця біла на сидерат
3) Буряки цукрові; сояшник	3) Сояшник	3) Кукурудза; сояшник	3) Сояшник
4) Гречка	4) Ячмінь ярий + гірчиця біла на сидерат	4) Ячмінь ярий + гірчиця біла на сидерат	4) Кукурудза
5) Ячмінь + люцерна	5) Кукурудза	5) Сояшник	5) Сояшник

Схемою двофакторного стаціонарного досліду передбачалося вивчення трьох систем обробітку ґрунту, спільно з чотирма системами удобрення

системи захисту рослин від шкідливих організмів закладалася однаково за всіх варіантах.

Здійснено порівняльну оцінку агрономічної, господарської, біоенергетичної ефективності таких варіантів обробітку ґрунту (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Система основного обробітку ґрунту в дослідних сівозмінах

Сівозміна	№	Культура сівозміни	Заходи, глибина(см) під культуру		
			диференційований (контроль)	полищово-безполищевий	мілкий безполищевий
Плодозмінна	1	Люцерна	-	-	-
	2	Пшениця озима	18-20(о) ⁺	8-10(д.б)	10-12(д.б)
	3	Буряки цукрові	28-30(о)	28-30(о)	10-12(д.б)
		Соняшник	25-27(о)	25-27(о)	10-12(д.б)
	4	Гречка	10-12(д.б)	10-12(д.б)	10-12(д.б)
	5	Ячмінь	20-22(ч.)	20-22(ч.)	10-12(д.б)
Зернопросапна	1	Соя	20-22(о)	20-22(ч.)	10-12(д.б)
	2	Пшениця озима	8-10(д.б)	8-10(д.б)	10-12(д.б)
	3	Соняшник	25-27(о)	25-27(о)	10-12(д.б)
	4	Ячмінь	20-22(ч.)	20-22(ч.)	10-12(д.б)
	5	Кукурудза	25-27(о)	25-27(ч.)	10-12(д.б)
Зернопросапна спеціалізована	1	Гречка	10-12(д.б)	10-12(д.б)	10-12(д.б)
	2	Пшениця озима	10-12(д.б)	10-12(д.б)	10-12(д.б)
		Кукурудза Соняшник	25-27(о)	25-27(о)	10-12(д.б)
	4	Ячмінь	20-22(о)	20-22(ч.)	10-12(д.б)
	5	Соняшник	25-27(о)	25-27(о)	10-12(д.б)
Просапна	1	Горох	20-22(о)	20-22(ч.)	10-12(д.б)
	2	Пшениця озима	10-12(д.б)	10-12(д.б)	10-12(д.б)
		Соняшник	25-27(о)	25-27(о)	10-12(д.б)
	4	Кукурудза	25-27(о)	25-27(ч.)	10-12(д.б)
	5	Соняшник	25-27(о)	25-27(о)	10-12(д.б)

Примітка: О-оранка; Ч-обробіток чизелем; Д.б-обробіток дисковою бороною.

1. Диференційований (контроль) у плодозмінній сівозміні: проведення з оранки, одного мілкого безполищового обробітку під гречку та один раз чизельного обробітку під ячмінь. Зернопросапна сівозміна: проведення за ротацію сівозміни 3 оранки під сою, соняшник і кукурудзу, мілкий обробіток під пшеницю озиму і один чизельний обробіток під ячмінь. Зернопросапна спеціалізована сівозміна: проведення за ротацію сівозміни дві оранки, два рази мілкого безполищового обробітку під пшеницю озиму і гречку та один раз – чизельного обробітку під ячмінь. Просапна сівозміна: проведення

за ротацію сівозміни чотири оранки, та один раз мілкий безполицевий обробіток під пшеницю озиму.

2. Полицево-безполицевий у плодозмінній сівозміні: проведення за ротацію сівозміни один раз різноглибинної оранки під просапні культури, два рази мілкого безполицевого обробітку під пшеницю озиму і гречку та один раз – чизельного обробітку під ячмінь. Зернопросапна сівозміна: проведення за ротацію сівозміни один раз оранку під соняшник, один раз мілкий безполицевий обробіток під пшеницю озиму і три рази чизельний обробіток ґрунту під сою, кукурудзу і ячмінь. Зернопросапна спеціалізована: проведення за ротацію сівозміни два рази оранки під кукурудзу і соняшник, два рази мілкого безполицевого обробітку під пшеницю озиму та один раз – чизельного обробітку під ячмінь.

Просапна сівозміна проведення за ротацію сівозміни два рази оранки під соняшник, один раз мілкого безполицевого обробітку під пшеницю озиму та два рази – чизельного обробітку під кукурудзу та горох.

3. Мілкий безполицевий: проведення обробітку ґрунту дисковими знаряддями на глибину 10-12 см під усі культури сівозміни.

Для виконання технологічних умов вирощування культур залучали машини сільськогосподарські: плуг трикорпусний Lemken Opal 110, чизель глибокорозпушувач АГЧ-1,8, дискова борона АГ-2,1-20, культиватор КРН-4,2, культиватор general КРН-2,8, комбінований агрегат «Европак», сівалки – Моносем, Джон Дір.

Система удобрення розроблена з урахуванням рівня родючості ґрунту та рівня запланованої врожайності. Показана інформація урожайності культур і продуктивності ріллі, адекватна біокліматичному потенціалу Лісостепу України, що засвідчує можливість отримання урожайності основної та побічної продукції культур сівозмін, адекватної ФАР.

Реальна урожайність культур в Лісостепу за проведеннями розрахунками, аргументована ресурсами доступної вологи, становить 4,2 т/га насіння соняшнику, 5 т/га зерна пшениці озимої, 4 т/га ячменю і 40 т/га буряків цукрових (табл. 2.6).

Джерелами для компенсації вивезення елементів мінерального живлення рослин запрограмованими врожайми у розрахунках були гній, надходження елементів із ґрунту, сидерати кореневих залишків і післяживних решток, з побічної продукції, симбіотичної і несимбіотичної фіксації атмосферного азоту (табл. 2.7– 2.10).

За органічної системи удобрення з можливим внесенням на 1 га ріллі в сівозмінах 8,0 т органічних добрив за рахунок внутрішніх ресурсів, наведено джерела.

Компенсації вивезеної культурами елементів мінерального живлення не забезпечують повної відповідності, зумовлюючи дефіцит за плодозмінної сівозміни 173 кг/га ($N_{63}P_8K_{102}$).

Зернопросапної сівозміни зумовила позитивне надходження елементів

мінерального живлення азоту 96 кг/га, дефіцит фосфору і калію – 30 і 41 кг/га відповідно.

Таблиця 2.6

Розрахункова урожайність культур, адекватної біокліматичному потенціалу Лісостепу

Культури сівозмін у досліді	Енергія ФАР за вегетацію, Мдж/га	Енергоємність сухої речовини продукції, Мдж/га	Коефіцієнт корисної дії ФАР, %	Урожай абсолютно сухої маси, т/га	Урожай основної продукції, адекватний ФАР, т/га	Ресурси продуктивної вологи	Коефіцієнт водопостачання,	Урожай основної продукції, адекватний
Люцерна	1159*10 ⁴	21,83	2,0	10,6	42,4	376	90	42,0
Пшениця озима	1159*10 ⁴	19,13	2,5	14,9	7,0	350	700	5,0
Гірчиця біла	576*10 ⁴	16,39	1,5	5,2	21,0	313	400	7,84
Буряки цукрові	1735*10 ⁴	18,26	2,0	19,0	67,0	474	120	40,0
Соняшник	1398*10 ⁴	19,38	2,0	14,4	5,8	418	1000	4,2
Ячмінь	1159*10 ⁴	19,13	2,0	12,0	6,0	350	900	4,0
Гречка	1398*10 ⁴	19,38	2,0	14,4	4,6	418	1100	3,8
Соя	1398*10 ⁴	20,57	2,0	13,6	6,5	418	1100	3,8
Кукурудза	1735*10 ⁴	17,6	2,0	19,7	7,6	474	600	7,9
Горох	1159*10 ⁴	20,57	2,0	11,2	5,2	306	700	3,8

Примітка: розрахунки здійснені: Програмування врожайності сільськогосподарських культур: підручник /О. І. Зінченко. Умань. Уманський НУС, 2015. 376 с.

Сумарний баланс за органічної системи удобрення позитивний +25 кг/га. Доступні форми мінерального живлення рослин за органічної системи удобрення становлять 548 кг/га (N₂₈₃P₅₆K₂₀₉), за органо-мінеральний і мінеральні – 524 кг/га, за рахунок внесення на 1 га ріллі мінеральних добрив, відповідно, 116 і 240 кг NPK.

Зернопросапна спеціалізована сівозмінна за органічної системи удобрення зумовила дефіцит елементів мінерального живлення 71 кг/га (за надходження азоту позитивна + 48 кг/га, фосфору і калію від’ємне, 49 і 52 кг/га відповідно).

Доступні форми ресурсів мінерального живлення рослин за органічної системи удобрення становлять 472 кг/га (N₁₇₇P₆₁K₂₃₄), а в органо-мінеральній і мінеральній – 525 кг/га, за рахунок внесення на 1 га ріллі мінеральних добрив, відповідно, 122 і 245 кг NPK.

Таблиця 2.7

Розрахунок ресурсного забезпечення біокліматично обґрунтованої урожайності культур доступними формами елементів мінерального живлення

Сівозміна	Культура	Урожайність, т/га	Елементне живлення	Винесення	Надходження, кг/га										Органічна система		Органічна система		Мінеральні		Мінеральні		
					Із ґрунту	Тий 1-й рік	Тий 2-й рік	Лобічна продукція	Кореневі залишки і підживлення	Сieraт	Синіотична фіксація	Несиніотична фіксація	Разом	Дефіцит	Норма внесення мінеральних	Дефіцит	Норма внесення мінеральних	Дефіцит	Норма внесення мінеральних	Дефіцит	Норма внесення мінеральних	Дефіцит	Норма внесення мінеральних
Плодозміна	Ліпцерна	з/м 42 сіно 9,5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
			N	173	36				22,5			91	20	169	-3,5	0	-3,5	0	-3,5	0	-3,5	0	-3,5
			P	77	15				11,0					26	-51	0	-51	40	-51	80			
			K	156	20				27					47	-109	0	-109	50	-109	70			
			Σ	403	71				60,5					242	-161	0	-161	90	-161	150			
			N	160	68				22					20	110	-50	0	-50	30	-50	60		
	Пшениця озима	5	18	P	55	27								42	-13	0	-13	30	-13	60			
				K	130	50				31					81	-49	0	-49	30	-49	60		
				Σ	345	145				68					233	-112	0	-112	90	-112	180		
				N	62	45				4					49	-13	0	-13	15	-13	30		
				P	28	11				3					14	-14	0	-14	15	-14	30		
				K	90	185				11					196	+106	0	106	15	103	30		
Грицця біла	вимоги сухої речовини	3,6	Σ	180	241								259	+79	0	79	45	79	90				

Продовження табл. 2.7

		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Вуряки цукрові	40	N	200	49	50		11	9	30			20	169	-31	0	-31	40	-31	120	
		P	52	10	6		8	6	9					39	-13	0	-13	50	-13	120
		K	200	40	51		36	4	21					152	-48	0	-48	60	-48	150
		Σ	452	99	107		55	19	60					360	-92	0	-92	150	-92	390
Соняшник	4,2	N	240	75			11	9	30			20	195	-45	0	-45	60	-45	80	
		P	122	29			8	6	9					58	-64	0	-64	30	-64	80
		K	479	220			36	4	21					232	-247	0	-247	30	-247	80
		Σ	941	224			55	19	60				20	485	-356	0	-456	120	-456	240
Іречка	3,8	N	114	33			7	28	23,0			20	104	-10	0	-10	30	-10	70	
		P	57	12			9	11	11					34	-23	0	-23	15	-23	30
		K	152	33			24	27	28					88	-64	0	-64	35	-64	70
		Σ	323	78			40	66	62					206	-117	0	-117	80	-117	170
Ячмінь +пшениця	4,0	N	108	37			38	22,5					113	5	0	5	10	5	80	
		P	44	13			19	11,0						43	-10	0	-10	50	-10	60
		K	104	48			45	27						120	+16	0	+16	50	16,0	60
		Σ	256	98			102	60,5					20	281	+24,5	0	+24,5	110	-25,0	200
Середнє по свізовітні	N P K Σ	N	211,0	57	10	1,4	15,4	20,0	6	18,0	20	140	20	140	-63	0	-63	27	-71,0	68
		P	52	20	1	1,8	7,6	11,4	1,8					44	-8	0	-8	38	-8,0	72
		K	262	82	21	4,8	20,0	26,0	4,0					160	-102	0	-102	45	-102	82
		Σ	560	509	32	9,0	44,6	57,6	12	18,0	20	352	20	352	-173	0	-208	110	-208	222

Таблиця 2.8

Розрахунок ресурсного забезпечення біокліматично обгрунтованої урожайності культур доступними формами елементів мінерального живлення

Сівозміна	Культура	Урожайність, т/га	Елементи живлення	Винесення	Надходження, кг/га									Органічна система		Органічно-мінеральна система		Мінеральна система					
					3 грудня	Гни 1-й рік	Гни 2-й рік	Плобна продукція	Кореневі залишки і підживлення рещтки	Силват	Смбютична фіксація	Несмбютична фіксація	Разом	Дефіцит	Норма внесення мінеральних добрив	Дефіцит	Норма внесення мінеральних добрив	Дефіцит	Норма внесення мінеральних добрив	Дефіцит	Норма внесення мінеральних добрив		
Зернопросапна	Соя	3,8	N	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
			P	61	26				35,0	22			110	20	360	+90	0	+90	-	+90	50		
			K	68	24				95	53					162	+94	0	+94	20	+94	50	30	
			Σ	399	165				191	119			110	20	605	+206	0	+206	50	+206	130	30	
			P	160	68					17,5						105	-54	0	-54	30	-54	60	60
	Пшениця озима	5		N	55	27									35,7	-19,3	0	-19	30	-19	60	60	
				K	130	50					21				20	71	-5,9	0	-5,9	30	-5,9	60	60
				Σ	345	145					47					212	-133	0	-133	90	-133	180	180
				N	62	45										45	-17	0	-17	15	-17	30	30
				P	78	11											11	-67	0	-67	15	-67	30
Ірчиця біла	3,6 Суша ресто- вина		N	90	185									185	+95	0	+95	15	+95	30	30		
			K	180	241									20	241	+61	0	+61	45	+61	90	90	
			Σ	240	75	50				11	9	30			195	-45	0	-45	60	-45	80	80	
			N	122	29	6				8	6	9			58	-64	0	-64	30	-64	80	80	
			P																				

		Продовження табл. 2.8																		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Ячмінь	К	479	120	51			36	4	21			232	-247	0	-247	30	-247	80		
	Σ	841	224	107			55	19	60		20	485	-356	0	-356	120	-356	240		
	Н	108	37			7	28				20	92	-16	0	-16	10	-16	80		
	Р	44	13			9	11					33	-11	0	-11	50	-11	60		
	К	104	48			24	27					99	-5	0	-5	50	-5	60		
	Σ	256	98			40	66				20	224	-32	0	-32	110	-32	200		
	Н	62	45					6				51	-11	0	-11	15	-11	30		
	Р	78	11					2				13	-65	0	-65	15	-65	30		
	К	90	185						3			188	+98	0	+98	15	98	30		
	Σ	180	241						11			252	+72	0	+72	45	72	90		
Куркуляза	Н	268	69				14	25	30		20	158	-110	0	-110	60	-110	90		
	Р	95	26				7	12	9			54	-41	0	-41	30	-41	90		
	К	792	46				17	28	21			112	-680	0	-680	30	-680	90		
	Σ	655	141				38	65	60		20	324	-331	0	-331	120	-331	270		
	Н	187	91		10	1,4	25	101,5	12	22	20	283	+96	0	+96	38	96	84		
Середнє по сівозміні	Р	87	28		1	1,8	12	10	3,6			56	-30,0	0	-30	40	-30	76		
	К	250	131		10	4,8	33	22	8,4			209	-41	0	-41	38	-41	80		
	Σ	524	250		21	8	70	133	24	22	20	548	+25	0	+24	116	24	240		

Таблиця 2.9

Розрахунок ресурсного забезпечення біокліматично обгрунтованої урожайності культур доступними формами елементів мінерального живлення

Сівозміна	Культура	Урожайність, т/га	Елементи живлення	Внесення	Надходження, кг/га								Органічна система		Органомінеральна		Мінеральна система				
					3 ґрунту	Гній 1-й рік	Гній 2-й рік	Площина продукція	Кореневі залишки і поживні речовини	Сигарет	Симбіотична фіксація	Несимбіотична фіксація	Разом	Дифіцит	Норма внесення	Дифіцит	Норма внесення	Дифіцит	Норма внесення	Дифіцит	
Зернопросапна спеціалізована	Печка	3,8	N	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
			P	57	12				28	25				20	106	-8	0	-8	30	-8	70
			K	152	33				11	13					36	-21	0	-21	15	-21	30
				Σ	323	78				66	67			20	231	-91	0	-91	80	-91	170
				N	160	68				38	22			20	148	-11	0	-11	30	-11	60
				P	55	27				19	11				57	+2	0	+2	30	+2	60
				K	130	50				45	27				122	-8	0	-8	30	-8	60
				Σ	345	145				102	60,5			20	327	-17	0	-17	90	-17	180
				N	62	45									45	-17	0	-17	15	-17	30
				P	78	11									11	-17	0	-17	15	-17	30
				K	90	185									185	+95	0	+95	15	+95	30
				Σ	180	241									241	+61	0	+61	45	+61	90
			N	268	69				11	9	30		20	139	-129	0	-129	60	-	129	
		7,9																			

		Продовження табл. 2.9																			
Куку руд- за		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
				Р 95	26				8	6	9		49	-46	0	-46	30	-46	90		
		К 292	46				36	4	21		107	-185	0	-185	30	-185	90				
		Σ 655	141				55	19	60		20	295	-360	0	-360	120	-360	270			
		Н 240	75				39	45			20	179	-61	0	-61	60	-61	80			
	4,2	Р 122	29				19	22			70	-52	0	-52	30	-52	80				
		К 479	120				47	54			221	-258	0	-258	30	-258	80				
		Σ 841	224				105	121			450	-391	0	-391	120	-391	240				
		Н 108	37	50				34,5			20	142	+34	0	+34	10	+34	80			
		Р 44	13	6				17,5			37	-7	0	-7	50	-7	60				
	4,0	К 104	48	51				42			141	+37	0	+37	50	+37	60				
		Σ 256	98	107				94			20	319	+63	0	+63	110	+63	200			
		Н 62	45					6			51	-11	0	-11	15	-11	30				
	18 3,6	Р 28	11					2			13	-15	0	-15	15	-15	30				
	Сух. Реч.	К 90	185					3			188	+98	0	+98	15	+98	30				
		Σ 180	241					11			252	+72	0	+72	45	+72	90				
		Н 240	75			7	14	25	30		20	171	-69	0	-69	60	-69	80			
	4,2	Р 122	29			9	7	12	9			66	-56	0	-56	30	-56	80			
		К 479	120			24	17	28	21			210	-269	0	-269	30	-	80			
		Σ 841	224			40	38	65	60			20	447	-394	0	-394	120	-394	240		
		Н 129	75	10	1,4		26	33	12		20	177	+48	0	+48	44	+48	87			
	Р	Р 110	26	1	1,8		13	16	3			61	-49	0	-49	37	-49	75			
	К	К 286	141	10	4,8		34	37	8			234	-52	0	-52	41	-52	83			
	Е	Σ 525	242	21	8		73	62	24		20	472	-71	0	-71	122	-71	245			

Таблиця 2.10

Розрахунок ресурсного забезпечення біокліматично обрнтурованої урожайності культур доступними формами елементів мінерального живлення

Сівозміна	Культура	Урожайність, т/га	Елементи живлення	Висношення	Надходження, кг/га										Органічна система		Органічно-мінеральна		Мінеральна система			
					3 ґрунту	Гній 1-й рік	Гній 2-й рік	Побічна продукція	Кореневі залишки і поживні рештки	Сиреця	Симбіотична фіксація	Несимбіотична фіксація	Разом	Д/фліцит	Норма внесення добрив	Д/фліцит	Норма внесення добрив	Д/фліцит	Норма внесення добрив			
Прочасна	Горох	3,8	N	251	117	9	25	29	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
			P	61	27	12	14	34							53	-8	0	-8	30	-8	70	
			K	76	39	30	34	77								64	-12	0	-12	20	-12	80
	Пшениця озима	5,0	Σ	388	183	67	77	18,0				110	20	347	-41	0	-41	50	-41	150		
			N	160	68	19	18,0						20	125	-35	0	-35	30	-35	60		
			P	55	27	9,0	9,0							45	-10	0	-10	30	-10	60		
	Гречка біла	3,6 сух. реч.	4,2	K	130	50	23	21	40						94	-36	0	-36	30	-36	60	
				Σ	345	145	51	40				20	264	-81	0	-81	90	-81	180			
				N	62	45						18	20	83	+21	0	+21	15	+21	30		
	Гречка біла	3,6 сух. реч.	4,2	P	28	11					9				20	-8	0	-8	15	-8	30	
				K	90	185						21				206	+116	0	+116	15	+116	30
				Σ	180	241	20	37				48		20	309	+129	0	+129	45	+129	90	
Прочасна	Гречка біла	3,6 сух. реч.	4,2	N	240	75	50					20	202	-38	0	-38	60	-38	80			
				P	122	29	6								63	-59	0	-59	30	-59	80	

Продовження табл. 2.10

		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Соняшник	К	479	120	51			24	44				239	-240	0	-240	30	-240	80
	Σ	841	224	107			54	99			20	504	-337	0	-337	120	-337	240
	N	268	69			7	25	29			20	150	-118	0	-118	60	-118	90
	P	95	26			9	12	14				61	-34	0	-34	30	-34	90
Куркутда	К	292	46			24	30	34				134	-158	0	-158	30	-158	90
	Σ	655	141			40	67	77			20	345	-310	0	-310	120	-310	270
	N	240	75				39	45			20	179	-61	0	-61	60	-61	80
	P	122	29				19	22				70	-52	0	-52	30	-52	80
Соняшник	К	479	120				47	54				221	-258	0	-258	30	-258	80
	Σ	841	224				105	121			20	470	-371	0	-371	120	-371	240
	N	244	90		10	1,4	25	31	3,6	22	20	203	-12	0	-41	39	-41	68
	P	97	30		1,2	1,8	12	15	1,8			62	-35	0	-35	33	-35	82
Середнє по сівозміні	К	309	112		10,2	4,8	26	37	4,2			59	-118	0	-270	31	-270	84
	Σ	647	232		21,0	8	65	83	9,6		20	324	-165	0	-346	103	-346	234

Доступні форми просапній сівозміні ресурсів мінерального живлення рослин за органічної системи удобрення становлять 324 кг/га ($N_{203}P_{62}K_{59}$), в орвано-мінеральній і мінеральній – 346 кг/га, за рахунок внесення на 1 га ріллі мінеральних добрив, відповідно, 103 і 234 кг NPK.

Отже, очікувана адекватна біокліматичному потенціалу агроландшафту середня продуктивність 1 га ріллі в плодозмінній сівозміні за орвано-мінеральної і мінеральної системи удобрення, забезпечена розрахованими ресурсами становитиме 6,3 к.од. із витрачанням на 1 т 88,9 кг NPK. У зерновій сівозміні – забезпечена розрахованими ресурсами досягатиме 8,8 к.од. із витрачанням на 1 т 59,5 кг NPK. У зерновій спеціалізованій сівозміні – забезпечена розрахованими буде на рівні 7,8 к.од. із витрачанням на 1 т 67 кг NPK. У просапній сівозміні-забезпечена розрахованими ресурсами досягатиме 9,0 к.од. із витрачанням на 1 т 71,9 кг NPK.

Продуктивністю ріллі за органічної системи удобрення, забезпеченого розрахованими можливими ресурсами органіки, варто очікувати за плодозмінної сівозміні 3,9 т/га (352:88,9) кормових одиниць, за зернової 9,2 т/га (548:59,5) к.од., за зернопросапної спеціалізованої – 6,7 т/га (454:67) к.од., за просапної – 6,1 т/га (436:71,9) к.од., тобто неадекватну біокліматичному потенціалу агроландшафту.

Продуктивністю ріллі за органічної системи удобрення, забезпеченого розрахованими можливими ресурсами органіки, варто очікувати за плодозмінної сівозміні 3,9 т/га (352:88,9) кормових одиниць, за зернової 9,2 т/га (548:59,5) к.од., за зернопросапної спеціалізованої – 6,7 т/га (454:67) к.од., за просапної – 6,1 т/га (436:71,9) к.од., тобто неадекватну біокліматичному потенціалу агроландшафту.

Забезпечення елементами мінерального живлення у стаціонарному досліді вивчене у трьох градаціях. У варіантах мінеральної системи удобрення пріоритетними стали мінеральні добрива із внесенням у всіх сівозмінах 8 т гною, і в плодозмінній сівозміні 222 кг діючої речовини мінеральних добрив $N_{68}P_{72}K_{82}$, зерновій – 240 кг д.р. мінеральних добрив – $N_{84}P_{76}K_{80}$, зернопросапній спеціалізованій сівозміні – 245 кг д.р. мінеральних добрив – $N_{87}P_{75}K_{83}$, у просапній сівозміні – 234 кг д.р. мінеральних добрив – $N_{68}P_{82}K_{84}$.

За орвано-мінеральної системи удобрення обрані природні органічні добрива 11,5 т/га, із них 8 т гною і 3,5 т (побічна продукція, маса сидеральних культур у перерахунку на гній), використання мінеральних добрив у сівозмінах : плодозмінної у нормі 110 кг/га – $N_{27}P_{38}K_{45}$, зернової у нормі 116 кг/га – $N_{38}P_{40}K_{38}$, зернопросапній спеціалізованої у нормі 122 кг/га – $N_{44}P_{37}K_{41}$, просапної сівозміні у нормі 103 кг/га – $N_{39}P_{33}K_{31}$. Із ресурсного забезпечення елементами живлення рослин у системі органічного удобрення мінеральні добрива не застосовувалися з внесенням на 1 га ріллі 11 т органічних добрив, із них 8 т гною і 3 т (маса сидеральних культур, побічна продукція у перерахунку на гній).

Система органічного удобрення розрахована на надходження у ґрунт

органічних добрив 11 т/га сівозмінної площі за рахунок внутрішніх ресурсів господарства. Така система удобрення не здатна забезпечити винесення елементів мінерального живлення урожаєм за плодозмінної сівозміни з дефіцитом елементів живлення 173 кг/га – $N_{63}P_8K_{102}$. За зернопросапної сівозміни дефіцит елементів живлення фосфору – 30 кг/га і калію – 41 кг/га надходження азоту позитивне + 96 кг/га.

За зернопросапної спеціалізованої сівозміни ресурси органіки не можуть забезпечити винесення елементів мінерального живлення урожаєм, з дефіцитом фосфору – 49 кг/га і калію – 52 кг/га, тоді як надходження азоту позитивне +48 кг/га. За просапної сівозміни надходження органіки також не забезпечує винесення елементів мінерального живлення урожаєм, з дефіцитом згаданих елементів 346 кг/га – $N_{41}P_{35}K_{270}$. У досліді використана наступна система застосування мінеральних добрив табл. 2.11.

Таблиця 2.11

Система застосування мінеральних добрив у досліді

Сівозміна	Діюча речовина	Мінеральна система удобрення, органічні добрива у сівозміні 8т/га				Органо-мінеральна система удобрення, органічні добрива 8т/га			
		Усього	основне	припосівне	підживлення	Усього	основне	припосівне	підживлення
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Плодозмінна сівозміна									
Люцерна	N								
	P	80			80	40			40
	K	70			70	50			50
	Σ	150			150	90			90
Пшениця озима	N	60			60	30	-	-	30
	P	60	60		-	30	30	-	-
	K	60	60		-	30	30	-	-
	Σ	180	120		60	90	60	-	30
Гірчиця біла	N	30	-	30	-	15	-	15	-
	P	30	30	-	-	15	15	-	-
	K	30	30	-	-	15	15	-	-
	Σ	90	60	30	-	45	30	15	-
Буряки цукрові	N	120		60	60	40		20	20
	P	120	90	15	15	50	30	20	-
	K	150	120	15	15	60	40	20	-
	Σ	390	210	90	90	150	70	60	20
Соняшник	N	80		15	65	60	-	30	30
	P	80	65	15	-	30	30	-	-
	K	80	65	15	-	30	30	-	-
	Σ	240	130	45	65	120	60	30	30
Гречка	N	70	-		70	30	-	-	30

<i>Продовження табл. 2.11</i>									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Р	30	30		-	15	15	-	-
	К	70	70		-	35	35	-	-
	Σ	170	100		70	80	50	-	30
Ячмінь + люцерна	Н	80		30	50	10	-	10	-
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Р	60	60	-	-	50	-	50	-
	К	60	60	-	-	50	-	50	-
	Σ	200	120	30	50	110	-	110	-
Середня по сівозміні	Н	68		19	49	27		10	17
	Р	72	51	5	16	38	18	12	8
	К	82	63	3	16	45	23	12	10
	Σ	222	114	27	81	110	41	34	35
Зернопросапна сівозміна									
Соя	Н	50			50	-			
	Р	30	30			30	30		
	К	50	50			20	20		
	Σ	130	80		50	50	50		
Пшениця озима	Н	60			60	30			30
	Р	60	60			30	30		
	К	60	60			30	30		
	Σ	180	120	30	60	90	60		30
Гірчиця біла	Н	30				15		15	
	Р	30	30			15	15		
	К	30	30			15	15		
	Σ	90	60	30		45	30	15	
Соняшник	Н	80		15	65	60	-	30	30
	Р	80	65	15		30	30	-	-
	К	80	65	15		30	30	-	-
	Σ	240	130	45	65	120	60	30	30
Ячмінь	Н	80		30	50	10		10	
	Р	60	60	-		50		50	
	К	60	60	-		50		50	
	Σ	200	120	30	50	110		110	
Гірчиця біла	Н	30	-	30		15	-	15	
	Р	30	30	-		15	15	-	
	К	30	30	-		15	15	-	
	Σ	90	60	30		45	30	15	
Кукурудза на зерно	Н	90	-	15	75	60		30	30
	Р	90	75	15	-	30	30	-	-
	К	90	75	15	-	30	30	-	-
	Σ	270	150	45	75	120	60	30	30
Середнє по сівозміні	Н	84	-	24	60	38	-	20	18
	Р	76	70	6	-	40	30	10	-
	К	80	74	6	-	38	28	10	-
	Σ	240	144	36	60	116	58	40	18
Зернопросапна спеціалізована сівозміна									
Гречка	Н	70	-	-	70	30	-	-	30
	Р	30	30	-	-	15	15	-	-

		<i>Продовження табл. 2.11</i>								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
		К	70	70	-	-	35	35	-	-
		Σ	170	100	-	70	80	50	-	30
Пшениця озима	N	60		-	60	30	-	-	-	30
	P	60	60	-	-	30	30	-	-	-
	К	60	60	-	-	30	30	-	-	-
		Σ	180	120	-	60	90	60	-	30
Гірчиця біла	N	30	-	30	-	15	-	15		
	P	30	30	-	-	15	15	-		
	К	30	30	-	-	15	15	-		
		Σ	90	60	30	-	45	30	15	
Кукурудза	N	90	-	15	75	60	-	30	30	30
	P	90	75	15	-	30	30	-	-	-
	К	90	75	15	-	30	30	-	-	-
		Σ	270	150	45	75	120	60	30	30
Соняшник	N	80	-	15	65	60	-	30	30	30
	P	80	65	15	-	30	30	-	-	-
	К	80	65	15	-	30	30	-	-	30
		Σ	240	130	45	65	120	60	30	-
Ячмінь	N	80	-	30	50	10	-	10	-	-
	P	60	60	-	-	50	-	50	-	-
	К	60	60	-	-	50	-	50	-	-
		Σ	200	120	30	50	110	-	110	-
Гірчиця біла	N	30	-	30		15	-	15	-	-
	P	30	30	-		15	15	-	-	-
	К	30	30	-		15	15	-	-	-
		Σ	90	60	30		45	30	15	-
Соняшник	N	80	-	15	65	60	-	30	30	30
	P	80	65	15	-	30	30	-	-	-
	К	80	65	15	-	30	30	-	-	-
		Σ	240	130	45	65	120	60	30	30
Середнє по сівозміні	N	87	-	24	63	44	-	20	24	
	P	75	69	6	-	37	27	10	-	
	К	83	77	6	-	41	31	10	-	
		Σ	245	146	36	63	122	58	40	24
Просапна сівозміна										
Горох	N	-				-				
	P	70	70			30	30			
	К	90	80			20	20			
		Σ	150	150		50	50			
Пшениця озима	N	60	-	-	60	30	-			
	P	60	60	-	-	30				
	К	60	60	-	-	30				
		Σ	180	120	-	60	90			
Гірчиця біла	N	30	-	30	-	15	-	15	-	-
	P	30	30	-	-	15	15	-	-	-
	К	30	30	-	-	15	15	-	-	-

		<i>Продовження табл. 2.11</i>								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Σ	90	60	30	-	45	30	15	-
Соняшник	N	80	-	15	65	60	-	30	30	30
	P	80	65	15	-	30	30	-	-	-
	K	80	65	15	-	30	30	-	-	-
	Σ	240	130	45	65	120	60	30	30	30
Кукурудза	N	90	-	15	75	60	-	30	30	30
	P	90	75	15	-	30	30	-	-	-
	K	90	75	15	-	30	30	-	-	-
	Σ	270	150	45	75	120	60	30	30	30
Соняшник	N	80	-	15	65	60	-	30	30	30
	P	80	65	15	-	30	30	-	-	-
	K	80	65	15	-	30	30	-	-	-
	Σ	240	130	45	65	120	60	30	30	30
Середнє по сівозміні	N	68	-	15	53	39	-	21	18	18
	P	82	73	9	-	33	33	-	-	-
	K	84	75	9	-	31	31	-	-	-
	Σ	234	148	33	53	103	64	21	18	18

На фоні перерахованих систем обробітку ґрунту досліджувалися чотири системи удобрення.

1. Без застосування добрив (контроль).

2. Органічна система удобрення застосування на 1 га 8 т гною та 3,0 т нетоварної частини врожаю, маси поживних сидератів. Органічні добрив, їх норма визначена за необхідністю позитивного балансу гумусу.

3. Органо-мінеральна – для відтворення родючості ґрунту пріоритетне використання органічних добрив, внесення 8 т гною на 1 га сівозмінної площі і 3,5 т маси післяжнивних сидератів, нетоварної частини врожаю за плодозмінної сівозміни 110 кг (N₂₇P₃₈K₄₅) мінеральних добрив, у зернопросапній – 116 кг (N₃₈P₄₀K₃₈), у зернопросапній спеціалізованій – 122 кг (N₄₄P₃₇K₄₁), у просапній сівозміні 108 кг (N₃₉P₃₈K₃₁) мінеральних добрив.

4. Мінеральна – для відтворення родючості ґрунту використання промислових агрохімікатів із внесенням на 1 га сівозмінної площі 8 т гною і в плодозмінній сівозміні – 222 кг (N₆₈P₇₂K₈₂), у зернопросапній – 240 кг (N₈₄P₇₆K₈₀), зернопросапній спеціалізованій – 245 кг (N₈₇P₇₅K₈₃), просапній – 234 кг (N₆₈P₈₂K₈₄) мінеральних добрив.

Розміщення варіантів рендомізоване, розмір посівної ділянки 171 м², облікової – 112 м². Повторність чотириразова.

У досліді використовували такі гібриди і сорти культур: люцерна – Лідія, Каміла; пшениця озима – Балетка, Фелікс, Світило; соняшник – Роккі НК, Конді НК; буряки цукрові – Предатор, Вапіті; соя – Сігалія, Сірелія, Сальса; кукурудза – Атраксіон, ДКС 3972, Сі Чоринтос, ЕС Москіто; ячмінь – Планет, Геліос; горох – Мадонна, Світ; гречка – Диккуль, Арно.

Дослід 2

Порівняльна ефективність різних технологій обробітку ґрунту короткоротаційної сівозміни.

Програма досліджень включала проведення польових і лабораторних дослідів. Територія ТОВ «Мрія», на базі якого виконувалися дослідження упродовж 2012-2021 рр., знаходиться в Білоцерківському районі Київської області.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий середньосуглинковий. Потужність орного шару – 20-25 см; вміст гумусу – 4,41%; сума увібраних основ – 19,30 мг. екв/100 г ґрунту; рН – 5,81; азот, що легко гідролізується – 189,0 мг/кг; рухомі сполуки фосфору і калію – 151,9 і 102,1 мг/кг.

Схема чергування культур: 1. Пшениця озима; 2. Соя; 3. Соняшник.

У досліді вивчалися технології обробітку ґрунту з різним ступенем інтенсивності. За контроль слугувала традиційна технологія на базі оранки ПОН 3-35 під сою і пшеницю озиму на глибину 20-22 см, соняшник – 25-27 см (контроль). Варіант 2 передбачав використання дискової борони АГ-2,1-20 на 10-12 см під всі культури сівозміни. Варіант 3 – безпосередню сівбу в необроблений ґрунт сівалкою Kinze 3600 (no-till технології).

Засоби захисту рослин застосовували відповідно до технології вирощування культури. На посівах пшениці: Палас – 85 г/га, Квелекс – 15 г/га, Рекс Дуо – 0,4 л/га, Кореген – 50 г/га. На посівах сої: Раундап Макс – 1 л/га, Бентаграм – 1,5 л/га + Хармоні – 7 г/га, Центуріон – 200 г/га. На посівах соняшнику: Раундап – 0,8 кг/га, Містард – 15 г/га, Центуріон – 200 г/га, Танос – 0,4 кг/га, Аканто – 0,4 кг/га.

Сорти та гібриди які висівали у досліді: пшениця озима – Яліта, Станична, Леммі, Алтіго; соя – PS 0416R2, Аполло; соняшник – Воллтер, P64LE25.

Система удобрення розрахована на запланований урожай пшениці озимої – 6,0 т/га, сої – 3,5 т/га, соняшнику – 3,5 т/га.

Після збору сої і соняшнику висівали сумішки на сидерат вика яра, льон, фацелія та редька олійна за традиційного обробітку і застосування дискових знарядь.

Повторність у досліді триразова, площа посівної ділянки – 380 м², облікової – 230 м².

Відбір і підготовка зразків ґрунту до аналізу проводилися згідно із загальноприйнятими методиками, описаними у літературних джерелах, та відповідно до ДСТУ ISO 10381-1:2004, ДСТУ ISO 10381-2:2004, ДСТУ 4287:2004, ДСТУ ISO 10381-3:2004, ДСТУ ISO 10381-5:2005.

Спостереження, обліки, аналізи проводили за методиками: вміст загального гумусу – методом І. В. Тюріна в модифікації С. М. Симакова (ДСТУ 4289:2004); фракційний склад – за Коновою-Бельчиковою використанням лужного розчину пірофосфату натрію згідно з ДСТУ 7855:2015; запаси енергії в гумусі розраховували за формулою С.А. Алієва (1978),

удосконаленою В. Козіним (1980):

$$Q = 517,2 \cdot \Gamma \cdot H \cdot d_{pB}(C_{Гк} : C_{Фк}),$$

де Q – запаси енергії в гумусі, млн Ккал/га; 517,2 – коефіцієнт переведення, млн Ккал/га; Γ – уміст гумусу, %; H – потужність шару, м; d_{pB} – рівноважна щільність будови ґрунту, г/см³; $C_{Гк} : C_{Фк}$ – якісний показник гумусу; енергія 1 Ккал/га становить 0,00419 ГДж/га.

Кількість корневих залишків визначали за методом Н. З. Станкова (1964); розрахунок балансу гумусу здійснювали за Г. Я. Чесняком (1987).

Нітратний азот визначали з дисульфифеноловою кислотою, амонійний – за методикою ЦИНАО з наступним колориметруванням; лужногідролізований азот – за Корнфільдом; нітрифікаційну здатність ґрунту – за Кравковим за ДСТУ 7538:2014; рухомий фосфор і обмінний калій – за Б. П. Мачигіним згідно з ДСТУ 4114-2002; баланс NPK розраховували за методикою І. Г. Захарченка; кальцій і магній – комплексометричним методом; рН сольове водне – на рН-метрі згідно з ДСТУ ISO 10390-2001; суму вбирних основ – за Капенем-Гільковицем; вміст важких металів у ґрунті – на атомносорбційному спектрометрі у HNO₃.

Дослідження фізичних і водно-фізичних властивостей ґрунту виконували на початку, в середині та у кінці вегетації за методами: структурно-агрегатний склад ситовим методом у модифікації Н. І. Савінова (ДСТУ 4744:2007); визначення щільності складання на суху масу – за ДСТУ ISO 11272:2001; твердість ґрунту – пенетрометром Skok Agro; пористість ґрунту – розрахунковим методом; загальні та доступні запаси вологи у ґрунті, баланс вологи – розрахунковим методом на основі визначення вологості ґрунту (ДСТУ ISO 16586:2005).

Для встановлення впливу різних систем удобрення на біологічну активність чорнозему типового глибокого визначали чисельність таких груп мікроорганізмів: гриби, актиноміцети на середовищі Чапека, амоніфікатори – на МПА (ДСТУ 7847:2015), фосфорні бактерії, олігонітрофіли – на Ешбі, бактерії, що використовують азот мінеральних сполук – на КАА, інтенсивність виділення ґрунтом вуглекислоти (CO₂) – методом В. І. Штатнова; целюлозоруйнівну здатність ґрунту – методом аплікації лляного полотна за Є. М. Мішустініним (1971); чисельність ґрунтової мезофауни (дошових черв'яків) – за методикою стаціонарного вивчення ґрунтів (ДСТУ ISO 23611-1:2009).

Для оцінки фітосанітарного стану посівів визначали: забур'яненість – на постійно закріплених площинах 0,5x0,5 (0,25 м²) кількісним методом на час появи сходів соняшнику та кількісно-ваговим методом перед збиранням урожаю з обліком кількості бур'янів на одиниці площі, їхнього видового складу та маси; пошкодження рослин бур'яків цукрових церкоспорозом, гороху та пшениці озимої кореневими гнилями – за методикою Інституту цукрових бур'яків.

Урожайність культури сівозміни визначали у стані технічної стиглості методом суцільного збирання з облікових ділянок з перерахунком на стандартну вологість та чистоту з кожного варіанту окремо; розрахунок продуктивності сівозміни у кормових одиницях здійснено за виходом основної і побічної сільськогосподарської продукції на 1 га ріллі.

Якість отриманої продукції визначали та оцінювали: зерна пшениці озимої – згідно з ДСТУ 3768-2009, технологічні показники якості коренеплодів бур'яків

цукрових і цукристість – за ДСТУ 4778:2007; ДСТУ 4983:2008, доброякісність нормально очищеного соку, вихід цукру, втрати цукру в мелясі – розрахунковим методом.

Статистична оцінка даних спостережень у дослідях проведена методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів, які дали змогу визначити ступінь достовірності одержаних результатів. За визначення енергетичної і економічної ефективності між показниками продуктивності сівозмін користувалися загальноприйнятими методиками з використанням комп'ютерної програми з розрахування енерговитрат, описаними О. К. Медведовським, П. І. Іваненком (1988), Ю. О. Тараріко (2005); енергетичний баланс ґрунту – за допомогою енергетичних еквівалентів Ю. О. Тараріко (2005).

3. ВПЛИВ СІВОЗМІН, УДОБРЕННЯ Й ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ВОДНИЙ РЕЖИМ ТА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

3.1 Структура ґрунту

Одним із важливих показників родючості ґрунту визнано його структурний склад. За високої оструктуреності ґрунту найповніше забезпечуються потреби рослин у воді та поживних речовинах. Такі ґрунти гарантують вищий рівень вологості та водопроникності, відрізняються високим відсотком пористості, завдяки чому міцно утримують вологу, менше підлягають впливу дефляції. Для структурних ґрунтів характерний сприятливіший водно-повітряний і тепловий режими, що зумовлює інтенсивну мобілізацію поживних речовин та підвищення рівня життєдіяльності мікрофлори [436, 487].

За інтенсивного землеробства посилюється дія антропогенних чинників на ґрунт. Запобігання фізичній деградації слугує необхідною передумовою і важливим резервом підвищення його ефективності. На сьогодні можна вважати визнаним положення, за яким родючість ґрунтів середнього і важкого гранулометричного складу залежить від їх структурного складу [485].

За літературними даними останніх років висвітлено результати вивчення зміни агрофізичних показників ґрунтів під впливом добрив. Оскільки виняткова роль органічних речовин та органічних добрив у їх оптимізації не викликає сумніву [462], однак щодо впливу застосування мінеральних добрив дані досить суперечливі. Ряд вчених вважають, що систематичне застосування підвищених доз мінеральних добрив у разі збільшення в асортименті фізіологічно кислих форм або форм, які містять одновалентні катіони, призводить до погіршення агрегатного складу чорноземів [548]. Інші автори [535] доводять можливість неістотних змін структурно-агрегатного стану чорноземних ґрунтів під час внесення мінеральних добрив, особливо в поєднанні з органічними, у невеликих і середніх дозах. Зрештою, існують літературні дані, що мінеральні добрива посилюють агрегованість ґрунту за рахунок додаткового надходження рослинних залишків на удобрюваних варіантах і в результаті поліпшують гумусового балансу [536].

Використання сівозміни з багаторічними травами і 10 т/га гною за даними С. М. Серединського, І. С. Броцака [443] не призводить до суттєвого збільшення кількості водотривких агрегатів. У проведених дослідженнях В. О. Єщенка [157] багаторічні трави на один укіс першого року використання поліпшували структурний стан ґрунту. Однак їх післядія у польовій 10-пільній сівозміні була короткотривалою – не більше дворічного періоду після розорювання. Вплив різних за агротехнічними і біологічними особливостями однорічних культур на умови структуроутворення обмежується тільки одним вегетаційним періодом.

Структура ґрунту це динамічна величина, яка залежить від особливостей

вироснутої культури, способів обробітку ґрунту та вмісту органічної речовини в ньому. Цей показник може суттєво змінюватися упродовж 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 дослідах діють одночасно, тому важливими заходами, спрямованими на підтримку оструктуреності ґрунту, стає система обробітку ґрунту, правильний набір культур у сівозміні, внесення мінеральних та органічних добрив [356, 487].

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 структурно-агрегатного стану ґрунту [435].

Застосування полицевого обробітку сприяє одержанню оптимальних параметрів структури за рахунок вивертання у верхню частину нижніх, найструктурніших шарів ґрунту, і навпаки, заорювання у нижні шари мало структурного верхнього шару. Забезпечуються найпридатніші умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур. На думку ряду дослідників [223, 321, 433], що діаметрально протилежно, оптимальні параметри структури забезпечуються за плоскорізного та мілкого обробітку ґрунту порівняно з оранкою за рахунок меншої глибини обробітку, робочими органами ґрунтообробних знарядь ґрунту та наявності органічних залишків у верхніх шарах, що зменшують техногенний вплив.

У збільшенні кількості структурних агрегатів важливе значення належить системі коренів рослин. Так, пшениця озима, люцерна, ячмінь, пронизують ґрунт коренями й оструктурюють його, на відміну від соняшнику, буряків цукрових, кукурудзи, коли відбувається руйнування структури унаслідок міжрядних культиваций та тиску коліс техніки. Кореневі волоски рослин розклинують ґрунт на мікроструктурні агрегати, поліпшуючи при цьому його структурний стан. Компостування ґрунту з рослинними залишками попередньої культури значно підвищує водотривкість агрегатів, оскільки мікроорганізми виділяють сполуки у процесі розкладання органічних залишків, які склеюють елементарні ґрунтові часточки в агрегати [215, 585, 595].

Обробіток ґрунту створює відповідний грудочкуватий стан на рівні понад 80 % агрономічно цінних агрегатів і понад 70 % водостійких [145, 570]. На думку М. М. Ломакіна [242], за всіх способів обробітку відбувається руйнування агрономічно цінної структури ґрунту, із найбільшим вираженням цього процесу за оранки. Підтверджуються такі тенденції і в дослідженнях у Лівобережного Лісостепу за час вивчення всіх типів знарядь для основного обробітку ґрунту [104, 528].

Більшість вчених вважають, що безполицеві обробітки ґрунту сприяють зростанню кількості агрономічно цінних і водостійких агрегатів в орному, особливо у верхньому, 0-10 см, шарі ґрунту порівняно із полицевим обробітком

[79].

На переконання ряду науковців, застосування поверхневого обробітку створює значно прийнятніший структурно-агрегатний склад ґрунту з більшою кількістю агрономічно цінних часточок. Питання впливу різних способів обробітку на структуру ґрунту до цього часу перебуває в центрі уваги дослідників. На теперішній час єдиної думки щодо необхідності застосування того чи іншого заходу для значного поліпшення структури ґрунту поки що не існує. Згадана проблема залишається актуальною на фоні застосування різних варіантів обробітку ґрунту і систем удобрення, зважаючи на різне надходження головного агента структуроутворення. Одержано наступні дослідження про структурно-агрегатний склад ґрунту агроценозу пшениці озимої на час відновлення вегетації і на період збирання врожаю у зернопросапній сівозміні (рис. 3.1, 3.2).

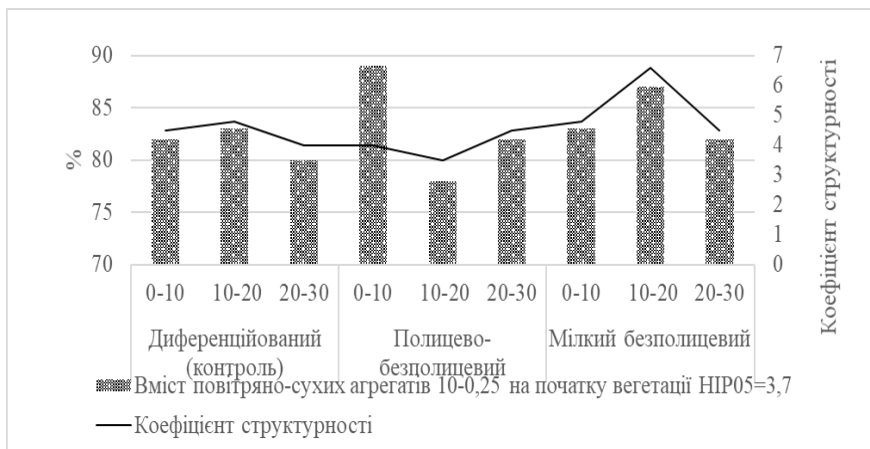


Рис. 3.1 Структурно-агрегатний склад ґрунту на початку вегетації пшениці озимої у зернопросапній сівозміні за 2017–2020 рр.

Найбільший вміст фракції повітряно-сухих агрегатів розміром (0,25–10 мм) на час відновлення вегетації пшениці озимої відзначено за полицево-безполицевого обробітку ґрунту. Дослідження узгоджуються із даними А. І. Горбатенко та ін. [104]. Застосування у дослідках системи полицево-безполицевого обробітку ґрунту значно зменшило вміст структурної фракції розміром понад 10 мм.

Варто зауважити, що бриластість збільшується з глибиною за мілкого безполицевого обробітку, однак одержані значення менші як за застосування диференційованого обробітку ґрунту.

Значно структурішим в орному шарі (0–30 см) виявився ґрунт в

агроценозі соняшнику за полицево-безполицевого обробітку на початку вегетації соняшнику – 92,1 % цінних агрегатів (рис. 3.3, дод. В3). Кількість брил у верхньому 0-10 см шарі за мілкого обробітку становила 13,8 %, тоді як за диференційованого і полицево-безполицевого обробітку – 6,1 і 6,8 % відповідно. Утворення великої кількості мікроагрегатів нівелює перевагу полицевого обробітку, пов'язаного з виносом на поверхню більш оструктурених грудочок.

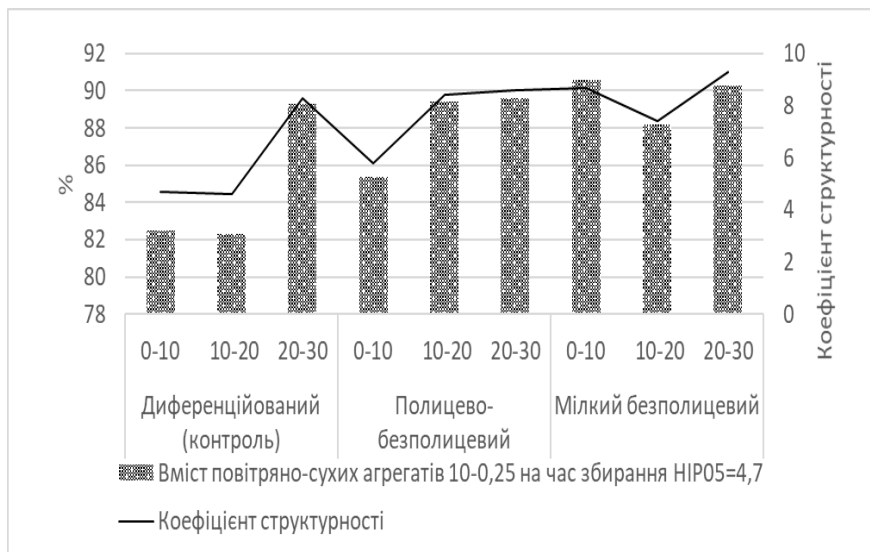


Рис. 3.2 Структурно-агрегатний склад ґрунту на період збирання пшениці озимої у зернопросапній сівозміні за 2017-2020 рр.

У дослідженнях підтверджуються висновки про необхідність періодичного здійснення полицевого обробітку після тривалого безполицевого та дискового обробітків для заміни розпиленого верхнього шару оструктуреним з часом нижнім шаром ґрунту [418]. Завдяки цьому здійснюється вирівнювання вмісту цінних агрегатів по всьому орному шару.

Характеризуючи структурний стан ґрунту залежно від систем основного обробітку, кількість агрономічно цінних агрегатів зростає по висхідній: мілкий безполицевий – диференційований – полицево-безполицевий. Сума повітряно-сухих агрономічно цінних агрегатів (0,25–10 мм) на полицево-безполицевому обробітку у шарі 0–10 см на початку вегетації соняшнику досягала 91,5 %, що на 6,0 % перевищувала мілкий безполицевий.

Наприкінці вегетації в агроценозі соняшнику в орному шарі ґрунту,

порівнюючи з ранньовесняним періодом, незалежно від заходів обробітку, зменшувалася кількість агрономічно цінних агрегатів (0,25–10 мм), збільшувався показник фракції понад 10 мм та фракції менше 0,25 мм (рис. 3.4).

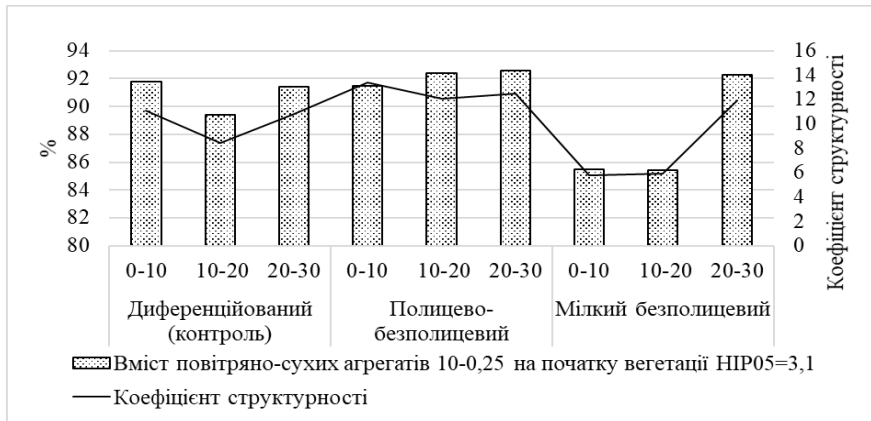


Рис. 3.3 Структурно-агрегатний склад ґрунту на початку вегетації соняшнику у зернопросапній сівозміні за 2017-2020 рр.

В агроценозі пшениці озимої, навпаки, кількість цінних фракцій зростала й зменшувалася кількість брил, що пояснюється відсутністю міжрядних обробітків, які руйнують ґрунтову структуру, та меншою кількістю проходів агрегатів під час догляду за культурою (див. рис. 3.2).

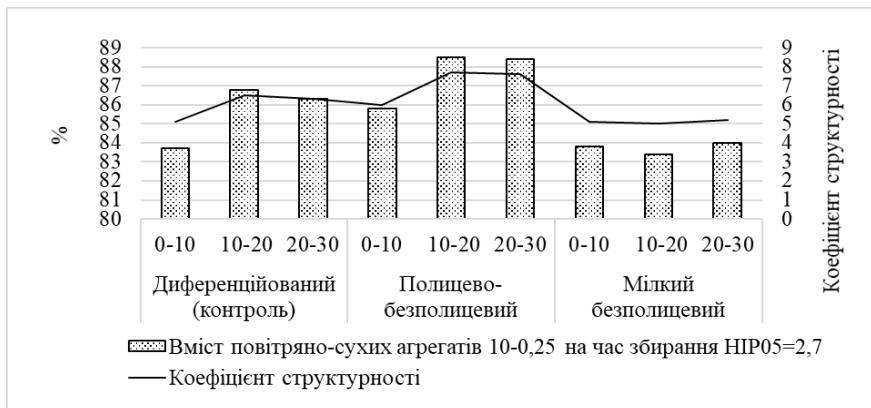


Рис. 3.4 Структурно-агрегатний склад ґрунту на період збирання соняшнику у зернопросапній сівозміні за 2017-2020 рр.

У досліджених полях сівозміни значно зростала кількість пилюватих фракцій ($< 0,25$ мм) ґрунту у 2-4 рази за дії на нього техногенних факторів та пересушення верхнього шару ґрунту на час збирання культур. Коефіцієнт структурності навесні за полицево-безполицевого обробітку значно зростав у 1,4-1,7 рази порівняно з м'яким безполицевим. Такі ж закономірності зазначено й у кінці вегетації культур. Подібне пояснюється значним впливом рослинних залишків, що знаходяться на поверхні і частково перемішані з верхнім шаром ґрунту, на формування та збереження оптимального структурно-агрегатного складу ґрунту. Використання безполицевих обробітків ґрунту дають можливість лишати на поверхні максимальну кількість рослинних залишків знижуючи цим техногенне навантаження на ґрунт

Отже, заходи основного обробітку ґрунту виявили значний вплив на процеси оструктурення. За полицево-безполицевого обробітку зростала кількість найцінніших агрегатів ($0,25-10$ мм), порівнюючи з диференційованим.

Одним із важливих показників якісної оцінки структурно-агрегатного складу визнано його водотривкість. Механізм утворення водотривких макроструктурних частинок ґрунту полягає в наступному: спочатку за коагуляції ґрунтових суспензій, або злипання найдрібніших частинок утворюються мікроструктурні частинки, з яких шляхом склеювання гуміновими речовинами формуються макроструктурні водотривкі частинки. У процесі структурування важливе значення має наявність перегнійних речовин у ґрунті. Потрібно, щоб у ґрунті була достатня кількість двовалентних обмінних іонів, насамперед кальцію, а також – глинистих і мулистих частинок [410].

У дослідках Білоцерківського НАУ [392] на чорноземі типовому малогумусному легкосуглинковому в середньому за п'ять років на дату сівиби культур зерно-просапної сівозміни встановлено вміст водотривких агрегатів дещо вищий за різноглибинної оранки, ніж за постійного обробітку плоскорізом і дисковою бороною.

Безполицеві обробітки збільшують водотривкість ґрунтових агрегатів у верхній частині кореневмісного шару. Так, підвищувався вміст водотривких агрегатів у ґрунті за внесення органічних добрив, особливо гною, соломи, сидератів. Найбільший вміст відзначено за варіантів з мінімальним плоскорізним обробітком – $18,1-19,6$ % [137].

За визначенням науковців, вміст водотривких агрегатів понад $0,25$ мм на цілих землях становить $70-80$ %. Освоєння земель і застосування обробітку ґрунту призводить до втрати цієї кількості, інколи в двічі. Середня величина водостійких агрегатів як основного показника якості на орних землях не перевищує 50 % [282].

Проведеними дослідженнями встановлено вплив системи основного обробітку ґрунту на водотривкість агрегатів на кінець вегетації соняшнику зернопросапної сівозміни (рис. 3.5).

Застосування м'якого безполицевого і полицево-безполицевого обробітків у сівозміні сприяли підвищенню вмісту стійких агрегатів на $1,2-7,5$ %.

Найбільший показник отримано за мілкого безполицевого обробітку, що вказує на важливе ґрунтоохоронне значення згаданого обробітку на відміну від інших заходів.

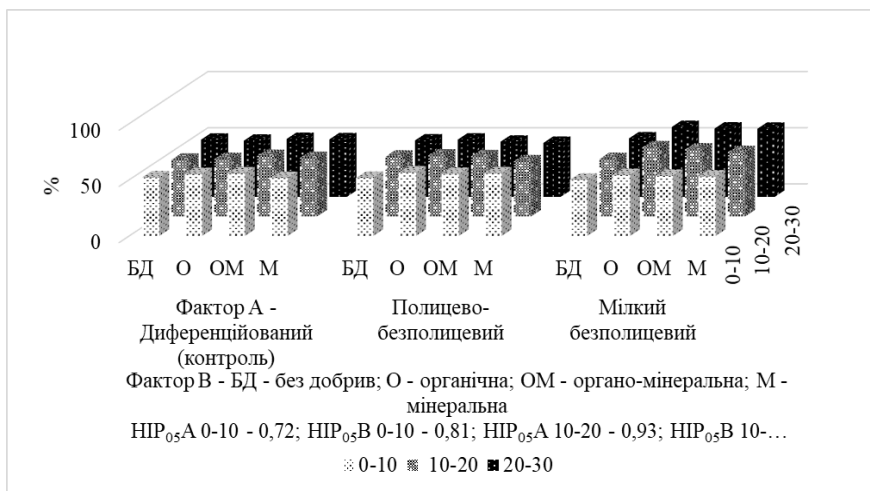


Рис. 3.5 Вплив основного обробітку ґрунту та системи удобрення в агроценозі соняшнику зернопросапної сівозміни, % за 2017–2020 рр.

Найбільшу різницю за вмістом водотривких агрегатів спостерігали у 0–10 см шарі ґрунту. За полицево-безполицевого обробітку вона становила 2,2 %, за мілкого безполицевого – 1,7 % до контролю.

Отримані результати досліджень свідчать про підвищений вплив робочих органів знарядь для мілкого обробітку та атмосферних явищ на руйнування ґрунтових агрегатів. Так, встановлено чітку диференціацію орного шару, яка полягає у підвищенні вмісту водотривких агрегатів в шарі 0-10 см з поглибленням за мілкого обробітку. Полицево-безполицевий обробіток ґрунту значно збільшував чисельність вмісту водотривких агрегатів у шарі 10-20 см порівнянно з контролем.

У наукових працях О. В. Демиденка [137] відзначено, що кількість водотривких агрегатів >0,25 мм в орному шарі за мінімального обробітку на 4,7–5,7 % більша, ніж після оранки.

Як зазначають С. П. Танчик та ін. [328], на всіх варіантах обробітку ґрунту (за виключенням поверхневого) кількість водотривких агрегатів в 0–30 см шарі перебуває на однаковому рівні. В науковообґрунтованих плодозмінних сівозмінах із застосуванням системи різноглибинного обробітку ґрунту під культури можна досягти диференціації водотривкої структури всього досліджуваного шару, в якому зосереджена найбільша кількість органічної маси рослин.

Найбільша кількість водотривких агрегатів в орному шарі виявлена за органічної та орнано-мінеральної систем удобрення, що значно перевищують контроль (без добрив). У шарі ґрунту 10–20 см вміст водотривких агрегатів за орнано-мінеральної системи удобрення переважав мінеральну на 5,4 %, що пояснюється наявністю міцно скріплених ґрунтових органічних колоїдів, а саме гуматів кальцію, заліза, алюмінію та магнію. Органічна система удобрення за кількістю водотривких агрегатів переважала мінеральну на 3,6 %.

Кореляційно-регресійний аналіз показує обернену залежність продуктивності зернопросапної сівозміни від підвищення вмісту водотривких агрегатів $r = -0,42$.

Отже, застосування органічної й орнано-мінеральної систем удобрення сприяє відновленню та збереженню водотривкої структури ґрунту. Значне поліпшення водотривкої структури ґрунту за полицево-бещполицевого і мілкого обробітків ґрунту сприятиме збереженню потенційної родючості з подальшим поліпшенням його фізичних та агрохімічних показників.

3.2 Щільність ґрунту

Щільність ґрунту виділяється як один з основних факторів родючості, оскільки характеризує весь комплекс фізичних умов ґрунту. Згаданий показник впливає на водний, повітряний і тепловий режими [78, 593, 616].

Більшість сільськогосподарських культур негативно реагують як на надмірно розпушений стан ґрунту, так і на надмірно ущільнений. Максимальну продуктивність рослини виявляють за умов середньої, оптимальної щільності [144, 370].

Щодо оптимальної щільності так її впливу на розвиток культур у науковій

спільноті існують різні думки. За деякими висновками, оптимальною для переважаючої більшості сільськогосподарських культур є щільність ґрунту в межах $1,1\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$ [228, 438].

Динамічність щільності проявляється в тому, що розпушений у процесі обробітку ґрунт під дією сили земного тяжіння, сільськогосподарських машин і знарядь самоущільнюється та досягає характерної для певного типу ґрунтів рівноважної щільності [96, 288].

Рівноважна щільність ґрунту не завжди збігається з оптимальною, при цьому сільськогосподарські культури по-різному реагують на ущільнення.

За даними В. В. Медведєва [287, 288], оптимальною щільністю ґрунту для соняшнику визнано $1,00\text{--}1,35 \text{ г/см}^3$, кукурудзи – $1,05\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$, ячменю ярого – $1,05\text{--}1,35 \text{ г/см}^3$, пшениці озимої – $1,10\text{--}1,35 \text{ г/см}^3$, проте в цілому оптимальні параметри становлять $1,00\text{--}1,45 \text{ г/см}^3$ [292]. За даними І. Б. Рєвута [403], А. С. Кушнарєва [228], діапазон оптимальної щільності для більшості культур знаходиться у межах $1,10\text{--}1,25 \text{ г/см}^3$.

Збільшення або зменшення щільності ґрунту призводить до зниження врожаю культур сівозміни на 20–40 % [525, 620]. На ущільнення негативно

реагують буряки цукрові, картопля, менше – кукурудза.

Оптимальні параметри щільності змінюються у часі та, у зв'язку із ступенем вологості ґрунту. За підвищеної вологості у межах встановленого діапазону показник зміщується до нижчого значення щільності, за умов недостатнього зволоження – до вищого [255]. Агротехнічні заходи слід розробити такі, які б дозволили підтримувати оптимальну щільність за будь-яких значень вологості ґрунту упродовж вегетації культур. За висушування зволоженого ґрунту до найменшої вологоємності відбувається його ущільнення [420]. За даними П. К. Іванова, Л. І. Коробової, щільність ґрунту зростає лише до 70 % НВ, а потім розпочинається зворотний процес [178].

Гумус значно впливає на щільність ґрунту. Зниження вмісту гумусу в ґрунті пропорційно збільшує його щільність, і це взаємно пов'язані процеси. Значна втрата гумусу в ґрунтах призводить до дезагрегування чорноземів, зниження ґрунтової родючості. Порушується водно-повітряний режим, рівноважна щільність в оброблюваному шарі збільшується, ґрунт набуває глибості, це призводить до додаткового обробітку з метою руйнування глиб [558].

Із вмістом гумусу 3,5–4,0 % у ґрунтах складається оптимальна щільність, яка дорівнює рівноважній [228]. Щільність ґрунту можна урівноважити за допомогою мінеральних й органічних добрив [655], а також збереженням рослинних залишків попередника, які підвищують родючість. Такі заходи підвищують оптимальний рівень щільності на 0,1–0,2 г/см³ і більше.

Враховуючи важливе значення щільності ґрунту варто вказати на нестачу даних щодо регулювання оптимальної щільності способами обробітку у сівозмінах.

Намічені дослідження проведено у двох напрямках – виявлення характеру впливу обробітку ґрунту та культур у плодозмінній сівозміні на зміну щільності орного шару чорнозему типового (рис. 3.6).

Перед сівбою польових культур у сівозміні щільність посівного шару ґрунту (0–10 см) була невисокою і становила 1,03–1,18 г/см³. Значно вищі її показники відзначено після застосування важких дискових борін на варіанті мілкого безполицевого обробітку (1,15–1,18 г/см³). У шарах 10–20 і 20–30 см щільність ґрунту зростала та досягала значень відповідно 1,19–1,24 та 1,22–1,32 г/см³. Найбільш ущільненим виявився ґрунт під соняшником за полицево-безполицевого розпушування та гречкою за мілкого безполицевого обробітку.

На час відновлення весняної вегетації рослин у посівах пшениці озимої щільність ґрунту перевищувала полицеві агрофони, показники мало відрізнялися за профілем орного шару та заходах обробітку ґрунту і знаходилися у межах, оптимальних для зернової культури величин (1,18–1,32 г/см³).

Упродовж літнього періоду посівний шар ґрунту (0–10 см) у полі пшениці озимої ущільнювався, тому щільність на період збирання озимини становила 1,21–1,22 г/см³. У нижній частині орного шару спостерігалось зростання

гаданих показників.

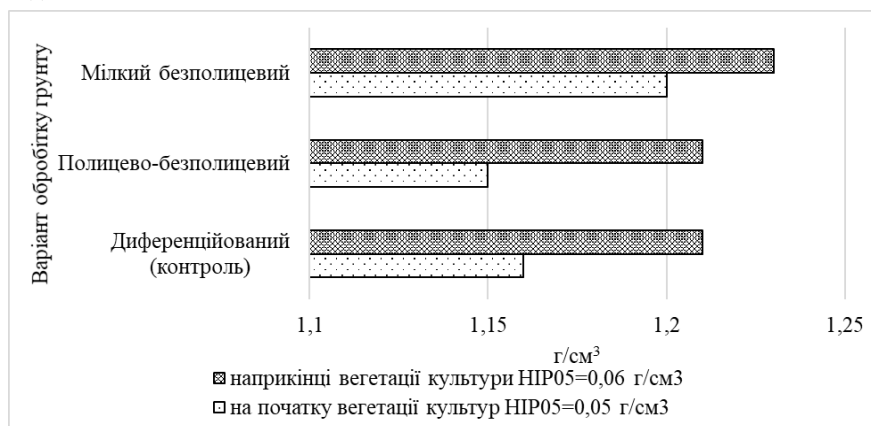


Рис. 3. 6 Щільність ґрунту залежно від його обробітку в плодозмінній сівозміні у шарі 0-30 см, г/см³ за 2016-2020 рр.

Порівняно з весняним визначенням в агроценозі буряків цукрових простежувалася чітка тенденція до підвищення щільності ґрунту на період збирання врожаю. Особливо стосовно посівного (0–10 см) шару ґрунту за мілкого безполицевого обробітку. За полицевого обробітку помітні зміни в бік зростання

величини щільності ґрунту характерні для шару 10–20 см (1,23 г/см³ проти 1,18 г/см³ в агроценозі ячменю).

У полі буряків цукрових, розміщених в сівозміні у ланці з горохом, спостерігали виражену розпушуючу дію на ґрунт полицево-безполицевого основного обробітку та не менш чітку ущільнюючу дію плоскорізного та поверхневого обробітку [307].

У посівах зернових культур на період весняно-польових робіт в шарі 0–30 см незалежно від заходів обробітку ґрунту щільність не перевищувала умовну допустиму межу для пшениці озимої (1,23–1,26 г/см³), ячменю ярого (1,12–1,15 г/см³) за В. В. Медведєвим [288], і становила в агроценозі пшениці озимої 1,3 г/см³, ячменю ярого – 1,14 г/см³. Сприятливі умови для щільності ґрунту відзначено і після посіву гречки – 1,15 г/см³, за оптимальної величини для згаданої культури 1,00–1,28 г/см³.

Крім цього встановлено, що на чорноземі типовому на початку вегетації рослин у плодозмінній сівозміні щільність орного (0–30 см) шару ґрунту знаходилася в оптимальних межах для культур вказаної сівозміни.

Для ґрунтів залежно від вмісту гумусу, структури і гранулометричного складу характерна певна щільність, яка називається рівноважною. Щільність набувається через певний відрізок часу після впливу на ґрунт природних

факторів. Щільність розпушеного ґрунту з часом підвищується, тоді як надмірно ущільненого – знижується, тобто спостерігається процес «саморозпушування» і щільність наближається до рівноважної [328, 620].

Отже, застосування у сівозміні різних систем основного обробітку ґрунту викликає тенденційні зміни агрофізичних властивостей оброблюваного шару ґрунту. На початку вегетації культур сівозміни, упродовж років досліджень, незалежно від системи обробітку ґрунту для всіх культур плодозмінної сівозміни складалися сприятливі умови щільності, які перебували у межах 1,11-1,31 г/см³ у 0-30 см шарі ґрунту. За застосування мілкого безполицевого обробітку внаслідок зменшення глибини розпушування до 10-12 см виявлено деяке ущільнення шару 0-30 см на 0,03-0,07 г/см³, що не перевищує оптимальних значень щільності за вирощування сільськогосподарських культур у плодозмінній сівозміні.

3.3 Пористість ґрунту

За науково обґрунтованого чергування культур у сівозміні відбувається поліпшення агрофізичних властивостей як орного, так і підорного шару ґрунту. Корені культур, проникаючи на різну глибину, підвищують пористість ґрунту, а у процесі відмирання рослини лишають після себе значну кількість органічних залишків [232].

Найсприятливіша пористість орного шару для культур знаходиться у межах 55–65 % об'єму ґрунту, задовільна – 50–55 %, при цьому незадовільна – менше 50 % [196].

Підвищення пористості ґрунту сприяє накопиченню вологи в осінньо-зимовий період та забезпечує її продуктивне використання. Підвищення пористості відбувається із зменшенням щільності, де створюється оптимальне співвідношення у ґрунті між водою та повітрям [389].

Збільшення кількості повітря для середньосуглинкових ґрунтів має винятково важливе значення, пов'язане з інтенсивнішим ущільненням останніх та деяким набуханням порівняно з легкими за механічним складом ґрунтами [201].

Одним із важливих наслідків зниження стабільності будови темно-сірого лісового ґрунту за багаторічного розорювання є зміна показників щільності і пористості у період від обробітку до збирання урожаю. Зміна щільності може досягати 0,14 г/см³, або 5,3 % загальної пористості, тоді як на ціліні їх динаміка майже не проявляється [284].

Пористість зумовлює переважно водний і повітряний режими ґрунту. Переміщення води у ґрунті залежить від розміру пор, а саме водопроникності та мобільності води [96].

За правильного обробітку ґрунту та оптимального зволоження утворюються міцні агрегати з порами, характерними для природних умов; поліпшується аерація ґрунту та зменшуються втрати вологи на фізичне

випаровування [57].

Для розрахунку пористості ґрунту використовували формулу з урахуванням щільності та питомої маси (2,55 г/см³) ґрунту.

На початку вегетації культур плодозмінної сівозміни на варіантах системи удобрення й обробітку ґрунту значної різниці пористості в 0–30 см шарі не встановлено (табл. 3.1).

Найвищі показники пористості відзначено за вирощування у сівозміні соняшнику, гречки, пшениці озимої як на початку, так і в кінці вегетації польових культур, що пояснюється культивацією верхнього шару перед сівбою та міжрядними обробітками під час догляду за просапними культурами.

Таблиця 3.1

Пористість 0-30 см шару ґрунту на початку вегетації рослин плодозмінної сівозміни, % за 2016-2020 рр.

Варіант обробітку ґрунту, А	Система удобрення, В	Культури сівозміни					
		Люцерна	Пшениця озима	Буряки цукрові	Соняшник	Гречка	Ячмінь
Диференційований (контроль)	Без добрив	50,9	53,4	51,8	52,9	53,1	55,8
	Органічна	48,8	52,2	53,0	52,6	51,9	53,5
	Органо-мінеральна	49,4	53,1	49,8	55,0	53,1	54,3
	Мінеральна	48,6	51,4	51,6	52,3	52,5	53,9
Полицево-безполицевий	Без добрив	49,0	52,3	49,4	53,3	54,5	49,3
	Органічна	49,4	53,9	50,6	57,5	55,4	50,5
	Органо-мінеральна	49,8	52,3	49,8	53,2	54,2	52,6
	Мінеральна	52,3	51,8	52,3	52,8	53,5	53,4
Мілкий безполицевий	Без добрив	49,0	51,2	50,1	52,7	51,4	51,2
	Органічна	49,0	52,3	50,3	53,4	52,9	52,6
	Органо-мінеральна	47,3	49,0	49,7	46,9	51,8	51,4
	Мінеральна	50,5	50,9	49,4	52,3	54,6	51,8
НІР ₀₅ А		0,68	0,83	0,71	F _ф <F ₀₅	0,54	0,92
НІР ₀₅ В		0,85	0,97	0,99	0,77	0,80	1,04

У весняний період перед початком польових робіт пористість ґрунту спостерігалася високою на вирощуванні соняшнику за органічної системи удобрення на полицево-безполицевому обробітку – 57,5 %. На вирощуванні люцерни за мінеральної системи удобрення на диференційованому варіанті показник виявився нижчим і становив 47,3 %.

Під час випаровування вологи ґрунтом у верхні шари проникає повітря і в подальшому стимулює посилення активності аеробних бактерій, що сприяє мінералізації рослинних залишків і вивільненню доступних для рослин поживних речовин.

Навесні найбільше аерованим виявився ґрунт за диференційованої системи обробітку, в середньому на 2,2 % порівняно з мілким безполицевим. Подібне пояснюється наявністю великої кількості некапілярних пор (діаметр > 0,1 мм), які слабо утримують вологу.

Пористість ґрунту по системах удобрення знаходилася на одному рівні. Разом із тим за органо-мінеральної системи удобрення вона мала тенденцію до зниження на 1,2–1,6 % порівняно з контрольним варіантом.

Упродовж вегетації культур у 0-30 см шарі ґрунту відбуваються значні зміни пористості. Зниження показника пористості ґрунту спостерігалось на всіх варіантах дослід (табл. 3.2). У плодозмінні й сівозміні відзначена найвища пористість ґрунту в агроценозі ячменю – 52,5 %.

Таблиця 3.2

Пористість 0-30 см шару ґрунту на період збирання культур плодозмінної сівозміни, % за 2016-2020 рр.

Варіант обробітку ґрунту, А	Система удобрення, В	Культури сівозміни					
		Люцерна	Пшениця озима	Буряки цукрові	Соняшник	Грецька	Ячмінь
Диференційований (контроль)	Без добрив	49,6	50,3	49,4	50,2	50,6	49,8
	Органічна	49,8	50,1	47,3	49,4	50,9	52,2
	Органо-мінеральна	48,5	48,9	48,1	49,0	51,8	51,4
	Мінеральна	47,3	48,5	48,0	48,1	49,8	48,3
Полицево-безполицевий	Без добрив	51,3	52,0	49,8	49,2	50,0	51,2
	Органічна	50,2	50,0	49,0	48,5	49,3	52,6
	Органо-мінеральна	49,4	49,8	48,5	47,3	50,6	52,2
	Мінеральна	48,5	49,0	49,3	46,5	50,9	51,8
Мілкий безполицевий	Без добрив	48,0	48,1	46,8	46,1	48,0	49,4
	Органічна	48,5	48,9	47,3	46,5	48,5	50,5
	Органо-мінеральна	49,0	49,5	48,1	45,3	49,0	50,2
	Мінеральна	48,2	48,7	49,0	44,3	49,4	49,7
НІР ₀₅ А		F _φ <F ₀₅	0,68	0,87	0,78	F _φ <F ₀₅	0,97
НІР ₀₅ В		F _φ <F ₀₅	0,81	F _φ <F ₀₅	0,99	0,65	1,02

Використання мілкового безполицевого обробітку у плодозмінній сівозміні мало тенденцію до зниження пористості на 0,3 % порівняно з контрольним варіантом. Упродовж років досліджень пористість ґрунту не знижувалася до критичної межі та була однаковою.

У середньому у сівозміні за органічної, органо-мінеральної систем удобрення пористість знаходилася на одному рівні і становила 49 %. Мінеральна система виявила лише тенденцію до зниження пористості на 1,6 % порівняно з органо-мінеральною та органічною системами удобрення.

На кінець вегетації відбулося ущільнення ґрунту внаслідок дії природних і техногенних факторів, через що об'єм пор зменшувався у середньому на 2,5–3,5 % за диференційованого і полицево-безполицевого обробітків та на 1,5–2,3 % за мілкового безполицевого розпушування. Дещо пористіший ґрунт на варіанті, де виконано полицевий обробіток навесні, завжди інтенсивніше ущільнювався упродовж вегетації порівняно з варіантом, де використовували дискові знаряддя.

За О. В. Гаськевичом [118], ґрунти важкого і середнього гранулометричного складу характеризуються всмоктувальною силою та відносно слабо повітро- і вологопроникні. Для поліпшення повітряного й водного режимів ґрунту їх необхідно інтенсивно розпушувати, вносити у підвищених нормах органічні добрива, поліпшувати структуру. Саме це сприятиме підвищенню їх пористості в результаті збільшення кількості некапілярних і капілярних пор.

При цьому В. С. Зуза та ін. [398] вказують на різні дані щодо співвідношення капілярних і некапілярних пор у ґрунті: за О. Г. Дояренком – 1:1, за А. І. Пупоніним – 1:2 або 1:3, за А. В. Корольовим – 2:3.

Отже, для органо-мінеральної системи удобрення характерні дещо сталіші показники пористості ґрунту в усьому профілі орного шару, що сприяє інтенсивнішому росту і розвитку культур сівозміни. Пористість ґрунту обернено пропорційна до щільності: чим вища щільність, тим менший об'єм пор у ґрунті. Збільшити пористість до 53,2 % і довести аерацію ґрунту до 30-32 % можливо заходами основного обробітку ґрунту (оранкою), а також наявістю рослинних залишків на поверхні, які розущільнюють ґрунт і сприяють утворенню у ньому пор.

3.4 Твердість ґрунту

Найважливішою характеристикою фізико-механічних властивостей чорнозему є твердість ґрунту. Значення твердості ґрунту характеризує рівень сприятливості ґрунтових умов для росту і розвитку кореневої системи культур. Оптимальний розвиток більшої сільськогосподарських культур відбувається за твердості ґрунту до 10 кг/см² у посівному шарі (0-10 см) та 21 кг/см² в орному [36, 290, 512, 608].

Низка науковців вважає, що для зернових колосових культур твердість ґрунту на рівні 20-25 кг/см² перебуває в межах оптимальних значень, тоді як для пророслих та коренеплодів оптимальні 5–10 кг/см² [137, 281].

Формування показників твердості ґрунту на рівні 35-40 кг/см², що слугує однією з ознак плужної підшови, різко сповільнює проникнення коренів у нижні шари, а в окремих випадках взагалі припиняє [69].

Як встановив В. В. Медведєв [283], високі показники твердості спричиняють низьку водопроникність ґрунту, обмежений ріст і розвиток коренів сільськогосподарських культур, зріджені й недружні сходи, низький рівень урожайності. Твердість ґрунту в зоні плужної підшови на рівні 35-40 кг/см² обмежує ріст коренів [108, 610, 616].

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. У чорноземних ґрунтах вона в 10–15 разів менша, ніж у солонцюватих.

Значний вплив на показники твердості ґрунту виявляють основний, передпосівний, міжрядний обробітки ґрунту для просапних культур, за проведення яких значення знижуються до оптимальних величин на певний проміжок часу. Тісний зв'язок існує між твердістю та вологістю ґрунту. Він характеризується високим зворотним коефіцієнтом кореляції, який може досягати 0,9–1,0 [200, 403, 487].

Крім цього, встановлено взаємозв'язок між щільністю та твердістю ґрунту, який значною мірою визначає умови вегетації рослин та розвитку корневих систем, податливість їх ущільненню.

Твердість ґрунту в шарі 0–30 см в агроценозі ячменю весною становила за мілкого безполицевого обробітку – 10,3 кг/см², за полицево-безполицевого – 7,4 кг/см², за диференційованого – 5,3 кг/см² (табл. 3.3).

Застосування чизельного обробітку на (20-22 см) варіанті диференційованого дає можливість істотно розуцільнити і знизити показники твердості ґрунту в 1,3–1,8 раза порівняно з дисковим обробітком. Максимальні значення опору незалежно від заходу обробітку відзначено на глибині від 15 до 30 см.

На період збирання ячменю спостерігалось зниження у (0–15 см) шарі та збільшення у шарах, розташованих нижче, різниця у показниках за варіантами дослідів виявилась аналогічною весняному періоду.

В агроценозі сояшнику зберегалися закономірності, а саме: збільшення твердості чорнозему у наступному порядку: диференційований – полицево-безполицевий – мілкий безполицевий обробіток, зниження показників на час сходів у шарі 0–15 см і зростання в нижніх шарах (див. табл. 3.4). Твердість ґрунту в шарі 15–30 см на період досягання насіння сояшнику не перевищувала умовний оптимум (21 кг/см²) і була нижчою за такий за диференційованого в 1,6 раза, полицево-безполицевого – 1,4, мілкого безполицевого – 1,32 раза, тобто знаходилася в оптимальних межах.

Таблиця 3.3

**Твердість ґрунту залежно від обробітку ґрунту в агроценозі
соняшнику і ячменю зернопросапної сівозміни, кг/см² за 2016-2020 рр.**

Варіант обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Соняшник		Ячмінь	
		сходи	на час збирання	сходи	воскова стиглість зерна
Диференційований (контроль)	0-15	4,7	6,9	3,9	6,1
	15-30	7,4	12,7	6,6	12,4
	0-30	6,0	9,8	5,3	9,2
Полицево-безполіцевий	0-15	6,3	8,1	5,9	7,4
	15-30	9,9	15,1	8,9	14,0
	0-30	8,1	11,6	7,4	10,7
Мілкий безполіцевий	0-15	9,7	8,8	8,9	8,1
	15-30	12,4	15,9	11,7	14,4
	0-30	11,0	12,3	10,3	11,3
НІР ₀₅ для шару 0-30 см		3,6	1,6	3,8	1,5

Варто зауважити, що зростання величини щільності і твердості ґрунту в нижніх шарах за мілкого обробітку не спричиняло пригнічення рослин на ранніх фазах росту і розвитку. Негативні наслідки цього явища нівелювалися за рахунок оптимізації структурного стану та вологості ґрунту.

Дослідження, проведені в агроценозі пшениці озимої у сівозмінах показали вищі показники твердості на початку весняно-польових робіт.

У внаслідок заплівання ґрунту відбулося істотне ущільнення та її підвищення у верхніх шарах у 2,2 за диференційованого та 3,5 раза за мілкого безполіцевого розпушування. Підвищення твердості у верхньому шарі (0–5 см) посівів пшениці озимої до 8,2 кг/см² та у нижніх шарах не перевищувало оптимальних значень і не пригнічувало ріст і розвиток рослин у досліджених сівозмінах (табл. 3.4).

За вищого значення твердості встановлено весною. Наступне зумовлено високою вологістю ґрунту в цей період. Рівень щільності ґрунту також впливав на твердість. Про це свідчать показники твердості за варіанту мілкого обробітку.

На глибині 15-25 см твердість значно вищою виявилися у полях буряків цукрових – 14,8 кг/см², кукурудзи – 15,2 кг/см², за диференційованого – 8,8 і 9,2 відповідно.

Навесні за сівби ярих культур показники твердості у шарі 0–25 см відзначали у 2 рази нижчими, ніж у полях пшениці озимої. На той період це пов'язано з весняними передпосівними культивациями, які істотно знижували

твердість ґрунту, особливо у верхньому посівному шарі.

У кінці вегетації культур, незалежно від системи обробітку і сівозмін, відбулося підвищення твердості ґрунту в 1,4–1,8 рази внаслідок пересушування 0–25 см шару та дії ґрунтообробних машин, тиску коліс тракторів.

За диференційованого обробітку на період збирання врожаю показники твердості були нижчими на 0,5–1,2 кг/см², ніж за мілкого, що у подальшому мало післядію на проведення обробітків ґрунту восени та під наступну культуру сівозміни.

Зміна твердості ґрунту залежала не лише від заходу обробітку ґрунту, й від впливу кореневої системи культур, які вирощуються у дослідях. Одержані дані свідчать, що культури з різною кореневою системою неоднаково

впливають на твердість ґрунту (див. табл. 3.4). Так, агроценози пшениці озимої з надто розгалуженою кореневою системою й оптимальною густиотою можуть істотно поліпшувати твердість орного шару. При цьому соняшник, кукурудза, які мають потужніші корені, але вирощуються за меншої густоти, навпаки справляють на неї менший вплив [526].

Твердість оброблюваного шару змінювалася в динаміці під впливом атмосферних опадів, температури повітря та розвитку кореневої системи. У досліджених сівозмінах від початку польових робіт і до збирання урожаю за плодозмінної сівозміни вона збільшувалася у посівах пшениці озимої від 8,2–19,6 кг/см² до 18,2–21 кг/см², у буяків цукрових – від 5,0 до 15,6 кг/см²; зернопросапної спеціалізованої, у посівах пшениці озимої від 8,0–20,4 кг/см² до 18,0–21,7 кг/см², у кукурудзи – від 5,2–16,4 кг/см² до 18,9–25,6 кг/см²; просапної, у посівах пшениці озимої з 8,1–19,5 кг/см² до 18,5–22,8 кг/см², у соняшнику – від 6,3–18,2 кг/см² до 18,5–24,5 кг/см².

На період збирання культур сівозмін, як і у весняний період, чітко зберігалася тенденція підвищення показників твердості ґрунту оброблюваного шару з глибиною.

Отже, застосування систем основного обробітку ґрунту, а особливо диференційованої системи, сприяє зниженню показників твердості в результаті механічного розпушування. Зменшення глибини розпушування ґрунту до 10–12 см, за використання поверхневих знарядь, спричиняє підвищення показників твердості до 20,4 кг/см² на початку польових робіт, проте це не перевищує гранично допустимі значення (21 кг/см²) для росту й розвитку сільськогосподарських культур.

Істотне підвищення твердості ґрунту на період збирання врожаю до 17,2–25,6 кг/см² зумовлене техногенним навантаженням, зниженням щільності, погіршенням водного і структурного режимів в оброблюваному шарі, яке упродовж осінньо-зимового періоду за підвищення вологості та зворотних процесів замерзання-відтаювання відновиться до оптимальних значень.

Таблиця 3.4

Твердість ґрунту під культурами сівозміні, кг/см² за 2013-2015 рр.

Варіант обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Плодозмінна		Зернопросапна		Зернопросапна спеціалізована		Просапна		
		Пшениця озима	Буряки цукрові	Пшениця озима	Ячмінь	Пшениця озима	Кукуруд- за	Пшениця озима	Соняш- ник	
Весною, на початку польових робіт										
Диференційований (контроль)	0-5	8,2	5,0	8,1	5,5	8,0	5,2	8,1	6,3	
	5-10	8,7	5,4	8,4	5,9	8,2	5,3	8,5	6,8	
	10-15	9,3	5,9	8,8	6,2	9,1	5,6	9,6	7,4	
	15-20	12,5	8,4	12,2	9,3	12,0	8,2	12,7	10,2	
	20-25	18,0	10,0	17,6	11,4	17,8	9,4	19,0	11,3	
	0-5	8,5	6,6	8,9	6,8	8,7	6,2	8,8	7,5	
М'який безпліцевий	5-10	9,1	6,8	9,4	7,2	9,2	6,4	9,4	7,7	
	10-15	10,3	10,8	11,6	11,6	10,5	10,2	11,3	11,8	
	15-20	14,4	14,0	15,0	15,4	14,0	14,1	13,7	15,9	
	20-25	19,6	15,6	19,0	18,6	20,4	16,4	19,5	18,2	
	НІР ₀₅ обробіток ґрунту		F ₀₅ <F ₀₅		F ₀₅ <F ₀₅		2,4		2,1	
	НІР ₀₅ шар ґрунту		1,65		1,48		1,58		1,52	
У кінці вегетації культури										
Диференційований (контроль)	0-5	18,2	19,0	18,5	17,2	18,0	18,9	18,5	18,5	
	5-10	19,1	19,8	19,6	17,7	18,8	19,5	19,1	19,6	
	10-15	19,4	20,3	20,4	18,1	19,6	20,0	19,8	20,2	
	15-20	20,5	21,9	20,9	20,2	20,4	21,2	20,9	21,8	
	20-25	21,8	22,4	21,6	20,9	22,3	21,9	23,0	22,0	
	0-5	17,1	19,9	18,6	18,7	18,4	19,6	19,0	19,3	
М'який безпліцевий	5-10	18,6	20,4	19,4	19,4	19,0	19,0	19,6	19,8	
	10-15	19,7	21,8	20,1	20,0	20,2	21,3	20,8	22,2	
	15-20	20,0	22,7	20,8	21,4	21,3	24,1	22,2	23,0	
	20-25	21,0	24,2	22,0	21,9	21,7	25,6	22,8	24,5	
	НІР ₀₅ обробіток ґрунту		F ₀₅ <F ₀₅		F ₀₅ <F ₀₅		F ₀₅ <F ₀₅		F ₀₅ <F ₀₅	
	НІР ₀₅ шар ґрунту		1,9		1,37		1,29		1,3	

3.5 Формування запасів доступної вологи

Запаси доступної вологи у ґрунті виступають одним з основних факторів зв'язку між ґрунтом і рослиною, та мають важливе значення для одержання дружних сходів для подальшої вегетації сільськогосподарських культур. Нестача вологи у ґрунті негативно впливає на культури і значно знижує ефективність елементів технології вирощування.

У зоні Лісостепу найбільший негативний вплив на формування урожайності культур виявляють високі температури повітря і ґрунту та кількість опадів упродовж вегетації рослин. Актуальним і на часі стає вивчення їх впливу на запаси доступної вологи у ґрунті і, як наслідок, отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур. Враховуючи кліматичні умови центрального Лісостепу, біологічні особливості культур щодо водоспоживання і відповідно водний режим ґрунту під сільськогосподарськими культурами, визначають шляхи раціонального використання вологи ґрунту та опадів культурами у процесі їх вирощування у системі сівозмін [426].

Запаси доступної вологи у ґрунті під час сівби сільськогосподарських культур залежать від ґрунтово-кліматичних умов, кількості та розподілу опадів під час вегетації, попередників, передпопередників, водних властивостей ґрунту від початкових запасів вологи [20, 177].

Нестачу вологи на період сівби найбільше відчувають озимі. Останні найпоширеніші у сівозмінах з короткою ротацією, де їх висівають з багаторічними травами та зерновими культурами. Роль попередників і забезпеченість вологою пшениці озимої проявляється в умовах недостатнього зволоження.

Доведено, що у різні фази росту і розвитку пшениці озимої потреба у волозі неоднакова. Упродовж вегетаційного періоду витрати запасів доступної вологи змінюються в окремі фази росту рослин [119, 197, 247, 282, 330, 334, 348, 541].

У центральних районах Степу культури польової сівозміни, які передують пшениці озимій за ступенем висушування ґрунту можна поділити на три групи: культури, що залишають значні запаси вологи (горохова сумішка, вівсяниця, кукурудза на силос, озиме жито на зелений корм); культури, що залишають незначні запаси вологи у верхніх, проте значні у глибших шарах ґрунту (кукурудза на зерно і силос); культури, що висушують ґрунт (соняшник, багаторічні трави, зернові) [98, 611].

Сільськогосподарські рослини по різному впливають на водний режим ґрунту в сівозмінах у зв'язку з неоднаковим її використанням із ґрунту.

Значно висушують ґрунт буряки цукрові, соняшник, люцерна [23, 240, 426].

Найбільше вологи залишилося після збирання гороху та еспарцету, менше – після кукурудзи на зерно і значно менше – після буряків цукрових, пшениці озимої, ячменю [170]. Дані Інституту біоенергетичних культур та

цукрових буряків теж свідчать про зменшення в 1,5-2 рази, порівняно з іншими культурами, запасів вологи під буряками цукровими [176, 217].

На сьогодні існує чимало матеріалів, що підтверджують залежність запасів вологи від обробітку ґрунту. У цьому питанні існують протиріччя щодо переваг того чи іншого заходу обробітку.

Відомо про перевагу глибокого обробітку, який зменшує кількість мікропор. Вода, яка утримується з більшою силою, досить швидко проникає в глибину. При цьому поліпшується розвиток кореневої системи, що підвищує рівень продуктивного використання вологи та поживних речовин. Найповніше це забезпечує полицевий обробіток або будь-який інший активний та глибокий обробіток, де прикладу чизельний, що важливо для вирощування ярих культур. Саме осінньо-зимовий період є визначальним для накопичення і збереження запасів вологи у достатній кількості до початку весняно-польових робіт [12, 234].

Із заміною активного обробітку з обертанням ґрунту, на думку вчених, стерня залишатиметься на поверхні ґрунту, що може запобігати надмірному випаровуванню запасів вологи. За безполицевого обробітку стерня у літній період, яка знаходиться на поверхні ґрунту, більшою мірою відбиває сонячну радіацію і зменшує нагрівання ґрунту. За рахунок зменшення коливань температури за добу оптимізуються умови збереження і фіксації пароподібної води, що виявляє зворотній ефект при застосуванні полицевого обробітку [365, 483].

Відносно застосування мілкого та поверхневого обробітків під час вирощування озимих культур протиріч по суті не виникає.

Такий обробіток, особливо після зайнятих парів та непарових попередників, сприяє повнішому подрібненню агрегатів у верхньому шарі, зменшує кількість брил, створює оптимальні умови для сівби порівняно із полицевим обробітком. Унаслідок неглибокого розпушування краще зберігається залишкова волога і фіксуються літньо-осінні опади, особливо у посушливих умовах [43, 572].

Серед багатьох науковців існує думка про відсутність впливу способів обробітку на запаси вологи в ґрунті за осінньо-зимовий період при вирощуванні пшениці озимої, за розміщення її після пару чистого [171].

Після застосування полицевого обробітку ґрунту випаровування підвищується, а після мілкого безполицевого обробітку за наявності на поверхні залишків та з підвищенням об'ємної маси – зменшується. Запаси вологи на період сівби озимих культур були достатніми за всіма способами обробітку [193, 450].

Ряд вчених дійшли висновків про зниження вмісту вологи у ґрунті упродовж вегетації пшениці озимої після щорічного застосування мілкого поверхневого або плоскорізного обробітків [368].

Дослідження показали, що запаси доступної вологи у сівозміні повною мірою розкриваються в агрофітоценозі пшениці озимої, де вони формуються у

грунті за рахунок весняно-літніх опадів, а також використання їх рослинами (табл. 3.5).

Запаси доступної вологи на період сівби пшениці озимої найвищими спостерігалися в зернопросапній спеціалізованій сівозміні, де пшеницю висівали після гречки з показником у шарі 0–150 см – 165,6 мм, у шарі 0–50 см – 77,3 мм, у 50–100 см – 66,3 мм. У плодозмінній сівозміні запаси доступної вологи у шарі 0–150 см становили 165,6 мм, у шарах 0–50 см і 50–100 см 58,3 та 51,2 мм, що менше від зернопросапної сівозміни на 11,0 і 15,1 мм. Це пояснюється використанням вологи люцерною упродовж вегетації як попередником пшениці озимої.

У зернопросапній сівозміні запаси доступної вологи у 0–150 см шарі ґрунту на час сівби пшениці озимої на 32,3 мм менше від зерно-просапної спеціалізованої. Проте у 0–50 см і 50–100 см шарах ґрунту запаси доступної вологи становили 77,3 і 66,3 мм. Найменші запаси доступної вологи в 0–150 см шарі відзначено у просапній сівозміні з 40 % насичення сояшнику – 140,8 мм, що пов'язано із використанням вологи сояшником, кукурудзою і дещо пізнішим звільненням поля. При цьому в 0–50 см і 50–100 см шарах це становило 39,6 і 42,9 мм, що вплинуло на продуктивність пшениці озимої. На час весняного кущіння запаси доступної вологи підвищилися через випадання осінньо-зимових опадів. На сівозмінах вони були однаковими, що становило за плодозмінної сівозміни у шарі 0–150 см – 266,4 мм, у зернопросапній – 284,5 мм, у зернопросапній спеціалізованій – 279,5 мм, у просапній – 281,7 мм.

На час збирання пшениці озимої запаси доступної вологи зменшилися майже у 2 рази проти весняного кущіння. Найвищі показники зафіксовано за плодозмінної сівозміни – 137,2 мм, зернопросапної – 115,4 мм, зернопросапної спеціалізованої сівозміни – 132,7 мм, у просапній – 92,8 мм.

Недостатнє забезпечення потреб пшениці вологою виступає головним спеціалізованої сівозміни – 132,7 мм, у просапній – 92,8 мм.

Недостатнє забезпечення потреб пшениці вологою виступає головним фактором, який не дозволяє можливості повною мірою реалізувати потенціал її продуктивності.

Сумарне водоспоживання культур – це та кількість води, яка необхідна рослинам протягом вегетаційного періоду для отримання запланованого врожаю в конкретних погодних умовах при оптимізації усіх технологічних процесів. Численними дослідженнями встановлено, що найбільш сильними регулюючими факторами показників сумарного водоспоживання є кліматичні умови зони вирощування, погода під час вегетації рослин, біологічні ознаки сортів і, насамперед, вологозабезпеченість рослин [594].

Сумарне випаровування змінюється упродовж вегетації залежно від темпів ростових процесів і розвитку рослин, погодних умов, водного режиму ґрунту та інших факторів.

На початку вегетації культури витрачають незначну кількість вологи і, в основному, за рахунок випаровування з поверхні ґрунту.

Таблиця 3.5

Запаси доступної вологи в короткоротаційних сівозмінах під пшеницею озимого,
мм за 2013-2016 рр.

Сівозміна	Фаза визначення													
	Сівба						Кущіння весняне						На час збирання	
	Шар ґрунту, см													
	0-30	0-50	50-100	100-150	0-30	0-50	50-100	100-150	0-30	0-50	50-100	100-150		
Плодозмінна	33,0	58,3	51,2	56,1	41,8	89,0	97,9	79,5	32,6	60,0	24,8	52,4		
Зернопросапна (20%)	32,5	69,3	51,7	61,6	47,9	93,0	97,4	94,1	24,8	30,0	40,0	45,4		
Зернопросапна спеціалізована (30%)	38,0	77,3	66,3	71,3	53,9	95,5	97,1	86,9	27,1	52,8	33,7	46,2		
Просапна	27,8	39,6	42,9	58,3	53,9	93,0	96,0	92,7	16,8	35,5	19,6	37,7		
НП ⁰⁵ загальне	13,5	24,4	18,2	20,9										
НП ^{05А} строки визначення	6,7	12,2	9,1	10,4										
НП ⁰⁵ шар ґрунту	7,8	14,0	9,9	12,0										
Точність доследу, %	12,2	13,1	10,7	11,2										

У пшениці озимій виділяють два великих періоди щодо розвитку рослин і використання вологи: перший – від сходів до припинення вегетації у зв'язку з припиненням вегетації рослин зимою; другий – від весняного поновлення вегетації і до визрівання зерна [87, 369].

Весняно-літній період характеризується переважанням витрат вологи над її накопиченням у ґрунті. Упродовж вегетації ґрунтова волога більшою мірою витрачається на формування врожаю і частково на фізичне випаровування з поверхні ґрунту. Звідси, на полях, під сільськогосподарськими культурами було визначено сумарні втрати вологи за рахунок випаровування поверхнею ґрунту і рослинами (табл. 3.6)

Таблиця 3.6

Витрати доступної вологи пшеницею озимією залежно від сівозміни, мм за 2012-2016 рр.

Сівозміна	Запаси доступної вологи, м ³ /га		Кількість опадів, м ³ /га	Загальні витрати води, м ³ /га	Урожайність, т/га	Витрати води на 1 тону зерна, м ³
	1	2				
Плодозмінна	2664	1372	2740	4032	5,7	70,7
Зернопросапна	2848	1154	2740	4434	5,2	85,2
Зернопросапна спеціалізована	2795	1327	2740	4208	4,3	97,8
Просапна	2817	928	2740	4629	5,1	90,7

Примітка: 1 – весняне відновлення вегетації пшениці озимією; 2 – на час збирання пшениці озимією.

За плодозмінної сівозміни запаси доступної вологи на період збирання становили 1372 м³/га, зернопросапної – 1154 м³/га, зернопросапної спеціалізованої і просапної – 1327 і 928 м³/га, що і вплинуло на загальні витрати вологи.

Найбільші витрати доступної вологи спостерігалися за просапної сівозміни – 4029 м³/га, тоді як за плодозмінної запаси доступної вологи становили 4032 м³/га. Коефіцієнт водоспоживання вологи найбільшим виявився у зернопросапній спеціалізованій і просапній – 97,8 і 90,7 м³/т відповідно, тоді як за плодозмінної – 70,7, зернопросапної – 85,2 м³, що було менше від просапної на 5,5 і 20 м³/т. Такі показники пояснюються наявністю люцерни й сої у сівозміні, які поліпшують азотне живлення рослин і водообмін. У просапній сівозміні загальні витрати вологи однією ланкою врожаю становили 90,7 м³, зважаючи на більші запаси вологи у глибших шарах ґрунту та інтенсивне використання вологи рослинами.

Отже, наявність люцерни, сої і соняшнику до 20 % у сівозміні зменшують витрати вологи.

Соняшник забирає стільки води з метрового шару ґрунту, скільки її було накопичено у передпосівний та вегетаційний періоди.

Тобто в роки з недостатньою кількістю опадів соняшник витрачає вологу доволі економно, проте у сприятливих умовах використання вологи сягає максимального значення. Це зумовлено низьким внутрішнім опором току води у великих судинних пучках стебла під час транспортування вологи через рослину, а також низьким продишовим опором парам води. Характер використання доступної вологи із шарів ґрунту залежить від її запасів, суми ефективних температур і кількості опадів у період вегетації соняшнику. У сумарному водоспоживанні соняшнику 30–40 % припадає на доступну вологу в ґрунті, 60-70 % на опади, які випадають упродовж вегетації [146].

За дефіциту кількості опадів у посушливі роки соняшник активно використовує водний запас із глибини шарів ґрунту, задовольняючи свої потреби за рахунок запасу вологи у шарах 40-150 см на 50-60 %. За різних погодних умов, соняшник завжди істотно скорочує запаси вологи, утворюючи проблеми для наступної культури. Поліпшити баланс вологи можливо за рахунок зменшення непродуктивних витрат і створенням умов для накопичення вологи ґрунтом [102].

За дослідженнями, проведеними щодо витрат доступної вологи упродовж 2016–2020 рр., вони залежали як від сівозмін, так і від урожайності соняшнику.

Запаси доступної вологи у плодозмінній сівозміні на час сівби соняшнику становили 2270 м³, у зернопросапній були на 133 м³ меншими, що зумовлено використанням вологи одним полем соняшнику (табл. 3.7). У зернопросапній спеціалізованій сівозміні під соняшником знаходилося півтора поля, у просапній – два поля у сівозміні, відповідно 2251 і 2394 м³. Витрати вологи на період збирання соняшнику були найбільшими у просапній сівозміні – 4956 м³, тоді як за зернопросапної і зернопросапної спеціалізованої сівозміни – на 356 і 240 м³ менше.

Найменші витрати вологи спостерігалися у зернопросапній сівозміні – 4600 м³. Запаси доступної вологи і врожайність соняшнику впливали на коефіцієнт водоспоживання. Найменшим коефіцієнт водоспоживання виявився за плодозмінної сівозміни – 1702 м³, зернопросапної – 1890 м³, за зернопросапної спеціалізованої і просапної сівозмін – відповідно 2482 і 2516 м³.

Отже, збільшення у полях сівозмін врожайності соняшнику зменшує водоспоживання.

У п'ятипільних короткоротаційних сівозмінах запаси доступної вологи на період сівби пшениці озимої у метровій товщі ґрунту виявилися найменшими за просапної, найбільшими – у зернопросапній спеціалізованій сівозміні. На час відновлення вегетації рослин пшениці озимої запаси доступної вологи у плодозмінній і зернопросапній сівозмінах істотно не різнилися між собою, але поступалися перед зернопросапною спеціалізованою сівозміною. У посівах соняшнику запаси доступної вологи на початок вегетації не залежали від сівозмін, що пояснюється різним зволоженням у роки досліджень.

Таблиця 3.7

**Витрати доступної вологи, за вегетаційний період соняшнику
залежно від сівозмін, в шарі 0-150 см за 2012-2016 рр.**

Сівозміна	Запаси доступної вологи, м ³ /га		Кількість опадів, м ³ /га	Загальні витрати води, м ³ /га	Урожайність, т/га	Витрати води на 1 тону зерна, м ³
	1	2				
Плодозмінна	2270	1387	3850	4767	2,8	1702
Зернопросапна	2137	1387	3850	4600	2,5	1890
Зернопросапна спеціалізована	2251	1385	3850	4716	1,9	2482
Просапна	2394	1288	3850	4956	1,97	2516

Примітка: 1 – початок вегетації соняшнику; 2 – кінець вегетації соняшнику.

Упродовж досліджень щодо впливу системи основного обробітку чорнозему типового і варіантів удобрення на зміни запасів доступної ґрунтової вологи в агрофітоценозі соняшнику одержано наступні результати (рис. 3.7–3.9).

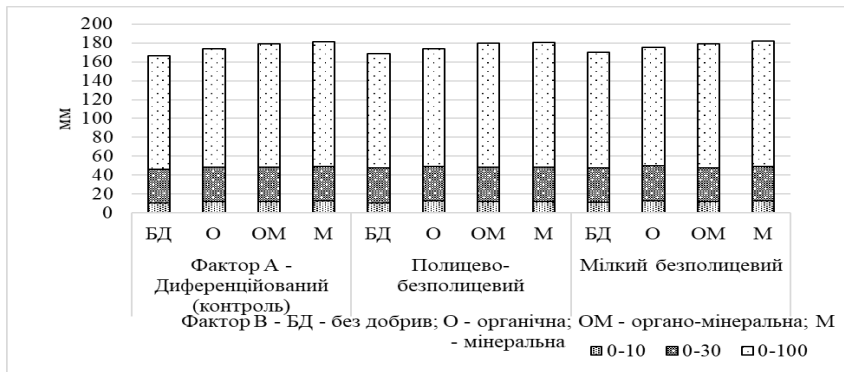


Рис. 3.7 Запаси доступної вологи в агроценозі соняшнику на час сходів, мм за 2017-2020 рр. НР₀₅А (0-10 см)=0,2; НР₀₅В (0-10 см)=0,3; НР₀₅А (0-30 см)=1,7; НР₀₅В (0-30 см)=1,8; НР₀₅А (0-100 см)=4,2; НР₀₅В (0-100 см)=4,5.

На період сходів соняшнику в шарі 0–10 см ґрунту істотної різниці у запасах доступної вологи не відзначено. Запаси ґрунтової вологи коливалися від 10,6 до 12,7 мм. Наявність таких запасів доступної вологи знаходилася в оптимальних параметрах. Це слугувало гарантією одержання своєчасних і

дружних сходів та в подальшому нормального росту і розвитку рослин соняшнику. Істотно вищі запаси доступної вологи у верхньому 0–10 см шарі ґрунту спостерігали за мілкого безполицевого обробітку ґрунту порівняно з контрольним варіантом. Запас вологи на інших варіантах обробітку ґрунту визначали на рівні 36 мм.

На початок цвітіння соняшнику вміст доступної вологи у верхньому 0–10 см шарі ґрунту знаходився в середньому на рівні 8,0 мм за різних систем обробітку (рис 3.8). В орному 0-30 см шарі ґрунту запаси вологи найвищими виявилися за застосування полицево-безполицевого та мілкого безполицевого обробітку ґрунту на мінеральній системі удобрення, що становить у середньому 6,0 % порівняно з контролем.

Наведені дані впливу варіантів обробітку ґрунту на розподіл вологи в метровому шарі свідчить, що вологонакопичення значно вище за мілкого безполицевого та полицево-безполицевого обробітків на період сходів соняшнику.

Серед варіантів обробітку ґрунту вищими запасами доступної вологи характеризувалися безполицеві обробітки. Так, в орному шарі за поверхневого обробітку вологи відзначено більше порівняно з контролем на 9,0 %, плоскорізному – на 4,8 % [531].

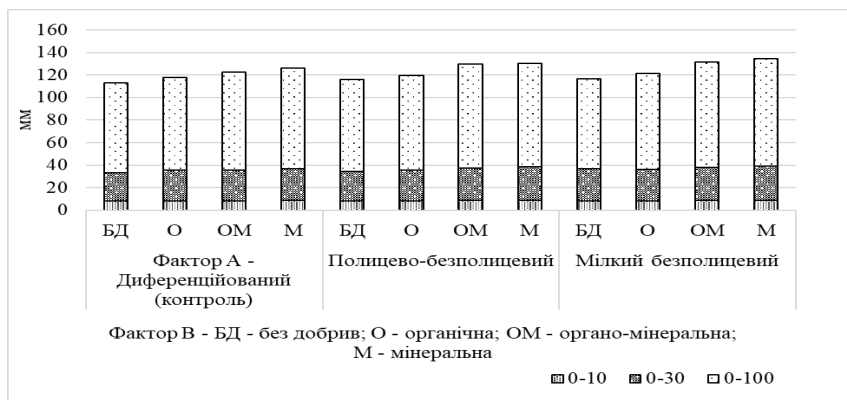


Рис. 3.8 Запаси доступної вологи в агроценозі соняшнику на період цвітіння, мм за 2017-2020 рр. НІР_{05А} (0-10 см)=0,1; НІР_{05В} (0-10 см)=0,1; НІР_{05А} (0-30 см)=1,1; НІР_{05В} (0-30 см)=1,2; НІР_{05А} (0-100 см)=3,7; НІР_{05В} (0-100 см) = 3,8.

На період збирання соняшнику запаси вологи у ґрунті значно зменшилися (рис. 3.9). У результаті процесів фізичного випаровування, десукції і капілярного підйому вологи із нижніх шарів перемістилися у верхню частину ґрунтової товщі. Разом із цим перевага мілкого безполицевого і полицево-безполицевого обробітків над полицевим зберігалася. Деяко вищим залишковим вологозапасам за застосування безполицевих заходів обробітків сприяла

наявність мульчі, що запобігало непродуктивному випаровуванню ґрунтової вологи.

На цей час системи удобрення на запаси доступної вологи в 0-100 см шарі ґрунту істотно не впливали. Перед збиранням урожаю соняшнику встановлено значно вищі запаси доступної вологи за мінеральної системи удобрення порівняно з контролем. Варто відмітити зниження запасів доступної вологи за органічної системи удобрення на 2,0–5,0 % внаслідок зменшення елементів мінерального живлення порівняно з мінеральною та органо-мінеральною системою удобрення.

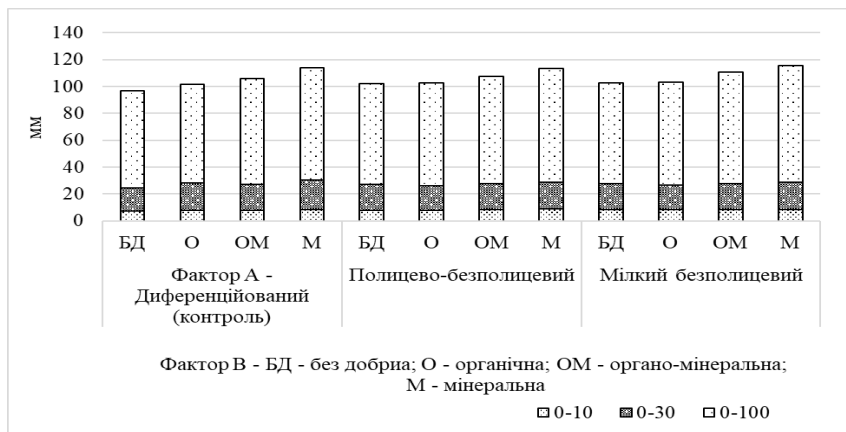


Рис 3.9 Запаси доступної вологи в агроценозі соняшнику на період повної стиглості насіння, мм за 2017-2020 рр. $НІР_{05A}$ (0-10 см)=0,1; $НІР_{05B}$ (0-10 см)=0,2; $НІР_{05A}$ (0-30 см)=0,4; $НІР_{05B}$ (0-30 см)= 0,5; $НІР_{05A}$ (0-100 см) = 3,5; $НІР_{05B}$ (0-100 см) = 3,6.

На думку Н. А. Воронкової [75], внесення мінеральних добрив у поєднанні з гноєм, соломою, заробкою сидеральних культур, рослини більш економно розходували ґрунтову вологу – на 20–30 % порівняно з варіантом без мінеральних добрив.

Отже, сприятливі умови для накопичення і збереження доступної в агрофітоценозі соняшнику вологи спостерігались за мілкого безполищевого та полищево-безполищевого обробітків ґрунту. Утримання вологи ґрунтом покращується завдяки створенню дрібногрудочкуватого шару на поверхні ґрунту, шару мульчі. Запаси доступної вологи в посівному, орному та метровому шарах ґрунту не призводить до істотних її втрат на варіантах системи удобрення.

3.6 Моделювання водно-фізичних показників ґрунту залежно від агротехнічних чинників

Дослідження зв'язку між агрофізичними властивостями ґрунту та його ефективною родючістю, де широко використовують показники такої ефективності становлять значний інтерес для порівняльної оцінки як індикатора цієї родючості (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Результати кореляційно-регресійного аналізу

x	y	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії
1	2	3	4
Запаси доступної вологи пшениці озимої на період відновлення вегетації в 0-10 см шарі ґрунту	Щільність ґрунту пшениці озимої на початку вегетації в 0-10 см	$r=0,85\pm 0,26$	$y=(-634,4)+545,2x$
Запаси доступної вологи пшениці озимої в кінці вегетації в 0-10 см шарі ґрунту	Щільність ґрунту пшениці озимої в кінці вегетації в 0-10 см	$r=0,98 \pm 0,075$	$y=(-314,9)+264,8x$
Запаси доступної вологи пшениці озимої у фазі колосіння в 0-10 см шарі ґрунту	Щільність ґрунту пшениці озимої в кінці вегетації в 0-10 см	$r=0,98\pm 0,077$	$y=(-769,9)+642,3x$
Запаси доступної вологи на період відновлення вегетації	Пористість ґрунту пшениці озимої на період відновлення вегетації	$r=-0,43\pm 0,28$	$y = 57,9-0,184x$
Запаси доступної вологи на кінець вегетації пшениці озимої	Пористість ґрунту пшениці озимої на кінець вегетації	$r=0,71\pm 0,22$	$y=48,0+0,060x$
Запаси доступної вологи на початку вегетації	Пористість ґрунту сояшнику на початку вегетації	$r=0,39\pm 0,29$	$y=(-30,7)+2,30x$
Запаси доступної вологи на кінець вегетації	Пористість ґрунту сояшнику на кінець вегетації	$r=-0,25\pm 0,30$	$y=54,5-0,363x$
Запас доступної вологи пшениці озимої на час відновлення вегетації	Твердість ґрунту пшениці озимої на час відновлення вегетації	$r=0,99\pm 0,062$	$y=5,33+0,278x$
Запас доступної вологи на кінець вегетації	Твердість ґрунту пшениці озимої на кінець вегетації	$r = 0,95 \pm 0,20$	$y=17,39+0,21x$
Водотривкість агрегатів сояшнику в кінці вегетації	Щільність ґрунту сояшнику в кінці вегетації	$r=0,027\pm 0,38$	$y=1,19+0,01x$

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4
Водотривкість агрегатів сояшнику в 0-10 см	Мінеральні добрива	$r=0,06\pm 0,31$	$y=(-69,4)+2,97x$
Водотривкість агрегатів сояшнику в 10-20 см	Мінеральні добрива	$r=-0,04\pm 0,30$	$y=147,9-1,07x$
Водотривкість агрегатів сояшнику в 20-30 см	Мінеральні добрива	$r=0,06\pm 0,32$	$y=23,35+1,25x$
Водотривкість агрегатів сояшнику в 0-10 см	Органічні добрива	$r=0,77\pm 0,20$	$y=(-88,3)+1,79x$
Водотривкість агрегатів сояшнику в 10-20 см	Органічні добрива	$r=0,45\pm 0,28$	$y=(-23,2)+0,57x$
Водотривкість агрегатів сояшнику в 20-30 см	Органічні добрива	$r=0,26 \pm 0,30$	$y=(-5,6)+0,25x$
Структура ґрунту пшениці озимої на кінець вегетації	Твердість ґрунту на кінець вегетації	$r=0,66\pm 0,37$	$y=(-3,91)+0,279x$
Щільність ґрунту буряків цукрових на кінець вегетації	Мінеральні добрива	$r=0,32\pm 0,23$	$y=818,0-36,7x$
Структура ґрунту	Вміст гумусу	$r=-0,057\pm 0,37$	$y=83,17-0,348x$
Водотривкість ґрунту	Вміст гумусу	$r=0,55\pm 0,26$	$y=(-1,533)+0,097x$

Водні властивості, як один із чинників надходження, акумуляції вологи в ґрунті залежать від щільності його складення. Волога атмосферних опадів потрапляє у верхній шар ґрунту порами великих розмірів і тріщинами, незалежно від його об'ємної маси. Наступні етапи міграції вологи у ґрунт певною мірою обумовлені щільністю складення. Розпушений ґрунт вбирає вологу повніше однак звільняється від неї швидше, ніж ущільнений [328].

Встановлено істотний прямолінійний зв'язок між щільністю ґрунту та запасами доступної вологи пшениці озимої в 0-10 см шарі на початку вегетації ($r=0,85\pm 0,26$), у кінці вегетації ($r=0,98\pm 0,075$) та у фазу колосіння ($r=0,98\pm 0,077$).

Також встановлено не істотний обернений зв'язок між пористістю ґрунту на період відновлення вегетації пшениці озимої та запасами доступної вологи ($r=-0,43\pm 0,28$). Відзначено сильний прямий зв'язок між пористістю ґрунту та запасами доступної вологи на період збирання врожаю пшениці озимої: коефіцієнт кореляції ($r=0,71\pm 0,22$). Встановлено середній прямий не істотний зв'язок між пористістю ґрунту і запасами доступної вологи на початку вегетації сояшнику ($r=0,39\pm 0,29$). На кінець вегетації сояшнику зафіксовано обернений слабкий зв'язок пористості ґрунту та запасів доступної вологи: коефіцієнт кореляції ($r=-0,25\pm 0,30$).

Наведені рівняння свідчать, що твердість ґрунту істотно впливає на запаси доступної вологи пшениці озимої на період весняного відновлення вегетації ($r=0,99\pm 0,062$) та у кінці вегетації пшениці озимої ($r=0,95\pm 0,20$) (див. табл. 3.8). Це означає, що розпушений ґрунт повніше сприймає вологу, ніж щільний. Вбирання вологи пухким ґрунтом супроводжується його ущільненням, швидким настанням рівноважного стану. Водночас різко зменшується надходження вологи у ґрунт.

Чим гірше оструктурений ґрунт, тим швидше припиняється вбирання ним вологи. Переміщення вологи в середині ґрунту також залежить від його щільності. Щільність зумовлює також висхідні потоки вологи: фізичне випаровування, транспірацію. Надмірно пухкий ґрунт досить стрімковтрачає вологу, щільний – повільніше, оптимальна транспірація спостерігається за оптимального ущільнення.

Встановлено неістотний зв'язок між водотривкістю агрегатів за шарами ґрунту і застосованими у досліді мінеральними добривами. Це означає, що мінеральні добрива не впливають на склеювання ґрунтових часточок.

Відзначено прямий неістотний зв'язок між внесеними органічними добривами та водотривкістю ґрунтових агрегатів соняшнику в 0-10 см шарі ($r=0,77\pm 0,20$), у 10-20 см шарі ($r=0,45\pm 0,28$), у 20-30 см шарі ґрунту ($r=0,26\pm 0,37$). У верхньому 0-10 см шарі ґрунту створюється прийнятніша водотривка структура. Водночас важлива роль відводиться детриту, вміст якого в ґрунті підвищується за рахунок органічних добрив. Детрит акумулює на своїй поверхні гумусні речовини і стає зв'язуючим матеріалом у формуванні мікро-, а потім і макроагрегатів.

Також встановлено середній зв'язок між пористістю і структурно-агрегатним складом ґрунту пшениці озимої на кінець вегетації, коефіцієнт кореляції ($r=0,66\pm 0,37$), рівняння регресії $Y_u(-3,91)+0,279x$.

Отже, найсприятливіші умови для накопичення запасів доступної вологи в агроценозі соняшнику відзначено за полицево-безполицевого та мілкого безполицевого обробітку ґрунту. Запаси доступної вологи в оброблюваному і метровому шарах ґрунту не призводять до значних втрат за системами удобрення. Вирощування пшениці озимої за плодозмінної сівозміни забезпечує зменшення витрат води на одну тону зерна на 20–38 % порівняно з рештою сівозмін.

Способи основного обробітку зернопросапної сівозміни виявляли значний вплив на процеси оструктурення ґрунту. Так, за полицево-безполицевого обробітку зросла кількість найбільш агрономічно-цінних агрегатів (0,25–10 мм) на 2,0–5,9 % порівняно з диференційованим. Застосування органічної й органо-мінеральної систем удобрення сприяло значному поліпшенню водотривкої структури ґрунту. Посилення водотривкості ґрунтових агрегатів за полицево-безполицевого і мілкого обробітку ґрунту забезпечить збереження його потенційної родючості.

За мілкого обробітку дисковими знаряддями відбувається підвищення показників твердості до 20,4 кг/см² на початку польових робіт. Застосування диференційованого обробітку сприяє зниженню показників твердості в результаті механічного розпушування.

За застосування у плодозмінній сівозміні систем основного обробітку на початку вегетації культур склалися сприятливі умови щільності ґрунту, які перебували у межах 1,11–1,31 г/см³ у 0–30 см шарі ґрунту.

За органо-мінеральної системи удобрення зафіксовано сталі показники пористості ґрунту в 0–30 см шарі. Пористість ґрунту обернено пропорційна до щільності: чим вища щільність, тим менший об'єм пор у ґрунті.

4. ВПЛИВ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН НА ЗМІНУ СТАНУ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

4.1 Нагромадження рослинних залишків сільськогосподарських культур та баланс гумусу в короткоротаційних сівозмінах

Утворення і розвиток ґрунтів у природі тісно пов'язані із нагромадженням у них органічної речовини, джерелом якої в орних ґрунтах слугують кореневі і відмерлі мікроорганізми. У результаті діяльності мікрофлори, мезо- та мікрофауни відбувається трансформація свіжої органічної речовини в гумус. Особливістю цілинного гумусоутворення виділяється перевага процесів гуміфікації над процесами мінералізації, унаслідок чого відбувається поступове нагромадження органічної речовини ґрунті [3, 62, 230].

За останній час в Україні відбулося скорочення поголів'я великої рогатої худоби, збільшення посівних площ під зерновими культурами, кукурудзою і соняшником, що призвело до переорієнтування в поглядах стосовно використання рослинних залишків у сільськогосподарському виробництві. Нетоварну частину врожаю сільськогосподарських культур можна розглядати як важливе джерело збагачення ґрунту органічною речовиною та поліпшення мінерального живлення рослин [568].

Удобрювана цінність післяжнивних решток, як органічних добрив, залежить від якості та їх кількості. Ступінь мінералізації органічних залишків визначається співвідношенням в них азоту та вуглецю. За наявності культур із коротким вегетаційним періодом наявна можливість вирощування проміжних культур, за рахунок яких можна підвищити якість післяжнивних решток [527].

Органічні речовини ґрунту утворюються внаслідок розкладання рослинних залишків під дією ґрунтових ферментів, мікроорганізмів та мезофауни, що використовують такі як будівельний та енергетичний матеріал [576].

Джерелом поповнення гумусу в орних землях виступають різного виду органічні добрива: гній, компости, торф, земельні добрива, солома та ін. Поряд з органічними добривами ще одну групу органічних речовин, які надходять до ґрунту, складають кореневі залишки і післяжнивні рештки господарських культур. Органічні залишки не можна розглядати лише як джерело елементів мінерального живлення, оскільки за умов інтенсивного землеробства першочерговим виділяються інші важливі їхні функції, зокрема забезпечення сприятливих фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту [367].

При розкладанні корневих залишків і післяжнивних решток зернових культур, у зв'язку з відносно низьким вмістом у їхньому складі азоту, процеси мінералізації переважають над процесами гуміфікації, адже безазотисті гумусові сполуки нестійкі та досить швидко мінералізуються. Встановлено, що для корневих залишків пшениці озимої коефіцієнт гуміфікації знаходиться у межах 0,15–0,18 (C:N=35–40:1), для соломи – близько 0,10 (C:N=80:1). За рахунок широкого співвідношення у соломі C:N за період її розкладання

мікроорганізми використовують азот мінеральних сполук у ґрунті. На думку В. І. Купчика та ін., коефіцієнт гуміфікації органічних добрив становить 0,2–0,3 (C:N=25–35:1) [208]. За розкладання соломи до ґрунту надходить не лише певна кількість необхідних рослинам мінеральних сполук, й багато вуглекислого газу (від 25% від загальної маси соломи). З'єднуючись із водою, газ утворює вугільну кислоту, що сприяє переведеного у розчинну форму певної кількості поживних елементів ґрунту.

Розклад рослинних залишків у ґрунті відбувається повільно і залежить від якості їхнього загорання та погодних умов. За 2,5–4 місяці розкладається до 46 % соломи, за півтора-два роки – до 80 %, решта – пізніше. Під час розкладання 1 кг соломи у ґрунті, вже через три місяці, утворюється близько 50 г гумусу, через два роки новоутворення закінчується, досягаючи максимального значення – 90–100 г [243].

Культурні рослини істотно різняться за кількістю і середнім вмістом сухої речовини та азоту у залишках корневих систем. Культури, що формують незначну масу коренів, які залишають у ґрунті невелику кількість азоту, це просапні культури. Просапні культури достатньо вимогливі до наявності у ґрунті поживних речовин і гумусу, звідси погіршують родючість. За дослідженнями ряду вчених, запаси гумусу і наявність у ньому органічних азотовмісних сполук у ґрунті істотно зменшується за багаторічного вирощування близьких за біологічними особливостями культур [665].

Якщо кількість азоту у залишках побічної продукції менше 20-24 % кг/га, порушується баланс між іммобілізацією та мінералізацією органічних сполук азоту в ґрунті, зменшуються запаси азоту доступного для рослин [117].

Як зазначають О. І. Цилюрик, Л. Десятник [524], внесення добрив і системи обробітку ґрунту неоднаково позначаються на продуктивності сільськогосподарських культур за різних сівозмін, залежать від концентрації культур у сівозміні. Стабілізуючим фактором урожайності культур виступає внесення органічних і мінеральних добрив, впровадження науково-обґрунтованих сівозмін.

Дослідження проведені у різних ґрунтово-кліматичних зонах України [8], свідчать, що автори не виявляють визначального впливу на нагромадження післяжнивних решток у товщі ґрунту, а їхній обсяг формується урожайністю культур та часткою у сівозміні.

Результати досліджень щодо нагромадження рослинних залишків в орному шарі ґрунту різнилися між собою залежно від складу культур, порядку розміщення таких у сівозмінах та зумовленого рівня продуктивності (табл. 4.1; рис 4.1). Кількість рослинних залишків у сівозмінах коливається в межах від 26,35 т до 31,83 т, у тому числі на 1 га ріллі – від 6,36 до 5,27 т. Подібні зміни спостерігалися і за кількістю поверхневих і корневих залишків, надходження яких становили 7,21–9,63 т і 19,14–22,2 т усього у сівозміні та 1,44–1,92 і 3,8–4,44 т на 1 га сівозмінної площі.

За кількістю нагромаджених у чорноземі типовому рослинних залишків

Таблиця 4.1

Нагромадження рослинних залишків в 0-30 см шарі ґрунту у сівозмінах

Сівозміна	Номер поля	Чергування культур	Урожайність, т/га			Рослинні залишки в абсолютно сухій речовині, т/га			Співвідношення між сумарним урожаєм і рослинними залишками
			основна продукція	побічна продукція	сумарний урожай в абсолютно сухій масі речовини	кореневі	поверхневі	усього	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Плодозміна	1	Люцерна	11,8	-	2,36	4,44	0,94	5,38	0,44
	2	Пшениця оз.	4,5	5,85	10,35	4,19	2,79	6,98	1,48
		Гірчиця біла	18,32	-	3,66	1,88	1,21	3,09	1,18
	3	Буряки цукр.	41	16,4	11,48	3,03	0,48	3,51	3,27
		Соняшник	2,4	3,84	6,24	3,27	0,41	3,68	1,69
	4	Гречка	1,01	2,42	3,43	1,8	1,13	2,93	1,17
Ячмінь		3,4	3,74	7,14	2,76	1,67	4,43	1,61	
Усього у сівозміні			-	-	44,66	21,37	8,6	30,0	-
На 1 га сівозмінної площі			-	-	8,93	4,27	1,72	6,00	-
Зернопросапна	1	Соя	2,3	3,45	5,75	1,72	0,93	2,65	2,17
		Пшениця оз.	4,4	5,72	10,12	4,12	2,76	6,88	1,47
	3	Гірчиця біла	18	-	3,6	1,86	1,2	3,06	1,17
		Соняшник	2,1	3,36	5,46	2,92	0,4	3,32	1,64
	4	Ячмінь +	3,1	3,41	6,51	2,6	1,58	4,18	1,55
		гірчиця біла	3,115	-	3,1	1,68	1,1	2,78	1,11
5	Кукурудза	6,6	9,24	15,8	6,2	1,48	7,68	2,07	
Усього у сівозміні			-	-	50,34	21,1	9,45	30,4	-
На 1 га сівозмінної площі			-	-	10,06	4,22	1,89	6,09	-
Зернопросапна спеціалізована	1	Гречка	0,95	2,28	3,23	1,76	1,11	2,87	1,12
		Пшениця оз.	4,0	5,2	9,2	3,84	2,63	6,47	1,42
	3	Гірчиця біла	16	-	3,2	1,72	1,20	2,92	1,09
		Кукурудза	6,0	8,4	14,4	5,7	1,36	7,06	2,04
	4	Соняшник	1,9	3,04	4,94	2,69	0,40	3,09	1,59
		Ячмінь +	2,7	2,97	5,67	2,38	1,47	3,85	1,47
5	гірчиця біла	15,0	-	3,0	1,65	1,08	2,73	1,09	
5	Соняшник	1,7	2,72	4,42	2,46	0,38	2,84	1,55	
Усього у сівозміні			-	-	48,06	22,2	9,63	31,8	-
На 1 га сівозмінної площі			-	-	9,6	4,4	1,92	6,36	-
Просапна	1	Горох	3,3	3,96	7,26	2,07	1,14	3,21	2,26
		Пшениця оз.	4,6	5,98	10,6	4,26	2,82	7,08	1,49
	3	гірчиця біла	14,5	-	2,9	1,61	1,05	2,66	1,09
		Соняшник	1,9	3,04	4,94	2,69	0,39	3,08	1,60
	4	Кукурудза	6,3	8,82	15,1	5,94	1,42	7,36	2,05
		Соняшник	1,8	2,88	4,68	2,57	0,39	2,96	1,58
Усього у сівозміні			-	-	45,4	19,14	7,21	26,3	-
На 1 га сівозмінної площі			-	-	9,09	3,8	1,44	5,27	-
НП05			-	-	0,63	0,33	1,02	0,52	-

перевага відзначена за зернопросапною спеціалізованою і зернопросапною сівозмінами, які відповідно на 30 і 20 % насичені соняшником.

Тут всього у ґрунт надійшло рослинних залишків 31,83 і 30,45 т, а на 1 га ріллі відповідно 6,36 і 6,09 т. Найнижча кількість післязливних решток нагромаджувалася у просапній сівозміні із 40 % соняшнику, де всього післязливні рештки становили 26,35 т, а на 1 га сівозмінної площі – 5,27 т.

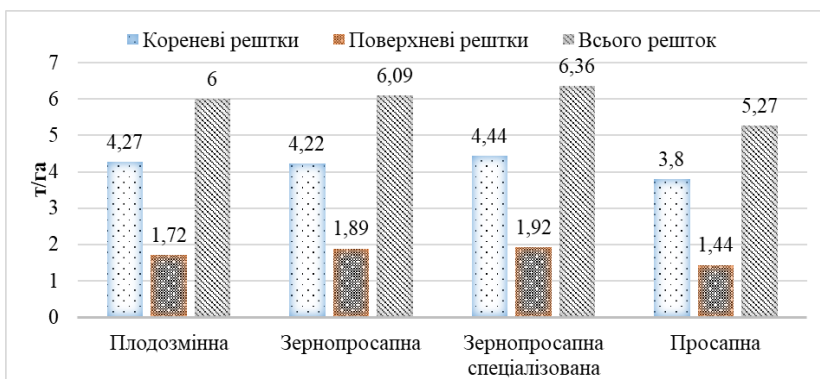


Рис 4.1. Нагромадження рослинних залишків культурами короткоротаційних сівозмін за 2012-2021 рр.

Кількість післязливних решток у плодозмінній сівозміні, де під соняшником знаходиться 10 % посівної площі, всього надійшло корневих залишків – 21,37 т, поверхневих – 8,6, а на 1 гектар ріллі – 4,27 і 1,72 відповідно.

У сівозмінах вирощували культури проміжних посівів га зелене добриво та заробляли побічну продукцію основних, що складають важливу статтю додаткового нагромадження органічних речовин до орного шару ґрунту (див. табл. 4.1).

Використання гірчиці білої на сидеральну масу впродовж років досліджень формувало надземну масу, що корелює з кількістю підземної. За плодозмінної сівозміни сидеральної маси надійшло 3,09 т, за зернопросапної сівозміни – 3,06 і 2,78 т, за зернопросапної спеціалізованої – 2,92 і 2,73 т, за просапної – 2,66 т повітряно-сухої органічної маси.

Загальна величина рослинних залишків деякою мірою залежить від місця розміщення культур у сівозмінах. Так, найбільшу масу залишків пшениці озимої зафіксовано у просапній сівозміні за сівби після гороху – 7,08 т, у плодозмінній сівозміні за сівби її після люцерни – 6,98 т, у зернопросапній після сої – 6,88 т.

Невеликі обсяги післязливних решток залишають у ґрунті сільськогосподарські культури із слабкою кореневою системою, зокрема соя, після якої їхня маса становить 2,65 т, а також гречка – 2,87 т/га.

Отже, найбільше нагромадження органічних залишків в орному шарі ґрунту відбулося у зернопросапній спеціалізованій сівозміні – 6,36 т на 1 га сівозмінної площі, найменша кількість таких надійшла за просапної сівозміни – 5,27 т на 1 га ріллі.

Заробляння побічної продукції у ґрунт, внесення гною, мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості післяжнивних решток у зернопросапній сівозміні (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Нагромадження рослинних решток в 0-30 см шарі ґрунту в зернопросапній сівозміні залежно від системи удобрення, за 2012-2021 рр.

Система удобрення	Урожайність, т/га			Рослинні рештки в абсолютно сухій речовині, т/га			Співвідношення між сумарним урожаєм та рослинними
	основна	побічна	сумарна абс-суха речовина	кореневі	поверхневі	Разом	
1	2	3	4	5	6	7	8
Соя							
Без добрив	1,7	2,55	4,25	1,5	0,76	2,26	1:0,53
Органічна	2,2	3,3	5,5	1,68	0,91	2,59	1:0,47
Органічно-мінеральна	2,6	3,9	6,5	1,82	0,99	2,81	1:0,43
Мінеральна	2,8	4,2	7,0	1,89	1,03	2,92	1:0,42
НІР ₀₅	-	-	0,21	0,11	0,05	-	-
Пшениця озима							
1	2	3	4	5	6	7	8
Без добрив	3,2	4,1	7,3	3,27	2,37	5,64	1:0,77
Органічна	4,0	5,2	9,2	3,84	2,63	6,47	1:0,7
Органо-мінеральна	4,9	6,4	11,3	4,47	2,92	7,39	1:0,65
Мінеральна	5,5	7,1	12,6	4,9	3,11	8,01	1:0,63
НІР ₀₅	-	-	0,31	0,28	0,15	-	-
Соняшник							
Без добрив	1,6	2,56	4,16	2,34	0,38	2,72	1:0,65
Органічна	1,9	3,04	4,94	2,69	0,4	3,09	1:0,65
Органо-мінеральна	2,5	4,0	6,5	3,39	0,42	3,81	1:0,58
Мінеральна	2,6	4,16	6,76	3,5	0,43	3,93	1:0,58
НІР ₀₅	-	-	0,17	0,42	0,16	-	-
Ячмінь							
Без добрив	2,5	2,75	5,25	2,28	1,41	3,69	1:0,7
Органічна	2,9	3,19	6,09	2,5	1,53	4,03	1:0,66
Органо-мінеральна	3,3	3,63	6,93	2,71	1,65	4,36	1:0,63
Мінеральна	3,6	3,96	7,56	2,87	1,73	4,6	1:0,6
НІР ₀₅	-	-	0,14	0,20	0,13	-	-
Кукурудза							
Без добрив	5,0	7,0	12,0	4,87	1,16	6,03	1:0,50

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Органічна	6,1	8,54	14,64	5,78	1,38	7,16	1:0,49
Органо-мінеральна	6,8	9,52	16,32	6,36	1,52	7,88	1:0,48
Мінеральна	8,5	11,9	20,4	7,77	1,86	9,63	1:0,47
НІР ₀₅	-	-	0,46	1,42	0,85	-	-

Накопичення рослинних залишків культурами у сівозміні відбувається за різних систем удобрення. Варто зауважити, що заробляння побічної продукції попередника сприяє збільшенню обсягів рослинних залишків, порівняно з варіантами без застосування добрив.

За застосування мінеральної системи удобрення кількість післяжнивних решток за вирощування сої становила 2,92 т/га, пшениці озимої – 8,01 т/га, соняшнику – 3,93 т/га, ячміню – 4,6 т/га, кукурудзи – 9,63 т/га, що відповідно на 0,66 т/га сої, 2,37 т/га пшениці озимої, 1,21 т/га соняшнику, 0,91 т/га ячменю, 3,6 т/га кукурудзи більше, ніж у варіант без добрив.

Менша кількість рослинних залишків нагромаджувалася на тлі органо-мінеральної системи удобрення: в агроценозі сої – 2,81 т/га, пшениці озимої – 7,39 т/га, соняшнику – 3,81 т/га, ячменю – 4,36 т/га, кукурудзи – 7,88 т/га. Кореневі післяжнивні рештки, побічна продукція (солома, стебала) та зелена маса гірчиці білої слугують важливим джерелом поповнення необхідних для живлення поживних речовин. За рахунок біомаси сидеральні культури, соломи і стебел зернових та олійних культур до орного шару ґрунту надходить така ж кількість органічної маси, як після вирощування основних культур сівозміні.

Разом із тим, різниця між системами удобрення за кількістю післяжнивних решток у сівозміні, на користь органо-мінеральної порівняно з органічною мінімальна і становить у сої – 0,22 т/га, пшениці озимої – 0,92 т/га, соняшнику – 0,72 т/га, ячменю – 0,33 т/га, кукурудзи – 0,72 т/га.

Отже, вирощування культур у сівозміні за органічної та органо-мінеральної систем удобрення і використання побічної продукції зумовлює збільшення кількості рослинних залишків та поповнення природних запасів поживних речовин ґрунту порівняно з варіантом без добрив.

Родючість ґрунту, забезпечення рослин основними елементами живлення упродовж усього періоду вегетації та формування високих врожаїв нерозривно пов'язана із запасами у ньому органічних речовин [115]. Встановлено, що урожайність зернових культур тісно корелює з кількістю рухомого гумусу та нагромадженням свіжих органічних речовин ґрунту. В умовах наростаючої інтенсифікації сільськогосподарського виробництва особливим завданням стає не допустити великих утрат гумусу і, особливо, рухомої його частини.

Основним джерелом нагромадження органіки у ґрунтах виступають агроценози культурних рослин через їхні кореневі залишки та післязбиральні рештки. З рослинними залишками у таких сівозмінах у ґрунт надходить органічних речовин більше, ніж з органічними добривами. Нагромадження органічної речовини у ґрунті відбувається під час вегетаційного періоду за

рахунок регенерації кореневої системи, корневих виділень та посиленої діяльності мікроорганізмів [590].

Нагромадження рослинних залишків у ґрунтах зумовлюється розміщенням та співвідношенням культур у сівозміні, видовим складом. Змінюючи під різними рослинами співвідношення площ, можна певною мірою збільшувати нагромадження свіжої органічної речовини у ґрунт з рослинними залишками [32].

Стійкість показників родючості ґрунту повністю залежить від динамічної рівноваги між процесами гуміфікації та мінералізації органічної речовини. Так, за цілиного ґрунтоутворення гуміфікація переважає й відбувається поступове нагромадження органічної речовини ґрунту, вміст якої за певних умов потім стабілізується. За сільськогосподарського виробництва посилюється процеси мінералізації і вміст гумусу зменшується, після чого з часом також стабілізується [644].

Недостатнє нагромадження органічної речовини, відсутність гною у господарстві і заміна на побічну продукцію, застосування систем обробітку ґрунту призвели до значного навантаження на гумус у технологічному процесі виробництва продукції сільського господарства, різко зросли темпи його мінералізації. Процеси дегуміфікації широко охопили екологічно стійкі та економічно цінні ґрунти у сільськогосподарському виробництві, зокрема – чорноземи типові центрального Лісостепу.

Найважливішою умовою всебічної інтенсифікації сільськогосподарського виробництва вирізнилося питання відтворення гумусу, яке стає на часі у зв'язку з недостатньою компетенцією мінералізаційних втрат органічної речовини в агроценозах та необхідністю подальшого відтворення родючості ґрунту [15, 46, 54, 125, 351].

Важливого значення на чорноземних ґрунтах у формуванні балансу гумусу набуває частка просапних культур у сівозміні. Збільшення насичення сівозміни згаданою групою спричиняє значні втрати гумусу [17, 361].

Разом із тим заорювання побічної продукції сівозмін: соломи, стебел кукурудзи сприяє підтриманню балансу гумусу у ґрунті. Так, у варіанті плодоовочевої сівозміни з унесенням – солома + N₁₀₀P₁₀₀P₁₀₀ кількість гумусу в орному шарі ґрунту становила 3,24 %, що на 0,14 % більше, ніж на контролі без добрив, але поступалися перед варіантом 50 т/га гною + N₁₀₀P₁₀₀P₁₀₀ на 0,21 %. Така різниця зумовлена кількістю нагромадження у ґрунт сухої речовини й азоту у складі гною [497].

Заробляння соломи у ґрунт позитивно впливає на гумусний стан чорнозему типового. Так, за гумусним еквівалентом 3,7 т соломи відповідають 10 т підстилкового гною, або 27 т маси сидеральних добрив. Встановлено, що з 5 т/га сухої речовини соломи у ґрунт потрапляє 0,5 т/га органічної речовини, з післяжнивними рештками – близько 1 тони з 1 га, з корневими залишками 2,5 т/га надходить 0,4 т/га [428].

Для позитивного балансу гумусу в центральному Лісостепу у просапних

сівозмінах необхідно щорічно вносити на 1 га ріллі по 17,3 т підстилкового гною, у сівозмінах з зернобобовими – 11,8 т/га, з багаторічними травами – 9,8 т/га [115, 277].

У результаті проведених польових досліджень запропоновано кілька розрахункових методів визначення балансу гумусу в ґрунті. В основу покладено баланс азоту в системі рослина – ґрунт – добрива [245]. Проте такий метод не забезпечує надійних результатів (розбіжність вмісту азоту в гумусі – 3-6 %, помилка в 1 % у значенні вмісту азоту зумовлює помилку у значенні втрат гумусу того ж порядку, що й самі втрати).

Для оцінки балансу гумусу, можна використати статтю приходу – продуктів розкладу, органічних залишків у гумусові речовини гумусу та статтю втрат – мінералізація гумусу ґрунтів [161].

У чорноземних ґрунтах надходження органічних залишків коливається в значних межах і залежить від культур, їх врожаю, використання післяжнивних решток. Масу рослинних залишків визначали за методикою П. З. Станкова [440].

Розрахунок новоутвореного гумусу здійснювали з рослинних залишків і гною, при цьому користувалися коефіцієнтами гуміфікації за Г. Я. Чесняком [161], що показують кількість новоутвореного гумусу.

Новоутворений гумус знаходили для кожного поля і сівозміни в цілому. Утворення гумусу визначали за рахунок гною множенням кількості внесеного гною на кількість гумусу, що утворюється за внесення 1 т цього добрива [327].

Витрати гумусу в обробляемому шарі ґрунту в сівозмінах розраховували за сумою розмірів його мінералізації в окремих агроценозах сівозміни [161]. Баланс гумусу обчислювали за різницею між масою новоутвореного від кореневих залишків і післякорневих решток та масою мінералізованого за період вирощування.

За використання згаданої методики на основі багаторічних досліджень на чорноземі типовому дослідного поля Білоцерківського НАУ проведено розрахунки балансу органічної речовини гумусу в короткоротаційних сівозмінах (табл. 4.3 – 4.6).

Як показали проведені розрахунки балансу гумусу в плодозмінній сівозміні, внесення гною в нормі 40 т/га, зароблення побічної продукції солома пшениці, ячменя, стебел кукурудзи і соняшнику, а також вирощування гірчиці білої на сидерат забезпечило упродовж 10 років нагромадження новоутвореного гумусу – 2,07 т/га, мінералізувалося – 1,04 т/га сівозмінної площі.

Додатний баланс гумусу визначено в усіх полях сівозміни. Баланс гумусу в середньому у плодозмінній сівозміні позитивний, що становить – 0,42 т/га.

Розрахунки балансу гумусу у зернопросаній сівозміні засвідчили, що загальна кількість новоутвореного гумусу становить 12,38 т/га, з них 9,40 т/га зазнали мінералізації поля сої – 1,62 т/га, кукурудзи – 2,9 т/га. Найвищі показники за рівнем забезпечення ґрунту на гумус виявилися у полях пшениці

Таблиця 4.3

**Нагромадження органічних залишків і баланс гумусу в чорноземі типовому за вирощування культури
плодозмісної сівозміни, т/га за 2012-2021 рр.**

Номер поля	Культура сівозміни	Врожайність, т/га	Надходження органічних речовин і утворення гумусу										Утворилося гумусу всього	Мінералізувався гумусу	Баланс (±)			
			Органічні залишки	Коефіцієнт гумиф. залишків	Утв. гумусу з залишків	Гній	Утв. гумусу з гною	Сома, стебла	Коефіцієнт гум. солом	Утв. гумусу з солом	Сидерати	Коефіцієнт гумусу сидератів				Утв. гумусу із сидератів	Коефіцієнт гумиф. гною	
1	Люцерна	11,8	5,38	0,25	1,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	0,47	+0,87
2	Пшениця оз.	4,5	6,98	0,2	1,39	-	4,2	0,2	0,84	-	-	-	-	-	-	2,23	1,58	+0,65
		18,3	3,09	0,15	0,46	-	-	-	-	-	3,6	0,15	0,14	0,34	-	1,00	0,51	+0,49
3	Буряки цукрові Сояшник	41,0	3,51	0,1	0,35	40	2,32	-	-	2,46	0,14	0,34	-	-	-	3,01	2,66	+0,35
		2,4	3,68	0,14	0,51	-	2,2	0,2	0,44	-	-	-	-	-	-	0,95	1,87	+0,92
4	Гречка	1,01	2,93	0,22	0,64	-	0,93	0,2	0,18	-	-	-	-	-	-	0,83	0,30	+0,53
5	Ячмінь	3,4	4,43	0,22	0,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,97	0,85	+0,12
Разом у сівозміні			30,0	-	5,69	40	2,32	7,33	-	1,46	6,06	-	0,88	-	10,3	8,24	+2,11	
На 1га сівозмісної площі			6,00	-	1,14	8	0,46	1,46	-	0,29	1,21	-	0,17	-	2,07	1,64	+0,42	

Таблиця 4.4

Нагромадження органічних залишків і баланс гумусу в чорноземі типовому за вирощування культур зернопроросаної сівозміни, т/га за 2012-2021рр.

Номер поля	Культура сівозміни	Врожайність, т/га	Надходження органічних речовин і утворення гумусу											Утворилась гумусу, всього	Мінералізувався гумусу	Баланс (±)	
			Органічні залишки	Коефіцієнт гумиф. залишків	Утв. гумусу з залишків	Гній	Утв. гумусу з гною	Солома, стебла	Коефіцієнт гум. соломи	Утв. гумусу з соломи	Сидерати	Коефіцієнт гумусу сидерати	Утв. гумусу із сидератів				Коефіцієнт гумиф. гною
1	Соя	2,3	2,65	0,2	0,53	-	-	-	2,1	0,2	0,42	-	-	-	0,95	1,62	-0,33
2	Пшениця оз.	4,4	6,88	0,2	1,37	-	-	4,1	0,2	0,82	-	-	-	-	2,19	1,54	+0,65
	Гірчиця біла	18	3,06	0,15	0,46	-	-	-	-	-	-	3,5	0,15	0,52	0,98	0,50	+0,48
3	Соняшник	2,1	3,32	0,14	0,46	40	0,058	2,32	1,9	0,2	0,38	-	-	-	3,16	1,64	+1,52
4	Ячмінь	3,1	4,18	0,22	0,92	-	-	-	2,88	0,2	0,57	-	-	-	1,49	0,77	+0,72
	Гірчиця біла	15,5	2,78	0,15	0,42	-	-	-	-	-	-	3,0	0,15	0,45	0,86	0,43	+0,43
5	Кукурудза	6,6	7,68	0,2	1,53	-	-	-	6,1	0,2	1,22	-	-	-	2,73	2,9	-0,17
Разом у сівозміні			30,5	-	5,69	40	-	2,32	17,08	-	3,41	6,5	-	0,97	12,38	9,40	+2,98
На 1 га сівозмінної площі			6,1	-	1,14	8	-	0,46	3,42	-	0,68	1,3	-	0,19	2,47	1,88	+0,59

Таблиця 4.5

Нагромадження органічних залишків і баланс гумусу в чорноземі типовому за вирощування культур зернопроросанної спеціалізованої сівозміни, т/га за 2012-2021 рр.

№	Культура сівозміни	Врожайність, т/га	Надходження органічних речовин і утворення гумусу												Утворилось гумусу, в%то	Мінералізувалось гумусу	Баланс		
			Органічні залишки	Коефіцієнт гуміф. залишків	Утв. гумусу з залишків	Гній	Утв. гумусу з гною	Солома, стебла	Коефіцієнт гум. соломи	Утв. гумусу з соломи	Сидерати	Коефіцієнт гумусу сидерати	Утв. гумусу із сидератів	Коефіцієнт гуміф. гною					
1	Гречка	1,95	2,87	0,22	0,63							0,88	0,22	0,19			0,82	0,28	+0,53
2	Пшениця оз.	4,0	6,47	0,1	0,65						3,7	0,2	0,74				2,03	1,4	+0,63
3	Грчиця б.	6,0	2,92	0,15	0,44												0,89	0,44	+0,45
	Кукурудза	6,0	7,06	0,2	1,4	40	0,058	2,32	5,5	0,2	1,1			3,1	0,15		4,83	2,64	+2,19
4	Соняшник	1,9	3,09	0,12	0,37						1,7	0,2	0,34				0,77	1,48	-0,7
	Ячмінь	2,7	3,85	0,1	0,38						2,5	0,2	0,5				1,34	0,68	+0,66
5	Грчиця б.	5,0	2,73	0,15	0,41												0,85	0,52	+0,43
	Соняшник	1,7	2,84	0,12	0,34						1,6	0,2	0,32				0,71	1,32	-0,6
зсом у сівозміні			31,8	-	4,62	40	-	2,32	15,88	-	3,19	-	6,04	-	0,90		11,03	8,66	+2,37
а 1 га сівозмінної площі			6,38	-	0,92	8	-	0,46	3,17	-	0,63	-	1,2	-	0,18		2,2	1,73	+0,47

Таблиця 4.6

Нагромадження органічних залишків і баланс гумусу в чорноземі типовому за вирощування культур-просапної сівозміни, т/га за 2012-2021 рр.

Номер поля	Культура сівозміни	Врожайність т/га	Надходження органічних речовин і утворення гумусу											Утворилося гумусу, всього	Мінералізувалося гумусу	Баланс (±)	
			Органічні залишки	Коефіцієнт гумиф. залишків	Утв. гумусу з залишків	Гній	Утв. гумусу з гною	Солома, стебла	Коефіцієнт гум. солом	Утв. гумусу з солом	Сигарати	Коефіцієнт гумусу сигарат	Утв. гумусу із сигарат				Коефіцієнт гумиф. гною
1	Горох	3,3	3,21	0,23	0,73				3,0	0,23	0,69				1,42	2,18	-0,75
2	Пшениця оз.	4,6	7,08	0,2	1,41			4,2	0,2	0,84					2,25	1,6	+0,65
	Гречка б.	14,5	2,66	0,15	0,40						2,8	0,15	0,42		0,82	0,41	+0,41
3	Соняшник	1,9	3,08	0,14	0,43	40	0,058	2,22	1,76	0,2	0,35			3,10	1,48	+1,6	
4	Кукурудза	6,3	7,36	0,2	1,47				5,7	0,2	1,14			2,61	2,78	-0,17	
5	Соняшник	1,8	2,96	0,14	0,41				1,67	0,2	0,33			0,74	1,4	-0,65	
Разом у сівозміні			26,35	-	4,03	40	-	2,32	16,3	-	3,35	2,8	0,42	10,96	9,85	+1,1	
На 1 га сівозміної площі			5,27	-	0,80	8	-	0,46	3,2	-	0,67	0,56	0,084	2,19	1,97	+0,22	

озимої; соняшнику; ячменю, де надійшла найбільша кількість – органічних залишків, соломи і сидератів.

Загальна кількість новоутвореного гумусу в зернопросапній спеціалізованій сівозміні становить 11,03 т/га, із них 8,66 т/га зазнали мінералізації, за позитивного балансу органічної речовини гумусу позитивний 0,47 т на 1 га сівозмінної площі (див. табл. 4.5). Позитивний баланс відзначається для кукурудзи – 2,19 т/га, пшениці озимої – 0,63 т/га, ячменю – 0,66 т/га, гречки – 0,53 т/га. В агроценозах соняшнику значна частина гумусу піддається мінералізаційним процесам.

Розрахунки балансу гумусу за просапної сівозміни засвідчили, що загальна кількість новоутвореного гумусу становить 10,96 т/га, з них 9,85 т/га зазнали мінералізації (див. табл. 4.6). Вирощування у просапній сівозміні гороху, соняшнику, кукурудзи призводило до від'ємного балансу органічної речовини ґрунту 0,75; 0,65 і 0,17 т/га відповідно. Разом із тим, в агроценозі пшениці озимої і соняшнику, попередником якого була озима пшениця, рівень утворення гумусу зафіксовано позитивним 0,65; 1,60 т/га відповідно.

Вищі показники за рівнем забезпечення ґрунту на гумус виявилися у зернопросапній сівозміні – (+0,59 т/га), зернопросапній спеціалізованій – (+0,47 т/га), плодозмінної – (+0,42 т/га). У цих сівозмінах надійшла найбільша кількість органічних речовин за рахунок рослинних залишків і післяжнивних решток, соломи, сидерату, гною. За просапної сівозміни кількість органіки була на рівні 0,22 т/га, що менше на 62,7 % від зернопросапної сівозміни. Пояснюється це тим, що у просапній сівозміні вирощували два поля соняшнику, й одне поле кукурудзи, де відбулися найбільші мінералізаційні процеси в ґрунті.

4.2 Зміна вмісту гумусу

Органічна речовина у ґрунті знаходиться під впливом протилежно спрямованих процесів, що зумовлено різними вмістом гумусу, а також антропогенним навантаженням [76, 128, 131, 214, 224, 238, 239, 249, 366, 378, 473, 480].

Тому за порушення відповідних процесів у ґрунті відбувається зміна вмісту гумусу, а разом з цим і вмісту азоту та інших елементів мінерального живлення рослин.

Рівновага природних процесів гумусоутворення порушується за розорювання цілинних перелогових земель під час сільськогосподарського використання [81, 523].

Оптимальним стає такий вміст загального гумусу, за якого забезпечується стійке отримання високого врожаю. При цьому головним критерієм визначається нестача у ґрунті органічної речовини, що гальмує формування високих врожаїв. При визначенні верхньої межі необхідно керуватися суто економічними параметрами [575].

На думку дослідників [245, 279], за наявності високого рівня

агрофізичних властивостей у чорноземів можна вважати, що вміст загального гумусу досягає свого оптимуму. Значення органічної речовини як джерела азоту для рослин за визначення оптимального вмісту гумусу обов'язково має враховуватися [657]. За В. Ю. Ямковим [575], вміст гумусу у ґрунті оптимальним буде тоді, коли азотне живлення культур на рівні з агрофізичними властивостями не лімітуватиме продуктивність сільськогосподарських культур у сівозмінах. Для чорноземів типових, вміст гумусу становить 4,0-6,5% [46, 54, 142].

Характерною рисою сучасного агровиробництва слід вказати розімкнутість циклів надходження елементів живлення та енергії до ґрунту, а також гострий дефіцит органічних сполук і біогенних елементів у ґрунтах. На тлі посилення антропогенного тиску на ґрунти це призводить до їхньої деградації, зокрема зниження вмісту гумусу.

Серед найактуальніших завдань сучасного землеробства виділяється необхідність обґрунтування способів відновлення місту гумусу в ґрунтах. Подібного можна досягти внесенням відповідної кількості органічних речовин та підвищенням інтенсивності її гуміфікації [83, 101, 617]. Варто зауважити, що хоча систематичне застосування органічних і мінеральних добрив і зменшує від'ємний баланс органічних сполук у ґрунт; проте не завжди запобігає значним втратам гумусу, що пов'язано з посиленою мінералізацією й виносом поживних речовин з урожаєм та непродуктивними їх витратами [209, 250].

Дослідження, проведені з вивчення впливу систем удобрення в короткоротаційних сівозмінах на вміст гумусу показали, що за дві ротації сівозмін вміст і запаси гумусу тісно корелюють із системою удобрення. Результати одержано на тлі диференційованого обробітку ґрунту (табл. 4.7).

Від застосування у зернопросапній спеціалізованій сівозміні з насиченням 30% соняшнику, за органічної системи удобрення, вміст гумусу підвищився на 0,10% в орному шарі. Порівняно з плодозмінною сівозміною щодо вмісту гумусу у зернопросапній сівозміні відзначено менший приріст. Подібне зумовлено тим, що синтез органічних речовин виявився дещо сповільнений мінералізацією, яка інтенсивніше перебігала під просапними культурами, на відміну від багаторічних трав і зернових культур.

У зернопросапній сівозміні з насиченням 20 % соняшнику, за органо-мінеральної і органічної систем удобрення, вміст гумусу підвищився на 0,23 і 0,16 % в орному шарі ґрунту, його рівень досягнув 4,19 і 4,18 %, а запаси 124,6 і 124,3 т/га. Невеликий приріст гумусу став наслідком використання у сівозміні сої, після неї пшениці озимої. За цим біологічний азот, утворений у процесі азотфіксації, майже повністю вибирався культурами сівозміни із незначним поповненням його в ґрунті, що вплинуло на вміст гумусу.

Під впливом застосування 7,5 т/га гною + N₅₀P₆₆K₆₆ у зернопросапній сівозміні на чорноземах вилугуваних вміст гумусу підвищився на 0,13 % [19].

На чорноземах у ґрунтозахисній сівозміні від внесення 7,5 т/га гною + N₇₀P₇₀K₃₅ вміст гумусу в орному шарі підвищився на 0,26 % та 0,46 % у

Зміни вмісту та запасу гумусу в чорноземі типовому залежно від сівозмін і системи удобрення

Сівозміна	Система удобрення	Шар ґрунту, см	Уміст гумусу			Запаси гумусу		
			поча-ток пер-шої ротації, %	кінець другої ротації, %	відхи-лення, +/-	початок першої ротації, т/га	кінець другої ротації, т/га	відхи-лення, +/-
Плодозмінна	Без добрив (St)	0-25	3,83	3,58	-0,25	113,9	106,5	-7,4
		25-50	3,15	3,08	-0,07	96,1	117,5	21,4
	Органічна	0-25	3,87	3,99	+0,12	115,1	118,7	3,6
		25-50	3,27	3,40	+0,13	99,7	103,7	4,0
	Органо-мінеральна	0-25	3,89	4,06	+0,17	115,7	120,8	5,1
		25-50	3,40	3,57	+0,17	103,7	108,9	5,2
	Мінеральна	0-25	3,87	3,85	-0,02	115,1	114,5	-1,0
		25-50	3,38	3,35	-0,03	103,1	102,7	-0,4
Зернопросапна	Без добрив (St)	0-25	3,91	3,77	-0,14	116,3	112,2	-4,1
		25-50	3,20	3,16	-0,04	97,6	96,4	-1,2
	Органічна	0-25	4,02	4,18	+0,16	119,6	124,3	4,7
		25-50	3,21	3,40	+0,19	97,9	103,7	5,8
	Органо-мінеральна	0-25	3,96	4,19	+0,23	117,8	124,6	6,8
		25-50	3,24	3,45	+0,21	98,8	105,2	6,4
	Мінеральна	0-25	3,91	3,83	-0,08	116,3	113,9	-2,4
		25-50	3,20	3,10	-0,10	97,6	94,5	-3,1
Зернопросапна спеціалізована	Без добрив (St)	0-25	3,92	3,82	-0,10	116,6	113,6	-3,0
		25-50	3,28	3,06	-0,22	100,0	93,3	-6,7
	Органічна	0-25	3,94	4,04	+0,10	117,2	120,2	3,0
		25-50	3,39	3,49	+0,10	103,4	106,4	3,0
	Органо-мінеральна	0-25	3,87	4,00	+0,13	115,1	119,0	3,9
		25-50	3,30	3,39	+0,09	100,6	103,4	2,8
	Мінеральна	0-25	3,81	3,72	-0,09	113,3	110,7	-2,6
		25-50	3,27	3,16	-0,11	99,7	96,4	-3,3
Просапна	Без добрив (St)	0-25	3,80	3,70	-0,10	113,0	110,0	-3,0
		25-50	3,16	3,20	+0,04	96,4	97,6	1,2
	Органічна	0-25	3,86	3,96	+0,10	114,8	118,7	3,9
		25-50	3,25	3,36	+0,11	99,1	102,48	3,3
	Органо-мінеральна	0-25	3,85	3,93	+0,08	114,5	116,9	2,4
		25-50	3,42	3,55	+0,11	104,3	108,3	4,0
	Мінеральна	0-25	3,82	3,70	-0,12	113,6	119,7	6,1
		25-50	3,30	3,20	-0,10	100,6	103,1	2,5
НІР ₀₅	0-25	0,14	0,22					
	25-50	0,18	0,25					

Чорноземам типовим глибоким малогумусним притаманий високий поглинаючий комплекс із значною частиною лужноземельних основ, за яких спостерігається ріст гумусових речовин, кількість яких залежить від органо-мінеральної системи удобрення, особливостей сівозмін та обробітку ґрунту.

Вміст гумусу у зоні достатнього зволоження залежить як від системи удобрення, так і наявності багаторічних трав і бобових культур у сівозміні.

За органо-мінеральної системи удобрення у просапній сівозміні кількість гумусу упродовж двох ротацій в орному шарі ґрунту становила 3,85 і 3,93 %, приріст підвищився на 0,08 %, а у підорному шарі збільшилося на 0,11 %.

Отже, органо-мінеральна система удобрення у сівозмінах стабілізує й підвищує вміст гумусу. Найзначніше підвищення вмісту гумусу спостерігається у зернопросапній та плодозмінній сівозмінах.

За мінеральної системи удобрення вміст гумусу в орному шарі зменшився в усіх короткопільних сівозмінах. Проте за плодозмінної сівозміні у мінеральній системі удобрення показники виявилися дещо більшими в орному і підорному шарах на 0,08 % і 0,10 % (див. табл 4.7.).

У зернопросапній спеціалізованій сівозміні застосування норми добрив $N_{87}P_{75}K_{83}$ за ротацію сівозміні підвищувало мінералізацію органічної речовини відповідно до середньої норми добрив (органомінеральна система удобрення), при цьому з орного шару втрачалось 0,09 %, з підорного – 0,11 % гумусу.

У сівозміні без бобових культур втрати гумусу відзначено дещо більшими, що пов'язано з меншим запасом біологічного азоту в ґрунті, підвищеною мінералізацією органічної речовини. Втрати гумусу в орному і підорному шарах досягали 0,35 і 0,32 % [509].

Із застосуванням високої норми добрив $N_{68}P_{82}K_{84}$ за ротацію просапної сівозміні вміст гумусу в орному шарі зменшився за втрати в орному шарі 0,12 %, у підорному 0,10 %. Втрати гумусу в підорному шарі ґрунту в просапній сівозміні пояснюється тим, що обробіток і насиченість просапними культурами створюють умови для мінералізації органічної речовини в усьому кореневмісному ґрунті. Цьому також сприяють гідротермічні умови осіннього, зимового і весняного періодів року, коли мікробіологічні процеси продовжують діяти у всьому ґрунтовому профілі.

Дослідження, проведені на Уладова-Люлинецькій ДСС свідчать, що система удобрення сільськогосподарських культур та їх чергування у сівозміні впливають на вміст гумусу. У сівозміні без бобових культур втрати гумусу за 10 років у орному шарі сягали 0,27 % у підорному – 0,22 % [502].

У дослідженнях, здійснених на Верхняцькій дослідно-селекційній станції на чорноземах опідзолених важкосуглинкових спостерігали стабілізацію органічної речовини, а на початковому вмісті навіть тенденцію до її збільшення. Автори це пояснюють достатністю такої кількості органічної речовини, яку залишають культурні рослини у сівозміні, для підтримання позитивного балансу гумусу [272].

За органо-мінеральної системи удобрення відбувається зростання вмісту

гумусу в усіх сівозмінах завдяки збільшенню кількості негідролізованого залишку. Найбільший вміст гумусу відзначено в плодозмінній і зернопросапній сівозмінах, менший у – зернопросапній спеціалізованій сівозміні. На неудобренних варіантах через зростаючу мінералізацію найбільші втрати встановлено у зернопросапній спеціалізованій сівозміні.

Важливим у роботі стало з'ясувати зміни вмісту гумусу під культурою залежно від основного обробітку ґрунту (табл. 4.8). За однаковими результатами досліджень, проведеними в плодозмінній сівозміні виявилось, що застосування безполицевого обробітку впродовж чотирьох років призвело до перерозподілу гумусу в 0–30 см шарі ґрунту. У варіанті полицевого-безполицевого обробітку на тлі органо-мінеральної системи удобрення вміст гумусу у шарі 0–10 см збільшився на 13,4 %, тоді як на глибині 10–20 см і в підорному шарі, навпаки, зменшився на 8% порівняно з диференційованим.

Таблиця 4.8

Вміст і запаси гумусу за вирощування пшениці озимої плодозмінної сівозміні, % за 2018–2021рр.

Система удобрення, А	Шар ґрунту, см, С	Варіант обробітку ґрунту, В					
		Диференційований (контроль)		Полицево-безполицевий		Мілкий безполицевий	
		%	т/га	%	т/га	%	т/га
Без добрив	0-10	3,20	37,7	3,75	44,6	3,77	45,9
	10-20	3,63	44,2	3,65	44,1	3,69	46,1
	20-30	3,12	38,6	3,13	41,0	3,20	42,2
	0-30	3,31	120,5	3,51	129,7	3,55	134,2
Органічна	0-10	3,79	44,7	3,90	46,4	3,91	47,7
	10-20	3,76	45,8	3,73	45,1	3,32	41,5
	20-30	3,18	39,4	3,09	40,5	3,11	41,0
	0-30	3,57	43,3	3,57	44,0	3,44	43,4
Органо-мінеральна	0-10	3,73	44,0	4,23	50,3	4,25	51,8
	10-20	3,96	48,3	3,61	43,6	3,85	48,1
	20-30	3,26	40,4	3,26	42,7	3,14	41,4
	0-30	3,65	44,2	3,70	45,5	3,74	47,1
Мінеральна	0-10	3,72	43,8	3,83	45,5	3,85	46,9
	10-20	3,70	45,1	3,70	44,7	3,73	46,9
	20-30	3,11	38,5	3,02	39,5	3,05	40,2
	0-30	3,51	42,4	3,51	43,2	3,54	44,6
НІР ₀₅ А		0,06	–	0,08	–	0,04	–
НІР ₀₅ В		0,11	–	0,10	–	0,15	–
НІР ₀₅ С		0,29	–	0,44	–	0,31	–

Запаси гумусу у згаданих варіантах не змінилася і становила 50,3 т/га. У варіанті мілкого безполицевого обробітку ґрунту вміст гумусу в шарі 20–30 см знизився на 3,6 % порівняно з контролем. Запаси гумусу на варіанті мілкого безполицевого обробітку ґрунту становили 4,14 т/га і були на 1,3 т меншими за контроль. Найбільша різниця за вмістом і запасами гумусу, залежно від обробітку ґрунту, спостерігається на тлі органо-мінеральної системи удобрення. Вміст гумусу підвищився у шарі 0–10 см за полицево-безполицевого та мілкого безполицевого обробітку на 13,0 і 13,4 % порівняно із контрольним варіантом. У шарі 10–20 см за вмістом гумусу переважав диференційований варіант.

Отже, застосування мілкого безполицевого обробітку на тлі внесення органо-мінеральних добрив викликає перерозподіл гумусу по профілю ґрунту та створює умови для підвищення його запасів.

Під впливом ведення сівозмін і використання добрив змінюються якісні показники гумусу [333, 490, 514].

У процесі синтезу гумусу утворюються високомолекулярні гумусові кислоти, які багатьма науковцями вважаються однією із найважливіших складових ґрунту, що істотно відрізняються за своєю природою і властивостями [375].

Максимальну здатність до іонообмінної взаємодії проявляють гумінові кислоти, що пов'язано з їхньою високою молекулярною масою і складнішою хімічною будовою порівняно з фульвокислотами. Застосування системи мінерального удобрення під культури сівозміни призводить до інтенсивної деструкції всіх високомолекулярних фракцій гумінових кислот (не лише гумінових кислот, а й фульвокислот, зокрема фракції ФКЗ [14, 88, 424].

Як зазначає О. Трус [475], внесення лише мінеральних добрив підвищує фульватність гумусу. Водночас систематично застосування органо-мінеральних та органічної системи удобрення зумовлює деяке підвищення гуматності гумусу. При цьому В. В. Дегтярьов [130] вважає, що на чорноземних ґрунтах тривале внесення гною і мінеральних добрив забезпечувало підвищення вмісту гумінових кислот і зменшення кількості фульвокислот та негідролізованого залишку порівняно з контролем, де добрива не вносили.

У процесі сільськогосподарського використання ґрунтів зазнають змін насамперед лабільні форми гумусових сполук, які є близьким резервом поживних речовин та безпосередньо визначають рівень ефективності родючості ґрунту [591].

Процеси дегуміфікації широко охоплюють екологічно стійкі та надзвичайно цінні в сільськогосподарському виробництві чорноземи типові глибокі малогумусні Лісостепу України [54]. Безполицевий обробіток чорноземів створює сприятливі умови для гуміфікації органічних добрив порівняно з полицевим обробітком і найбільшою мірою сприяє стабілізації продуктивності агроценозів [329].

Багаторічне застосування добрив у сівозмінах на чорноземі типовому змінює фракційний склад гумусу (табл. 4.9; рис. 4.2).

Таблиця 4.9

Груповий та фракційний склад гумусу чорнозему типового глибокого, %

Система удобрення	Шар грунту, см	С загальна %	Гумінові кислоти, %			ГК, %	Фульвокислоти, %			ФК, %	ГК:ФК	Нерозчинний залишок
			1	2	3		1	2	3			
Плодози́нна сі́возна												
Без добрив	0-25	2,50	0,06	1,10	0,14	1,30	0,12	0,46	0,16	0,74	1,75	0,46
		2,40	0,04	0,86	0,28	1,18	0,13	0,21	0,15	0,49	2,40	0,73
Органомінеральна	0-25	2,54	0,06	0,97	0,17	1,20	0,12	0,42	0,22	0,76	1,57	0,58
		2,70	0,03	0,86	0,23	1,12	0,15	0,05	0,25	0,45	2,48	1,13
Зернопростапна сівозна												
Без добрив	0-25	2,51	0,06	0,92	0,22	1,20	0,10	0,15	0,17	0,42	2,85	0,89
		2,49	0,03	0,89	0,31	1,23	0,13	0,09	0,20	0,42	2,92	0,84
Органомінеральна	0-25	2,56	0,09	0,83	0,20	1,12	0,10	0,20	0,21	0,50	2,24	0,94
		2,55	0,04	0,81	0,26	1,11	0,10	0,10	0,19	0,39	2,84	1,05
Зернопростапна спеціалізована сівозна												
Без добрив	0-25	2,42	0,06	0,98	0,19	1,23	0,11	0,34	0,14	0,59	2,08	0,60
		2,20	0,03	0,78	0,24	1,05	0,10	0,18	0,20	0,48	2,18	0,67
Органомінеральна	0-25	2,46	0,09	0,99	0,18	1,25	0,11	0,29	0,20	0,60	2,10	0,61
		2,59	0,03	0,76	0,20	0,99	0,07	0,09	0,25	0,41	2,41	1,19
Простапна сівозна												
Без добрив	0-25	2,41	0,05	1,05	0,13	1,23	0,14	0,44	0,16	0,74	1,66	0,44
		2,41	0,03	0,82	0,26	1,11	0,12	0,22	0,26	0,60	1,85	0,70
Органомінеральна	0-25	2,54	0,05	0,93	0,16	1,14	0,13	0,45	0,20	0,78	1,46	0,62
		2,53	0,03	0,83	0,23	1,09	0,15	0,06	0,22	0,43	2,53	1,01

Примітка: Чисельник – початок першої ротації 2012 р., знаменник – кінець другої ротації 2021 р.

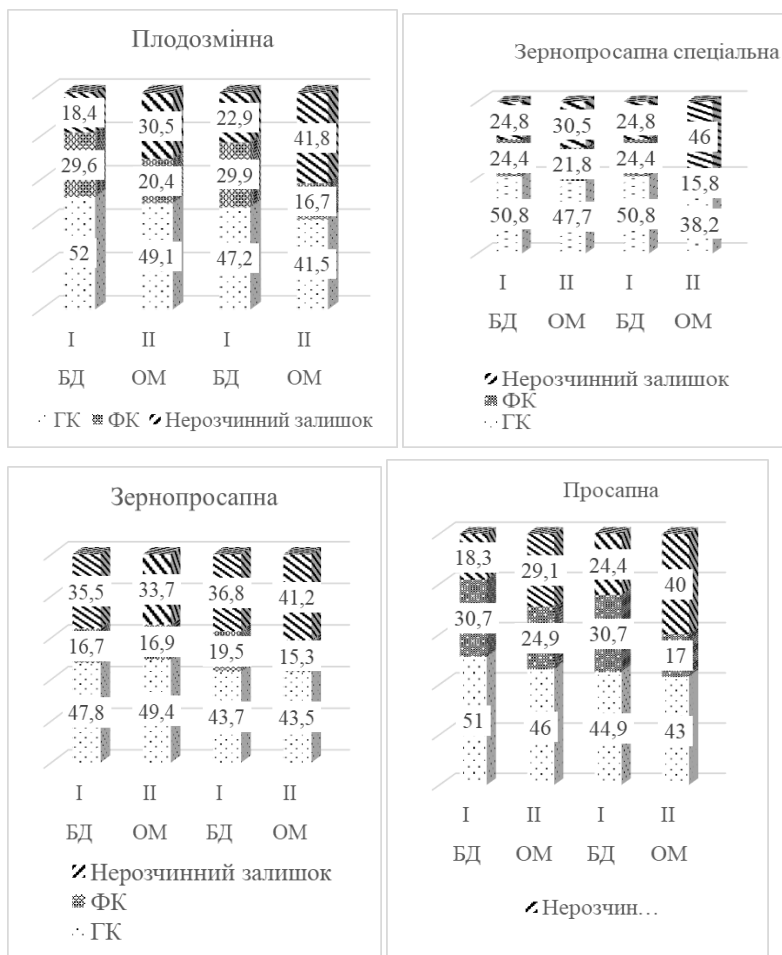


Рис. 4.2 Фракційно-груповий склад гумусу (шар 0-25 см), % S_{org} ґрунту за 2012-2021 рр. ГК – гумінові кислоти, ФК – фульвокислоти, БД – без добрив, ОМ – органо-мінеральна, 1 – початок першої ротації, 2 – кінець другої ротації.

Так, кількість бурих гумінових кислот (фракція №1) зменшилася у варіанті без добрив у плодозмінній на 0,02% за зернопросапної сівоzmіни на 0,03 %.

Аналогічна закономірність відбулася за органо-мінеральної системи удобрення, де спостерігалось зниження вмісту гумінових кислот.

Ефективність добрив впливає на активізацію гумусових кислот, що

супроводжуються розпадом високомолекулярних фракцій на низькомолекулярні й пояснюється тим, що органічні та мінеральні добрива містять окислювачі, які піддають деструкції і пептизації гумінові кислоти.

Відбувається також зменшення другої фракції гумінових кислот на тлі орґано-мінеральної системи і без добрив, залежно від насичення сівозміни соняшником наявністю бобових культур.

Істотне зниження відбулося у зернопросапній спеціалізованій сівозміні, де частка гумінових кислот другої фракції знизилася на 23,2 %, тоді як у плодозмінній сівозміні на 11,3 %, що становило відповідно 0,86 %; 0,76 % за орґано-мінеральної системи удобрення.

Стосовно вмісту гумінових кислот (фракція 3), які пов'язані із стійкими полуторними оксидами й глинистими мінералами, то за зернопросапної сівозміни відбувається підвищення їх вмісту до початку першої ротації, на ділянках без застосування добрив і за орґано-мінеральної системи удобрення, за зниження у просапній. У зернопросапній і плодозмінній сівозмінах за застосування мінеральних і органічних добрив їхня кількість підвищилася на 30 % (у відносних показниках), при цьому у зернопросапній спеціалізованій лише стабілізувалася до 11 %, у просапній – до 0,23 %. Одержані тут дані узгоджуються з дослідженнями інших науковців [124,429].

Гуміни найбільш стійкі поєднання органічних речовин ґрунту, які з часом перетворюються у багатші на вуглець сполуки. Встановлено, що лише за орґано-мінеральної системи удобрення створюються умови для накопичення стійких до руйнування поєднань органічних речовин ґрунту [430].

Співвідношення гумінових кислот до фульвових за зернопросапної і плодозмінної сівозміни та орґано-мінеральної системи удобрення становило 2,84 і 2,48, тоді як на початок першої ротації освоєння – 2,24 і 1,57. У зернопросапній спеціалізованій і просапній сівозмінах такий показник досягав відповідно 2,41 і 2,53, що відзначається як гуматний тип гумусоутворення по всіх сівозмінах.

Під впливом системи удобрення, чергування культур відбуваються зміни у фракційному складі як фульвових, так і гумінових кислот. За системи удобрення збільшується третя фракція фульвокислот за плодозмінної і зернопросапної спеціалізованої сівозмін, що впливає на співвідношення ГК:ФК у бік гуматного типу гумусоутворення.

Трансформація і баланс гумусу чорнозему типового глибокого малогумусного залежить від насичення просапними й зерновими культурами у сівозміні, системи удобрення та наявності люцерни. Орґано-мінеральна система удобрення сприяє підвищенню вмісту гумусу в чорноземі типовому глибокому. Використання такої зменшує втрати гумусу, проте її вилучення пришвидшує мінералізування в інших сівозмінах. У всіх сівозмінах відбувається трансформація якісного складу гумусу у бік перерозподілу фракцій.

Зменшується вміст гумінових кислот другої й першої фракцій,

збільшується – третя. Вміст фульвокислот зменшується, проте підвищується співвідношення між гуміновими і фульвокислотами, що вказує на гуматний тип гумусоутворення чорнозему типового глибокого малогумусного.

Поряд із вивченням впливу сівозмін на груповий склад гумусу, досліджувалася ефективність основного обробітку на фракційний склад гумусу. Істотних змін групового складу гумусу не в варіантах обробітку ґрунту не відзначено. Вміст гумінових речовин (ГК) переважає над фульво-речовинами (ФК), співвідношення $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$ становить 1,71:1,90 (рис. 4.3).

За полицево-безполицевого обробітку ґрунту виявлено тенденційно вищий вихід гумусових речовин порівняно з диференційним обробітком. Так, гумусові речовини за полицево-безполицевого обробітку становили 28,3- 33,4 %, за диференційованого – 28,1-31,6 %. Збільшення вмісту гумусових речовин вказує на поліпшення складу гумусу за полицево-безполицевого обробітку чорнозему типового глибокого в сівозміні [502]. У шарі 0-10 см встановлено найвищий вміст нерозчинного залишку за полицево-безполицевого обробітку – 50,9 %, найнижчий за диференційованого – 48,1 %.

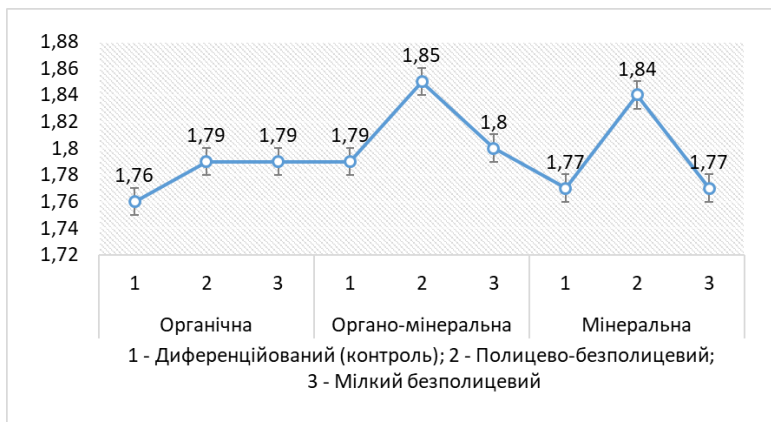


Рис. 4.3 Співвідношення гумінових до фульвокислот у 0-30 шарі чорнозему типового агроценозу буряків цукрових залежно від обробітку ґрунту за 2013-2015 рр.

У глибинних шарах ґрунту вміст гумінових і фульво-речовин зменшується, також змінюється співвідношення між $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$. Якщо у верхньому 0-10 см шарі співвідношення коливається у межах 1,75-1,90, то в шарі 20-30 см сягає до 1,71-1,76, що свідчить про погіршення якості гумусу в глибину профілем ґрунту.

Внесення на органо-мінеральному варіанті 11,5 т органічних і помірної дози мінеральних ($N_{40}P_{50}K_{90}$) добрив збагачувало гумус фракціями гумінових кислот [132, 540]. Якість гумусу поліпшувалася, тип гумусоутворення став

гуматним, збільшився вміст вуглецю до 1,85 %, за мінеральної системи удобрення до 1,81.

На варіанті органічної системи удобрення внесення 11 т органічних добрив за дефіциту азоту у ґрунті відбулися інтенсивніші процеси мінералізації ґрунтового гумусу. Відзначено низький вміст гумінових речовин, $C_{г.к.}: C_{ф.к.}$ на рівні 1,75 [30, 132].

Отже, за час проведення досліджень спостерігалася лише тенденція зміни групового складу гумусу чорнозему типового глибокого малогумусного. Співвідношення $C_{г.к.}: C_{ф.к.}$ істотно не коливався, а тип гумусу залишився характерним для чорнозему типового.

4.3 Зміни енергосмності гумусу

Окрім того, що гумус відіграє визначальну роль у формуванні фізико-хімічних та агрохімічних властивостей ґрунту, він виступає основним геохімічним акумулятором і ресурсом сонячної асимільованої енергії. В цьому виявляється його екологічне значення.

Через загострення екологічної проблеми питання енергетики ґрунтоутворення набувають дедалі більшої актуальності. Вони безпосередньо пов'язані з практичними завданнями збереження та відновлення родючості ґрунтів [72, 586].

Для оцінки енергетичного стану гумусу ґрунту враховували теплоємність усіх груп гумусових сполук, фракційно-груповий склад гумусу в ґрунті, його агрофізичний стан, який змінювався за впливу різних варіантів [244].

Гумусова оболонка Землі – гумосфера, містить $1,27 \cdot 10^{19}$ ккал енергії, що становить близько 50% запасів енергії суходолу, тобто саме гумус являє собою потужний геохімічний акумулятор перетвореної сонячної енергії та слугує головним зберігачем останньої на земній поверхні [5]. Облік потоку енергії та енергетичних запасів у системі рослина – сонячна радіація – ґрунт це один з важливіших етапів з'ясування закономірностей ґрунтоутворення [349].

Сільськогосподарське використання ґрунту, де основним видом є полицевий обробіток, а також вилучення з біологічного колообігу значної частини синтезованої рослинами органічної маси, призводить до порушення рівноваги. Діяльність людини зумовила зниження внутрішньої біологічно доступної енергії, яка акумульована в органічній речовині [324]. Навантаження на агроєкосистему загалом можна характеризувати кількістю привнесеної сумарної енергії, яка не однакова витратам антропогенної енергії на виробництво рослинної продукції [345].

За сучасних умов біоенергетика й енергетика ґрунтоутворення набувають актуальності, що пов'язано як з екологічними проблемами, так і з конкретними завданнями відновлення та збереження родючості ґрунтів [653, 350].

Низка авторів вважають, що існує можливість використання показників енергетичного потенціалу органічної речовини як критерію бонітування ґрунту [324, 344].

Найбільше енергії кристалічної решітки мінералів зосереджено у ґрунтах збагачених залишковими мінералами (премнеземом та ін.), і у незначних обсягах у ґрунтах з високим вмістом новоутворених мінералів. Продуктивність ґрунту тим значніша, чим більше останній містить енергії, пов'язаної з гумусом ґрунту, чим менша величина внутрішньої енергії мінеральної частини ґрунту. Енергія гумусу знаходиться в межах 0,1-1,0 % повної внутрішньої енергії метрової товщі [205].

Істотного впливу систем обробітку ґрунту й удобрення на запаси енергії гумусу не встановлено (табл. 4.10–4.13).

У проведених дослідженнях валові запаси енергії в шарі ґрунту 0-10 см становили 1,64 ГДж/га у варіанті без застосування добрив. У шарі 10-20 см, зважаючи на щільність ґрунту, цей показник виявився вищим, а саме на 0,17 ГДж/га порівняно з верхнім шаром. Це вказує на інтенсивніші процеси мінералізації органічних сполук у верхньому шарі ґрунту порівняно з нижнім.

Таблиця 4.10

Запаси енергії в гумусі чорнозему типового глибокого без застосування добрив в агроценозі пшениці озимої, ГДж/га

Шар ґрунту, см	Варіант обробітку ґрунту			НіР ₀₅
	Диференційований (контроль)	Полицево-безполицевий	Мілкий безполицевий	
0-10	1,64	1,88	1,85	$F_{\phi} < F_{05}$
10-20	1,81	1,38	1,78	0,25
20-30	1,53	1,50	1,53	$F_{\phi} < F_{05}$

Із застосуванням мінеральної системи удобрення у верхньому шарі ґрунту вміст гумусу збільшився порівняно з контрольним варіантом. Проте енергетичний аналіз показує, що валові запаси енергії в гумусі у 0–10 см і 10–20 см шарах ґрунту підвищувалися, тоді як у шарі 20–30 см перебували на рівні контрольного варіанту. Це підтверджує, що мінеральна система удобрення негативно впливає на енергетичний стан ґрунту.

Таблиця 4.11

Запаси енергії в гумусі чорнозему типового глибокого органічної системи в агроценозі пшениці озимої, ГДж/га

Шар ґрунту, см	Варіант обробітку ґрунту			НіР ₀₅
	Диференційований (контроль)	Полицево-безполицевий	Мілкий безполицевий	
0-10	1,94	2,04	1,92	$F_{\phi} < F_{05}$
10-20	1,86	1,89	1,60	$F_{\phi} < F_{05}$
20-30	1,53	1,49	1,49	$F_{\phi} < F_{05}$

Таблиця 4.12

Запаси енергії в гумусі чорнозему типового глибокого органічно-мінеральної системи удобрення в агроценозі пшениці озимої, ГДж/га

Шар ґрунту, см	Варіант обробітку ґрунту			НіР ₀₅
	Диференційований (контроль)	Полицево-безполицевий	Мілкий безполицевий	
0-10	1,95	2,26	2,21	F _φ <F ₀₅
10-20	1,98	1,92	1,97	F _φ <F ₀₅
20-30	1,59	1,61	1,57	F _φ <F ₀₅

Посаджане застосування органічних добрив – у нормі 11,5 т і N₂₇P₃₈K₄₅ на 1 га сівозмінної площі забезпечувало нагромадження гумусових речовин у ґрунті та підвищення гумінових кислот і нерозчинного залишку, яким власива найвища теплосмість, що сприяло збільшенню валових запасів енергії в гумусі. Із підвищенням кількості внесення органічних добрив зростала енергоємність ґрунту.

Найвищі валові запаси енергії відзначалися за органо-мінеральної й органічної систем із внесенням органічних добрив, відповідно 11,5 та 11,0 т/га сівозмінної площі. У цих варіантах енергоємність знаходилася на рівні 2,26 і 2,04 ГДж/га порівняно з варіантами без застосування добрив.

Таблиця 4.13

Запаси енергії в гумусі чорнозему типового глибокого мінеральної системи удобрення в агроценозі пшениці озимої, ГДж/га

Шар ґрунту, см	Варіант обробітку ґрунту			НіР ₀₅
	Диференційований (контроль)	Полицево-безполицевий	Мілкий безполицевий	
0-10	1,92	2,02	1,97	F _φ <F ₀₅
10-20	1,84	1,98	1,89	F _φ <F ₀₅
20-30	1,52	1,48	1,46	F _φ <F ₀₅

У варіанті полицево-безполицевого обробітку ґрунту у сівозміні у верхній частині ґрунтового профілю, встановлено збагачення гумусу енергією за всіх систем удобрення. Отже, полицево-безполицевий обробіток ґрунту в сівозміні забезпечує збереження та закріплення енергії органічних добрив, сонця, рослинних і кореневих залишків у гумусі чорнозему типового.

Тобто, органо-мінеральна система удобрення і полицево-безполицевий обробіток ґрунту сприяють збереженню й накопиченню енергетичного потенціалу органічної речовини, тоді як мінеральна система удобрення і диференційний обробіток призводить до втрат енергії гумусу чорноземів.

4.4 Моделювання гумусного стану чорнозему типового залежно від агротехнічних чинників

Родючість ґрунту слугує інтегрованим показником взаємодії основних факторів ґрунтоутворення та комплексним оцінюючим критерієм його стану. Серед багатьох параметрів, які використовують для характеристики ґрунтового покриву, найважливішим визнано органічну речовину, кількість і якість якої визначає хімічні, фізичні, біологічні, фізико-хімічні властивості ґрунту, мінеральне живлення рослин та рівень вологозабезпечення [231, 576, 607]. За дослідженнями зв'язку між гумусними параметрами та іншими показниками його ефективної родючості одержано наступні результати (табл. 4.14).

Встановлено неістотний слабкий і середній зв'язок між застосованими системами удобрення мінеральними й органічними добривами та вмістом гумусу чорнозему. Внесення 222 кг мінеральних добрив на 1 га сівозмінної площі за мінеральної системи призводили до неістотного зниження вмісту гумусу у ґрунті ($r=0,22$).

Внесення 11,5 т на 1 га сівозмінної площі органічних добрив за органо-мінеральної та 11 т за органічної системи удобрення забезпечує зростання вмісту гумусу в чорноземі типовому.

Також встановлено неістотний середній зв'язок між внесеними органічними добривами і вмістом гумусу в 0-10 см шарі ґрунту агропенозу пшениці озимої плодозмінної сівозміни, коефіцієнт кореляції ($r=0,64\pm 0,24$), рівняння регресії ($Y=11,557x-36,61$). Неістотний слабкий зв'язок виявлено між внесеними органічними добривами і вмістом гумусу в 10-20 см шарі ґрунту, коефіцієнт кореляції ($r=0,16\pm 0,31$), рівняння регресії ($Y=4,9541x-10,676$).

Таблиця 4.14

Результати кореляційно-регресивного аналізу

X	У	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії
1	2	3	4
Вмісту гумусу	Мінеральні добрива	$r=0,22\pm 0,308$	$Y= -181,35+65,018x$
Вмісту гумусу в 0-10 см шарі ґрунту	Органічні добрива	$r=0,64\pm 0,24$	$Y=11,557x-36,61$
Вмісту гумусу в 10-20 см шарі ґрунту	Органічні добрива	$r=0,16\pm 0,31$	$Y=4,9541x-10,676$
Запаси енергії гумусу в шарі 0-10 см	ГР/ФР	$r=0,63\pm 0,29$	$Y=0,0011x+1,8355$
Запаси енергії гумусу в шарі 10-20 см	ГР/ФР	$r=0,65\pm 0,28$	$Y=0,005x+1,7804$
Норма внесення органічних добрив за плодозмінної сівозміни	Баланс гумусу	$r=0,79\pm 0,35$	$Y=-0,0154x+0,7362$
Норма внесення органічних добрив за зернопростапної сівозміни	Баланс гумусу	$r=0,76\pm 0,37$	$Y=0,0492x+0,3303$

Продовження табл. 4.14

1	2	3	4
Норма внесення органічних добрив за просапної сівозміни	Баланс гумусу	$r=0,89\pm 0,25$	$Y=-0,0075x+0,1585$
Норма внесення органічних добрив за зернопросапної спеціальної сівозміни	Баланс гумусу	$r=0,74\pm 0,39$	$Y=-0,006x+0,5599$
Вмісту гумусу в 10-20 см шарі ґрунту в посівах пшениці озимої на початку вегетації	Щільність ґрунту в 0-10 см шарі ґрунту в посівах пшениці озимої	$r=0,74\pm 0,66$	$Y=0,014x+1,1687$
Вміст гумусу в 0-30 шарі ґрунту	Рослинні залишки	$r=0,65\pm 0,53$	$Y=0,3172x+6,0845$
Урожайність культур зернопросапної сівозміни	Рослинні залишки	$r=0,94\pm 0,07$	$Y=1,1062x+0,8469$

Дослідженнями встановлено неістотний середній кореляційний зв'язок між запасами енергії, акумульованими в гумусі, та співвідношенням $C_{гф}: C_{ф.к.}$.

Залежність вмісту запасів енергії від співвідношення гумінових і фульвокислот у шарі 0-10 см можна описати таким рівнянням лінійної регресії: $Y=0,011x+1,8355$, коефіцієнт кореляції $r=0,63\pm 0,29$, у шарі 10-20 см рівняння регресії: $Y=0,005x+1,7804$, коефіцієнт кореляції $r=0,65\pm 0,28$, де y – запаси енергії в гумусі, ГДж/га, x – співвідношення $C_{гф}:C_{ф.к.}$. Коефіцієнт кореляції відображає неістотну середню залежність величини акумульованої енергії в гумусі від вмісту гумінових кислот.

Коефіцієнти кореляції вказують на високий рівень тісноти зв'язку між внесеними органічними добривами досліджених сівозмін та зростанням балансу гумусу в ґрунті. Коефіцієнт кореляції плодозмінної сівозміни $r=0,79\pm 0,35$, зернопросапної спеціалізованої $r=0,89\pm 0,25$, зернопросапної $r=0,76\pm 0,37$, просапної – $r=0,74\pm 0,39$.

Встановлено істотно сильний зв'язок між урожайністю культур зернопросапної сівозміни і рослинними залишками, коефіцієнт кореляції ($r=0,94\pm 0,07$), рівняння регресії ($Y=1,1062x+0,8469$). Відзначено неістотно середній кореляційний зв'язок між надходженнями рослинних залишків і вмістом гумусу в 0-30 см шарі ґрунту, коефіцієнт кореляції ($r=0,65\pm 0,53$), рівняння регресії ($Y=0,3172x+6,0845$).

За результатами наднових досліджень у стаціонарному досліді здійснено спробу щодо моделювання процесів мінералізації й гуміфікації органічної речовини ґрунту. Для прогнозу інтенсивності її мінералізації застосовано кінетичні рівняння першого порядку. Якщо допустити, що в ґрунті наявний одиничний фонд гумусу C_0 , процес його мінералізації триває відповідно до кінетики першого порядку, що можна описати рівнянням:

$$l_n(C_0 - C_t) = L_n C_0 - \beta t \quad (1)$$

де $C_0 = C_0 - C_t$ – вміст мінералізованого гумусу в кінці інтервалу часу t ;
 β – константа швидкості мінералізації, отже частка C_0 , що мінералізується за одиницю часу (рік⁻¹).

Установивши C_t для шару 0-10 см і $C_0 = 3,75\%$, одержуємо $\beta = 0,001$ рік⁻¹. Визначивши, що через 100 років вміст гумусу у варіанті без застосування добрив за полицево-безполицевого обробітку ґрунту становитиме близько 3%. Для прогнозу вмісту гумусу користуємося застосуванням органо-мінеральної системи удобрення за полицево-безполицевого обробітку ґрунту нелінійним рівнянням миттєвого балансу, що враховує не лише процес мінералізації гумусу (частина витратна), а й гуміфікації післязливних решток і кореневих залишків, а також органічних добрив (частина надходження). Рівняння динамічного співвідношення має вигляд %:

$$\frac{dC}{dt} = a C - C^2 \quad (2)$$

де $\frac{dC}{dt}$ – вихідна концентрація у часі; a – константа швидкості гуміфікації.

За одержаними даними $a = 0,00423$ рік⁻¹, $\beta = 0,001$ рік⁻¹. Вирішення рівняння (2) показує, що за $t \rightarrow \infty$ вміст гумусу прямує до набуття постійного значення, яке дорівнює:

$$C_t = \frac{a}{\beta} = 4,23\%.$$

Отже, вирощування сільськогосподарських культур у короткоротаційних сівозмінах за органічної та органо-мінеральної системи удобрення і використання побічної продукції зумовлює зростання кількості рослинних залишків на 13,6 і 29,7% відповідно, що в кінцевому результаті забезпечує поповнення природних запасів поживних речовин ґрунту порівняно з контролем.

Найзначніше нагромадження органічних залишків в 0-30 см шарі ґрунту відбулося у зернопросапній спеціалізованій сівозміні – 6,36 т на 1 га сівозмінної площі, надійшла за просапної сівозміни – 5,27 т на 1 га сівозмінної площі. Вищі показники за рівнем збагачення ґрунту на гумус виявилися за плодозмінної сівозміни – (+0,42 т/га), зернової – (+ 0,59 т/га), зернопросапної спеціалізованої – (+0,47 т/га), просапної – (+0,22 т/га).

У короткоротаційних сівозмінах на чорноземах типових глибоких вміст гумусу залежить від чергування культур у сівозмінах. За органо-мінеральної системи удобрення вміст гумусу підвищився на 0,19%, що зумовлено зростанням фракцій нерозчинного органічного залишку. Чергування культур і системи удобрення забезпечили формування гуматного типу гумусоутворення за співвідношення ГР:ФР у середньому за плодозмінної сівозміни – 2,05, просапної – 2,71, зернопросапної спеціалізованої – 1,87.

Органо-мінеральна система удобрення і полицево-безполицевий обробіток ґрунту сприяють збереженню та накопиченню енергетичного потенціалу органічної речовини на 12,1 %, тоді як мінеральна система удобрення призводить до витрат енергії гумусу чорнозему типового.

5. ЗМІНИ АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

Агрохімічна деградація ґрунтів України, темпи дегуміфікації чорноземів типових набувають загрозливих умов, хоча на сьогодні ці ґрунти ще мають доволі високу потенційну родючість і здатність забезпечувати сільськогосподарські культури необхідними елементами мінерального живлення [122].

Упродовж останніх двох десятиріч сільське господарство України функціонує в умовах неефективних витрат невідновлювальних ресурсів енергії, що призводить до зростання деградаційних процесів ґрунтів і витрати їх потенційної родючості. Важливого значення набуває пошук шляхів оптимізації процесу відтворення запасів останньої [94].

Функцію мінерального живлення рослин виконує не тільки коріння, а й листя рослини, яке здійснює процес фотосинтезу. Очевидно, що хімічні елементи і сполуки можуть потрапляти в рослини через листя, впливають на ріст і розвиток рослин. Інтенсивність цього процесу залежить від абіотичних і біотичних факторів середовища – температура повітря, вологість ґрунту, концентрація вуглекислого газу, вік рослини [105].

У сучасних уявленнях про мінеральне живлення рослин значна увага приділяється утворенню в коренях рослин мікоризи – коренів, які існують у симбіозі з деякими ґрунтовими грибами [127].

Загалом абіотичні та біотичні фактори забезпечують біологічну активність ґрунтів – загальне поняття, що включає кількість і видовий склад мікробних угруповань, дихання, ферментативну активність, нітрифікуючу, амоніфікуючу та азотфіксувальну здатність ґрунту [327].

На думку ряду авторів щодо регулювання родючості ґрунту та створення оптимального рівня ефективності родючості в умовах Лісостепу із традиційними заходами значну роль відіграють сидеральні посіви [66].

На сьогодні перспективним заходом біологізації землеробства та регулювання родючості ґрунту є використання бінарних посівів.

Застосування сидеральних посівів дозволяє мобілізувати фосфатний і калійний режими в орному й підорному шарах, залучати згадані елементи до біологічного колообігу та активізувати продукційний процес [10, 400].

Обробіток чорноземних ґрунтів виступає вагомим фактором мобілізації їх родючості і регулювання поживного режиму. Багаторічні дискусії про переваги різних способів обробітку призводять до неоднозначних висновків, оскільки проводилися вони за різних умов.

У дослідження В. В. Медведєва та ін., [291], Т. О. Чайки [538] показано, що за безпліцевого плоскорізного розпушування порівняно з пліцевим обробітком підвищується вміст доступних форм фосфору і калію у верхньому та у шарі розташування кореневої системи зернових культур, що посилює процеси фотосинтезу і підвищує урожай культур сівозмін.

Деякі автори відносять безпліцевий обробіток до заходів пригнічення

нітрифікації та охорони навколишнього середовища [402, 646].

Більшість дослідників відзначають, що за безполицевих обробітках ґрунту погіршується поживний режим [444, 468, 474].

За результатами багаторічних досліджень В. В. Медведєв, С. Ю. Булигін [285], Т. А. Трофімова [474] дістали висновків, що багаторічне застосування плоскорізного обробітку на чорноземних ґрунтах веде до зниження темпів мінералізації рослинних залишків. Наукові рекомендують чергувати безполицевий і полицевий обробітку, що дозволить знизити негативний вплив на біологічну активність безполицевого обробітку ґрунту.

У дослідях О. І. Цилюрка [520], проведених на чорноземних ґрунтах, врожайність зернових, зернобобових та паропросапних культур не знижувалася за використання безполицевих обробітків упродовж 3-5 років порівняно із полицевим. На даний час опубліковано значну кількість експериментальних даних про ефективність способів обробітків ґрунту під культури сівозмін у різних ґрунтово-кліматичних зонах. Як показує аналіз, способи обробітку ґрунту неоднаково впливають на ґрунтовий режим, що позначається на розвитку рослин та формуванні врожаю культур.

У сучасному землеробстві зі зростанням інтенсифікації використання ґрунтів важливо підвищувати біологізацію сівозмін і надходження у ґрунт елементів живлення.

5.1 Зміни азотного стану ґрунту

Чинником отримання стабільних урожаїв сільськогосподарських культур визнано забезпечення азотом рослин упродовж вегетаційного періоду. Отже, це було і залишається ключовим питанням землеробства. За Д. М. Прянишниковим основним чинником, який істотно впливає на урожайність, виступає рівень забезпечення азотом сільськогосподарських культур [396], що актуально і на тепер.

Азот – єдиний елемент живлення, який входить до складу основних полімерів будь-якої клітини, з'явився в ґрунті завдяки біологічній діяльності [71, 297]. Джерелами надходження і накопичення азоту в ґрунті слугують кореневі залишки і післяжнивні рештки, побічна продукція, мінеральні та органічні добрива, мікробіологічна діяльність, що по різному впливають на рослину, її розвиток та врожайність [262, 488]. Наявність доступного азоту для рослин залежить від органічної речовини, яка міститься в ґрунті або потрапляє до нього з добривами та післяжнивні суми рештками кореневими залишками. Нестача азоту затримує ростові процеси, тоді як надлишок сприяє формуванню надмірної вегетативної маси [175].

Збільшення доступних сполук азоту в ґрунті це рекомендований агротехнічний захід, спрямований на підвищення врожайності культур сівозміни.

Рух азоту в агроєкосфері є результатом його міграції між природними пулами, включаючи рослини, мікроорганізми, атмосферу, поверхневі і

внутрішньогрунтові води [421, 639].

Фіксований азот становить до 90% ґрунтового фонду мінерального азоту, форма його маловивчена [423]. У ґрунтах з високим рівнем рН може траплятися невелика кількість NO_2 [41]. Мінеральний азот у ґрунтах становить близько 5 % від азотного вмісту. Удобрення культур азотом, з огляду на його значення, динаміку й властивості трансформації у ґрунті, відмінне від особливостей удобрення макроелементами. Унаслідок процесів мінералізації, мобілізації, витрат, засвоєння, або розподілу азотних сполук у метровій товщі до 30-40 % такого використовується, інша частина поглинається, закріплюється, вимивається, резервується, денітрифікується або перебуває поза зоною поглинання корених систем рослин [27].

На чорноземних ґрунтах проведено дослідження стосовно динаміки вмісту лужногідролізованого азоту під впливом системи удобрення [506]. Зміни вмісту лужногідролізованого азоту значно пов'язані із застосуванням мінеральних та органічних добрив.

Вивчення азотного режиму чорнозему типового за сільськогосподарського використання дає можливість оптимізувати живлення рослин, розробити способи регулювання родючості сівозмін, ефективні норми їх застосування, системи удобрення сівозміни в цілому та окремих культур [641].

Істотний вплив на азотний режим чорноземного ґрунту виявляє біологічний азот [22], що надходить до ґрунту за процесу азотфіксації асоціативними мікроорганізмами [604, 649], створює поліпшений азотний баланс ґрунту, підвищити вміст мінеральних і органічних сполук азоту.

Застосування технічного азоту мінеральних добрив порушує природну рівновагу між процесами іммобілізації-мінералізації, що зумовлює додаткову мобілізацію азоту ґрунту, зростають непродуктивні витрати азоту за рахунок вимивання та емісії [565, 599]. Застосування органічних добрив сприяє стабілізації запасів органічного азоту ґрунту та посилює іммобілізаційні процеси [517]. За внесення гною у перший рік з його складу рослинам стає доступним 20-30% азоту і 10 % рослинами використовують у післядії наступного року. Іммобілізований азот гною протягом вегетаційного періоду поступово мінералізується і визначається як повільно діюче джерело азоту [207].

У дослідженнях І. Г. Захарченко [168], В. Г. Мінеєва [300], інтенсивність колообігу мінеральних речовин значною мірою визначає рівень ефективного відтворення ґрунтів. При багаторічними вирощуванні у сівозміні культур за дефіцитного балансу поживних речовин (без добрив, або недостатнього їх внесення) відбувається поступове виснаження у ґрунтах азоту, фосфору та калію. Значне виснаження спостерігається за інтенсивного обробітку ґрунту та вищої насиченості сівозмін прасапними культурами.

Сільськогосподарська наука за останні три десятиліття веде активний пошук шляхів збереження ґрунту. В Україні виокремився новий напрям, який

пов'язується із способами обробітку ґрунту.

Систематичне виконання безполицевих заходів обробітку в умовах лісостепу поліпшує агрофізичні властивості чорноземів типових, зокрема оптимізує й сприяє поживному режиму. Стосовно цього привертає увагу виконання безполицевого обробітку на 10-12 сантиметрів, застосування органіно-мінеральної системи удобрення і дотримання балансу поживних речовин, що забезпечує відтворення родючості [138, 141, 663].

Як відомо, що 3/4 від загальної кількості поживних речовин рослини поглинають із 0-15 см шару ґрунту, тобто в ньому створюються сприятливі аеробні умови, звідси концентрацію елементів мінерального живлення у верхньому оброблювальному горизонті можна визначити корисним явищем [45].

За умови відмови від полицевого обробітку ґрунту післяжнивні рештки і стерня зосереджуються у верхньому оброблюваному шарі, більше накопичується вологи, підвищується водопроникність, зміцнюється характер розподілу добрив і корневих систем рослин, зростає вміст агрономічної цінності структури, відзначається посилення новоутворення гумусових речовин, зростає чисельність мікроорганізмів, що впливає на режим поживних речовин [140].

За мілкого безполицевого обробітку відбувається стрімкий перерозподіл фосфатів, оскільки остання схильні до біологічної акумуляції й слабо мігрують у межах ґрунтової товщі. Виявляється диференціація за рухомим азотом та обмінним калієм [499].

На думку А. М. Малієнко та ін. [261], у початковий період вегетації кукурудзи у варіантах із мілким безполицевим обробітком спостерігається зростання вмісту азоту нітратного проти полицевого обробітку, із перевагою у фазі цвітіння до молочно-воскової стиглості за оранки. Надходження елементів мінерального живлення до рослини у вологі роки виявлено значнішим за мілкого безполицевого обробітку, в посушливі – за полицевого.

Зосередження елементів мінерального живлення у верхній частині оброблюваного шару не вважається для живлення рослин позитивним. Сприятливі умови створюються за збагачення поживними речовинами нижніх шарів абсолютного шару [18]. Дослідженнями встановлено, що в чорноземах типових вміст азоту негідролізованих сполук досягає 80-84 %, тоді як легкогідролізованих становить 3-4; важкогідролізованих – 10-15; мінеральних – усього 1,0-1,5 % від загального. Проте у нижніх горизонтах ґрунту відзначено зміну співвідношення: фракція гідролізованих сполук азоту зменшується і важкогідролізованих збільшується, хоча фракція негідролізованих сполук залишається на достатньо високому рівні [328].

Лужногідролізований азот у моніторингових спостереженнях слугує показником потенційної доступності азоту та ступенем забезпечення ґрунту сполуками азоту, що дає змогу програмувати систему удобрення на плановану врожайність до рівня забезпечення азотом [55].

Як показали результати спостережень, в короткоротаційних сівозмінах найбільший вміст лужногідролізованого азоту виявився у період сходів соняшнику (табл. 5.1). За застосування 8 т гною + N₆₈P₇₂K₈₂ у плодозмінній сівозміні рівень лужногідролізованого азоту досягав 161 мг/кг ґрунту.

За застосування 8 т гною і 3,5 т/га побічної продукції, маса сидеральних культур + N₂₇P₃₈K₄₅ у плодозмінній сівозміні вміст лужногідролізованого азоту становив 145 мг/кг ґрунту, тоді як у зернопросапній – 136 мг/кг, зернопросапній спеціалізований і просапній – відповідно 130 і 124 мг/кг ґрунту. Пояснюється це тим, що за взаємодії добрив із ґрунтом лужногідролізований азот надходить до ґрунту за рахунок амонію, що наявний у добривах [53].

Таблиця 5.1

Уміст лужногідролізованого азоту в чорноземі типовому у фазу сходів соняшнику в короткоротаційних сівозмінах, мг/кг за 2012-2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодозмінна	зернопросапна	зернопросапна спеціалізована	просапна
Без добрив	0-25	118,0	116,0	131	114
	25-50	98	87,0	95	101
Органічна	0-25	127,0	120,0	117	108
	25-50	105,0	94,0	90	90
Органо-мінеральна	0-25	145	136,0	130,0	124
	25-50	125	121,0	119,0	115
Мінеральна	0-25	161	138,0	132	147
	25-50	124	118,0	121	123
НІР ₀₅	0-25	11,3	13,1	12,2	10,5
	25-50	10,2	9,2	8,7	7,5

Найменший вміст лужногідролізованого азоту в ґрунті на період сходів спостерігався у варіанті без удобрення. За органічної системи удобрення вміст лужногідролізованого азоту був нижчим порівняно з мінеральною системою, що пояснюється його меншим надходженням на варіанті з удобренням.

Дослідженнями встановлено, що сівозміни істотно впливали на вміст лужногідролізованого азоту в ґрунті. Так, найвищий вміст останнього відзначено за плодозмінної сівозміни – 125 мг/кг. У решти сівозмін вміст лужногідролізованого азоту у середньому становив 115-116 мг/кг ґрунту.

На період досягання соняшнику вміст лужногідролізованого азоту зменшився у ґрунті в середньому за варіантами досліду порівняно з початковим періодом (табл 5.2).

Найвищий вміст лужногідролізованого азоту зафіксовано за мінеральної системи удобрення зернопросапної сівозміни. Застосування половинної норми

органічних і мінеральних добрив призводило до неістотного зниження вмісту лужногідролізованого азоту в ґрунті порівняно з мінеральною системою удобрення. За просапної сівозміни вміст лужногідролізованого азоту у ґрунті був найнижчим.

Таблиця 5.2

Вміст лужногідролізованого азоту в чорноземі типовому на період досягання соняшнику в короткоротаційних сівозмінах, мг/кг за 2013-2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодоз-мінна	зернопросапна	зернопаро-просапна спеціалізована	просапна
Без добрив	0-25	104	104	113	105
	25-50	77	85	85	89
Органічна	0-25	107	110	104	100
	25-50	80	89	82	78
Органо-мінеральна	0-25	118	120	116	108
	25-50	190	191	87	83
Мінеральна	0-25	121	125	114	126
	25-50	92	94	95	91
НІР ₀₅	0-25	9,2	11,4	10,2	8,6
	25-50	7,8	8,5	7,9	6,2

Дослідження динаміки вмісту лужногідролізованого азоту під впливом системи удобрення показали, що його зміни пов'язані із застосуванням органічних та мінеральних добрив [308].

Нітрифікаційна здатність значною мірою характеризує родючість ґрунту і ступінь його окультуреності, сприятливе проходження нітрифікаційних процесів створює оптимальні умови для життєдіяльності мікроорганізмів [241].

Нітрифікаційні процеси залежать від вмісту в ґрунті гумусу, гідротермічних умов, рН середовища, внесення добрив [404]. Зростання нітрифікації, відбувається за здатності ґрунту накопичити більшу кількість нітратів [106]. Надлишок нітратів шкідливий, як для ґрунту, так і для рослин, супроводжується й негативними екологічними наслідками [110]. Тому регулюванню нітрифікаційної здатності ґрунтів у агроценозах приділяється значна увага.

Результати досліджень свідчать, що застосування мілкого безполицевого і полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту сприяє зниженню нітрифікаційної здатності в 25–50 см шарі ґрунту, порівняно з контрольним варіантом (табл. 5.3). У шарі ґрунту 0–25 см нітрифікаційна здатність останнього за полицево-безполицевого обробітку значно зростає.

Подібне пояснюється розподілом у орному шарі ґрунту рослинних залишків. Більша частина рослинних залишків за диференційованого обробітку ґрунту потрапляла у шар 20–30 см, що призводило до підсилення в ньому нітрифікаційної здатності в ньому порівняно з мілким і полицево-безполицевим обробітками.

Таблиця 5.3

Вміст нітрифікаційного азоту чорнозему типового в агроценозі соняшнику зернопросапної сівозміни, в мг N-NO₃ на 1 кг ґрунту, за 2013-2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Диференційований (контроль)		Полицево-безполицевий		Мілкий безполицевий	
		I	II	I	II	I	II
Без добрив	0-25	29,4	28,1	30,5	28,7	28,7	14,2
	25-50	20,2	7,2	17,7	6,3	16,9	6,0
Органічна	0-25	25,2	23,3	27,6	25,3	26,8	12,4
	25-50	17,0	6,0	16,1	5,7	15,7	5,6
Органо-мінеральна	0-25	31,7	30,4	33,5	31,7	31,8	14,6
	25-50	22,0	8,8	20,5	8,2	19,3	7,7
Мінеральна	0-25	27,4	25,2	28,8	24,2	28,0	12,5
	25-50	18,7	7,5	16,9	6,7	16,1	6,4
НІР ₀₅	0-25	1,9	2,9	2,8	1,8	1,6	0,95
	25-50	1,1	1,2	1,7	0,8	1,02	0,82

Примітка: I – період сходів соняшнику; II – на період досягання соняшнику.

Висока нітрифікаційна здатність ґрунту у верхній частині оброблюваного шару викликає накопичення нітратів, сприяє переміщенню їх вниз із вологою, збільшення нітронакопичення в нижньому горизонті за диференційованого обробітку, втрати нітратів унаслідок вимивання за межі кореневого шару [328].

Системи удобрення істотно впливали на нітрифікаційну здатність ґрунту. Застосування за органічної системи удобрення органічних добрив 11 т/га сівозмінної площі зменшувало нітрифікаційну здатність на 4,9 % порівняно з мінеральною системою удобрення, що пов'язано з інтенсивністю іммобілізаційних процесів за мінералізації органічного азоту. Істотний вплив на інтенсивність нітрифікації виявлено внесення органічних (8 т гною і 3,5 т/га побічної продукції на 1 га сівозмінної площі) та мінеральних (116 кг/га N₃₈P₄₀K₃₈) добрив. Згаданий показник при цьому зріс від 2,5 % до 10,8 % порівняно з варіантом без добрив. Застосування підвищених норм мінеральних добрив до 240 кг на 1 га сівозмінної площі спричинило інгібуючу дію нітрифікаційної здатності, що зумовлено декальцинуванням і підкисленням ґрунту. Визначення нітрифікаційної здатності у період досягання соняшнику

призвело до його зниження у 0-25 см шарі ґрунту на 4,4-19,0 %, у 25-50 см – на 149-180 % порівняно з початковим періодом росту культур.

Отже, полицево-безполицевий обробіток ґрунту сприяє зростанню на 3,7-5,6 % нітрифікаційної здатності у 0-25 см шарі порівняно з контролем, чим знижує вірогідність внутрішнього шару.

Високу нітрифікаційну здатність ґрунту забезпечує орґано-мінеральна система удобрення, тоді як мінеральна система її знижує. Сприятливі умови для життєздатності ґрунтових мікроорґанізмів, які беруть участь у мінералізації азотних сполук чорнозему типового створюються за сумісного застосування орґано-мінеральних добрив, що пов'язано з поліпшенням життєздатності нітрифікаційних мікроорґанізмів, зростанням енергетичного матеріалу для мікроорґанізмів, збільшенням ґрунтових запасів гумусу та накопиченням мінерального азоту в ґрунті. Біологічно активний азот нітратів, дає можливість оцінити запаси рухомих і мінеральних сполук азоту та слугуватиме критерієм забезпечення доступним азотом рослин за рахунок мобілізації його форм.

У структурі азотного режиму чорнозему типового глибокого малогумосного доступним для живлення рослин є мінеральний азот, що знаходиться в нітратній та амонійній сполуках, за вмістом яких оцінюється ступінь забезпеченості рослин доступним азотом. Амонійний азот поглинається ґрунтом, проте зберігає свою доступність для кореневої системи рослин. Нітратні сполуки знаходяться у ґрунтового розчині і слугують доступним джерелом азотного живлення культур.

Забезпеченість сільськогосподарських культур азотом залежить не стільки від загального вмісту в ґрунті, скільки від наявності його мінеральних форм – обмінного амонію та нітратів, а їхня кількість становить 1 % загального вмісту азоту. Решта азоту міститься у складі гумусових, орґанічних, білкових сполук (94-95 %) або у формі амонію (3-5 %), що майже недоступний для засвоєння рослинами [347, 415]. Серед мінеральних сполук азоту головне значення у живленні рослин визнано нітратним та амонійним азотом ґрунтового розчину або колоїдами. Ці сполуки динамічні у часі, легкодоступні, легкорухомі й легкорозчинні [637]. Тому для оцінки забезпеченості рослин азотом головну роль відіграє кількість у ґрунті рухомих його сполук.

Поживний азотний режим ґрунту як один з провідних чинників формування орґанічної речовини ґрунту сприяє повному розкриттю генетичного потенціалу продуктивності, що дає можливість підвищення ефективності вирощування через отримання стабільно високих врожаїв культур [207].

Азот найменш хімічно стабільний, легко переходить з однієї в іншу форму за умов зовнішнього середовища [596, 632].

Початкові запаси мінерального азоту в ґрунті є основним, проте не єдиним джерелом забезпечення рослин згаданим елементом. Значну частку у живленні культур сівозміни становить кількість мінералізованого за вегетаційний період азоту ґрунту [564].

У проведених дослідженнях на чорноземах типових вміст мінерального азоту залежав від системи удобрення (табл. 5.4). За застосуванням 11,5 т органічних добрив + N₂₇P₃₈K₄₅ на 1 га сівозмінної площі у плодозмінній сівозміні вміст мінерального азоту досягав 28,3 мг/кг ґрунту, та за збільшення норми мінеральних добрив на фоні 8 т гною N₆₈P₇₂K₈₂ 38,3 мг/кг ґрунту, що пояснюється його вивільненням у ґрунт у процесі мінералізації гною і тим, що внесені азотні добрива не повністю іммобілізуються мікрофлорою.

За внесення органічних добрив плодозмінній сівозміні у нормі 11 т/га сівозмінної площі, ступінь мінералізації виявився невисоким порівняно з варіантом без добрив, внаслідок чого вміст мінерального азоту набув істотного підвищення порівняно з варіантом без застосування добрив. Подібне зумовлено зростанням іммобілізаційних процесів у чорноземі типовому за інтенсивного розвитку бактерій, що використовують мінеральний азот амоніфікаторів, олігонітрофілів і актиноміцетів у ґрунті.

Варто зауважити, що в зоні Лісостепу під сояшник доцільно застосовувати гній разом з мінеральними добривами, що дає змогу збільшити кількість NO₃+NH₄ у чорноземі й поліпшити азотне живлення сояшнику у період його росту і розвитку. Із застосуванням органічних і мінеральних добрив під сояшник на чорноземних типових підвищується вміст мінеральних сполук азоту [110, 506], за якого відбувається зростання нітрифікації ґрунту і перехід фіксованого амонію в обмінний доступний стан [372, 486].

Таблиця 5.4

Уміст мінерального азоту в чорноземі типовому на період сходів сояшнику залежно від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах, мг/кг ґрунту за 2013-2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодозмінна	зернопросапна	зернопросапна спеціалізована	просапна
Без добрив	0-25	21,8	23,7	21,1	19,0
	25-50	16,2	17,4	13,5	14,1
Органічна	0-25	28,0	27,2	26,4	24,1
	25-50	20,5	18,5	17,2	16,4
Органо-мінеральна	0-25	28,3	28,8	26,6	25,3
	25-50	23,2	24,5	22,4	21,7
Мінеральна	0-25	38,3	29,6	31,1	32,5
	25-50	26,3	22,2	17,0	23,6
НІР ₀₅	0-25	2,5	1,8	2,20	2,1
	25-50	1,7	1,2	1,4	1,1

За плодозмінної сівозміні кількість мінерального азоту була найбільшою на період сходів, що становить в середньому 38,3 мг/кг ґрунту, зернопросапної – 23,9 мг/кг ґрунту. Найнижчі запаси зафіксовано за зернопросапної

спеціалізованої і просапної сівозмін – 21,9 і 22,1 мг/кг ґрунту відповідно. Це залежало від особливостей використання мінеральних сполук азоту відповідною мікрофлорою за умов різних ланок вирощуваних культур.

Норма мінеральних добрив виявилася вищою в орґано-мінеральній і мінеральній системі удобрення. Звідси мінералізаційні процеси гною пришвидшувалися, завдяки чому підвищувався вміст мінерального азоту порівняно з орґанічною системою.

У зернопросапній спеціалізованій сівозміні без бобових культур мінеральний азот зосереджується в 0–25 см шарі і менше іммобілізується, тоді як за плодозмінної і зернопросапної сівозмін (за наявності люцерни і сої) його вміст підвищується в орному та підорному шарах, що впливає на формування більших запасів мінерального азоту в 0–50 см шарі ґрунту.

Отже, наявність люцерни і сої у сівозмінах, за вирощування соняшнику, можливо, дещо сприяє посиленню іммобілізації азоту у період їх сходів. Підвищується в цих умовах і кількість денітрифікаторів, внаслідок чого зростають газоподібні втрати азоту.

У липні у середині вегетації соняшнику вміст мінерального азоту в орному й підорному шарах ґрунту істотно зменшився, що пояснюється його використанням рослинами соняшнику та міграцією мінеральних сполук азоту у нижні шари ґрунту. Залежно від варіантів досліду 70 % від загальної кількості мінеральних сполук припадало на амонійний азот, за використання нітратів рослинами соняшнику і зростання частки іммобілізованого азоту, у формі NH_4 [31].

Наприкінці вегетації соняшнику вміст мінерального азоту істотно зменшився і не залежав від норми застосування орґанічних і мінеральних добрив. За плодозмінної сівозміни кількість мінерального азоту знизилася на варіанті без застосування добрив на 8,0 мг/кг ґрунту, зернопросапної – 6,9, зернопросапної спеціалізованої – 5,7 мг/кг ґрунту, просапної – на 6,1 мг/кг ґрунту порівняно з початком сходів (табл. 5.5).

У варіанті мінеральної системи удобрення вміст мінерального азоту значно зменшився за плодозмінної сівозміни – 1,3 мг/кг ґрунту, зернопросапної – 3,2 мг/кг ґрунту, зернопросапної спеціалізованої – на 0,1 мг/кг ґрунту і 0,8 мг/кг ґрунту за просапної сівозміни, порівняно з орґанічною, що зумовлено використанням азоту соняшнику, розвитком нітрифікуючих мікроорґанізмів та перебігом мінералізаційних процесів, кількість яких була вищою порівняно з початковим ростом соняшнику, що пов'язано з підвищенням температури повітря і вологи ґрунту.

У своїй праці І. В. Пліско і К. М. Куцова [373], відзначають, що у перший рік застосування добрив іммобілізується 40 % азоту, 20-30 % стає доступним і 20-30 % – втрачається, 10 % використовується сільськогосподарськими культурами у післядії наступного року. Іммобілізований азот орґанічних добрив стає доступним рослинам протягом періоду вегетації як повільно діюче джерело азоту. За даними В. Л. Шикітка та ін. [557], засвоєння азоту гною у

перший рік після внесення обмежується наявністю елемента в амонійній формі, 15-30 % валового азоту. Ємність іммобілізації мінерального азоту не нескінченна, а визначається продуктивною властивістю мікроорганізмів.

Отже, вміст мінерального азоту за вирощування сояшнику в короткоротаційних сівозмінках на період сходів сояшнику та інтенсивного росту виявився достатнім. Наприкінці вегетації сояшнику вміст мінерального азоту знизився, що зумовлено пригніченням нітрифікаційних процесів у чорноземі типовому, характерних для правобережного Лісостепу України. Органо-мінеральна система удобрення мала перевагу за його вмістом у ґрунті порівняно з мінеральною системою. Значно знизився вміст мінерального азоту у ґрунті за просапної і зернопросапної спеціалізованої сівозміни.

Таблиця 5.5

Вміст мінерального азоту в чорноземі типовому на період досягання сояшнику залежно від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах, мг/кг ґрунту за 2013–2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодоз-мінна	зернопро-сапна	зернопро-сапна спеціалізо-вана	просапна
Без добрив	0-25	13,8	16,8	15,4	12,9
	25-50	12,2	13,0	12,4	8,5
Органічна	0-25	20,3	21,5	18,2	17,6
	25-50	15,0	16,2	14,7	14,1
Органо-мінеральна	0-25	18,2	19,4	18,8	18,0
	25-50	14,1	14,2	14,0	13,5
Мінеральна	0-25	19,0	18,3	18,1	16,8
	25-50	13,3	9,3	13,0	13,3
НІР ₀₅	0-25	1,7	2,0	1,6	1,1
	25-50	1,03	1,3	0,93	0,85

Процес амоніфікації дуже поширений у чорноземних ґрунтах. Накопичення амонійного азоту в ґрунті відбувається під час гальмування з тих чи інших причин процесів нітрифікації. Динаміка вмісту амонійного азоту в чорноземах типових менш виразна порівняно з нітратами [328].

Дослідженнями встановлено, що більше мінерального азоту закріплювалося в орному й підорному шарах ґрунту (0-20 см, 20-40 см). Концентрація амонійного азоту в орному шарі була значно вищою – 40 %, тоді як нітратів було зосереджено 29 %. Зі збільшенням глибини кількість іммобілізованого амонійного й нітратного азоту значно знижувалася, у

шарах 40–60 см вона становила відповідно 21 і 15 %, у шарах 60–80 см – 15 і 10 % від загальної кількості фіксованого азоту в різних горизонтах. Нижчий відсотковий вміст нітратного азоту в різних профілях ґрунту свідчить, що нітрати значно інтенсивніше переміщуються у ґрунті, а при надлишковому зволоженні можуть вимиватися в недоступні для рослин шари [302].

Дослідженнями, проведеними на чорноземних ґрунтах, виявлено, що вміст нітратів у ґрунті залежить від вмісту органічної речовини, вологості ґрунту і температури повітря, доз добрив, ланок сівозмін [275, 496, 563].

Накопичення нітратного азоту насамперед визначається запасом гумусу та загального азоту. Вміст нітратного азоту в дерново-підзолистих ґрунтах за оптимального зволоження і температури, як правило, перевищує 15 мг/кг, чорноземах – 35 і на сірих – 20 мг/кг ґрунту [84].

Вміст нітратного азоту ґрунту більшою мірою залежав від системи удобрення, ніж від сівозміни (табл. 5.6).

У плодозмінній сівозміні за мінеральної системи удобрення вміст нітратного азоту становив у орному шарі – 14,7 мг/кг ґрунту, зернопросапної спеціалізованої – 14,4 мг/кг ґрунту, зернопросапної – 13,5 мг/кг ґрунту і просапної сівозміни – 14,0 мг/кг ґрунту, що істотно пов'язано з мінералізаційними процесами у чорноземі типовому та вивільненням нітратного азоту в ґрунті за підвищених норм добрив.

Таблиця 5.6

Вміст нітратного азоту в чорноземі типовому на період сходів соняшнику залежно від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах, мг/кг ґрунту за 2013–2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодоз-мінна	зернопро-сапна	зернопро-сапна спеціалі-зована	просап-на
Без добрив	0-25	8,1	10,7	7,4	8,8
	25-50	6,4	8,4	5,0	6,7
Органічна	0-25	9,3	9,1	8,7	7,5
	25-50	7,5	7,6	7,4	6,4
Органо-мінеральна	0-25	13,92	13,15	13,10	13,08
	25-50	11,44	6,46	9,5	9,4
Мінеральна	0-25	14,7	13,5	14,4	14,0
	25-50	11,9	7,0	10,0	9,9
НІР ₀₅	0-25	1,83	0,92	0,86	0,85
	25-50	1,42	1,04	1,15	1,14

За органо-мінеральної системи удобрення відзначено тенденцію до

зниження вмісту нітратного азоту в чорноземі типовому, кількість якого залежить від перебігу процесів мінералізації органічної речовини, порівняно з мінеральною.

За сумісного внесення органічних і мінеральних добрив зростає нітрифікаційна здатність чорнозему типового і вміст NO_3 порівняно із застосуванням мінеральної системи [271]. За органічної системи удобрення відбулося значне зниження вмісту NO_3 , що пояснюється мінералізацією органічних добрив і вивільненням нітратного азоту у ґрунт. За поєднання мінеральних й органічних добрив більшою мірою зростає нітрифікаційна здатність ґрунту і вміст нітратного азоту в період сходів соняшнику порівняно із застосуванням лише мінеральних добрив.

На період досягання соняшнику вміст нітратного азоту зменшився, що пов'язано із сповільненням нітрифікаційних процесів у чорноземі типовому і використанням нітратного азоту соняшником (табл. 5.7).

У кінці вегетації соняшнику вміст NO_3 зменшився у 2–2,5 раза порівняно з періодом сходів і не залежав від систем удобрення. Найвищий вміст NO_3 виявлено за плодозмінної і зернопросапної сівозмін.

Отже, вміст NO_3 залежить від перебігу нітрифікаційних процесів у чорноземі типовому на період сходів та наприкінці вегетації соняшнику.

Таблиця 5.7

Вміст нітратного азоту в чорноземі типовому на період досягання соняшнику залежно від системи удобрення в короткочасних сівозмінах, мг/кг ґрунту за 2013–2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодозмінна	зернопро-о-сапна	зернопро-сапна спеціалізована	просапна
Без добрив	0-25	4,5	4,6	4,3	4,1
	25-50	4,1	4,2	4,0	3,7
Органічна	0-25	5,2	5,1	4,9	4,7
	25-50	4,4	4,6	4,2	4,0
Органо-мінеральна	0-25	5,6	5,8	5,6	5,0
	25-50	4,5	4,7	4,4	4,4
Мінеральна	0-25	5,8	6,0	5,9	5,2
	25-50	3,8	4,1	3,6	4,0
НІР ₀₅	0-25	0,87	1,02	0,63	0,42
	25-50	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	0,34	0,24

У плодозмінній і зернопросапній сівозміні спостерігали вищий вміст NO_3 порівняно з просапною. Найбільший запас NO_3 формується за органо-мінеральної і мінеральної систем удобрення соняшнику, коли врівноважуються

процеси нітрифікації та іммобілізації азоту.

Процес амоніфікації дуже поширений на чорноземах типових. Накопичення амонійного азоту в ґрунті відбувається під час сповільнення з тих чи інших причин процесів нітрифікації.

Динаміка вмісту амонійного азоту в чорноземах типових менш виразна порівняно з нітратами [328].

Вміст $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ за застосування органічних і мінеральних добрив підвищується, це зумовлено посиленням нітрифікаційних і амоніфікаційних процесів у ґрунті [504], мінералізацією органічних добрив, переходом фіксованого амонію в обмінний стан [601].

Аналіз досліджень показує, що мінеральна система удобрення створює сприятливі умови для накопичення на початку вегетації соняшнику амонійного азоту порівняно з контролем (табл. 5.8). Переваги становлять у 0-25 см шарі за плодозмінної сівозміни – 72,2%, зернопросапної – 23,8%, зернопросапної спеціалізованої – 21,8% і просапної – 76% порівняно з контролем.

Таблиця 5.8

Уміст амонійного азоту в чорноземі типовому на період сходів соняшнику залежно від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах, мг/кг ґрунту за 2013–2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодозмінна	зернопросапна	зернопросапна спеціалізована	просапна
Без добрив	0-25	13,7	13,0	13,7	10,2
	25-50	9,8	9,0	8,5	7,4
Органічна	0-25	18,7	18,1	17,7	16,6
	25-50	13,0	10,9	9,8	10,0
Органо-мінеральна	0-25	14,38	15,6	10,5	12,2
	25-50	11,76	18,0	12,9	12,3
Мінеральна	0-25	23,6	16,1	16,7	18,5
	25-50	14,4	15,2	7,0	13,7
НІР ₀₅	0-25	2,3	4,6	0,88	1,56
	25-50	1,9	1,7	0,93	0,73

Результати досліджень свідчать, що на початку вегетації соняшнику рослини здатні використовувати нітритно-амонійні сполуки, наприкінці – амонійні.

Вміст амонійного азоту на період сходів соняшнику виявився найнижчим у просапній сівозміні порівняно з іншими сівозмінами.

Наявність бобових культур у сівозмінах стимулює більшою мірою продовження нітрифікації та зменшує іммобілізацію азоту ґрунтовою

мікрофлорою за органо-мінеральною і мінеральною системи удобрення соняшнику. В кінці вегетації соняшнику спостерігається зниження вмісту сполук амонійного азоту в орному та в нижчих шарах ґрунту (табл. 5,9). Подібне пов'язано з використанням мінерального азоту соняшником та сповільненням амоніфікаційних процесів у чорноземі. Наприкінці вегетації вміст амонійного азоту не залежав від системи удобрення. Спостерігається істотна різниця вмісту сполук амонійного азоту в орному й підорному шарах ґрунту.

У польових умовах роль аміаку та нітратів у живленні рослин далеко не однакова. У ґрунтах помірної зони серед мінеральних форм азоту зазвичай переважає амонійний [645]. Цінність ґрунтового поглинутого амонію як джерела азоту менша, а наявність значної його кількості в ґрунті ще не означає достатньої забезпеченості рослин цим елементом живлення. Відомо, що на ґрунтах із середнім і великим гранулометричним складом та нейтральною реакцією азоту [504]. Хоча варто зауважити, що порівняно з нітратною менш доступна для рослин, особливо на кислих ґрунтах.

Таблиця 5.9

Уміст амонійного азоту в чорноземі типовому на період досягання соняшнику залежно від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах, мг/кг ґрунту за 2013–2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодоз-мінна	зернопросапна	зернопросапна спеціалізована	просапна
Без добрив	0-25	9,3	12,2	11,1	8,8
	25-50	8,1	8,8	8,4	4,8
Органічна	0-25	15,1	16,4	13,3	12,9
	25-50	10,6	11,6	10,5	10,1
Органо-мінеральна	0-25	12,6	13,6	13,2	13,0
	25-50	9,6	9,5	9,6	9,1
Мінеральна	0-25	13,2	6,4	12,2	11,6
	25-50	9,5	5,2	9,4	9,3
НІР ₀₅	0-25	1,0	0,97	0,99	1,07
	25-50	4,37	1,03	1,05	1,24

Отже, вміст амонійного азоту залежить від системи удобрення та сівозміни. Найзначніше вміст NH_4 підвищився у період сходів соняшнику в плодозмінній і зернопросапній сівозмінах, ніж у зернопросапній спеціалізованій та просапній. В усіх сівозмінах у період сходів і досягання соняшнику забезпеченість орного шару ґрунту сполуками амонійного азоту відзначена вищою порівняно з підорним.

Застосування полищево-безполищового і диференційованого обробітків

грунту значно підвищує вміст нітратного азоту на період сходів у шарі 0–25 см порівняно з мілким обробітком, тоді як на глибині 25–50 см, навпаки, більший його вміст спостерігається за мілкого обробітку (табл. 5.10). Стосовно забезпеченості рослин цією формою азоту, то мілкий безполицевий обробіток не змінює, проте в окремі роки знижує його вміст.

Із застосуванням полицево-безполицевого обробітку ґрунту під соняшник показник нітратного азоту майже не змінюється за достатнього забезпечення вологою порівняно з контролем [559]. Подібне стимулює нітрифікаційні процеси у чорноземі, звідси, вміст нітратного азоту виявляє тенденцію до зростання порівняно з диференційованим обробітком.

Сприятливі умови для накопичення амонійного азоту створюються за полицево-безполицевого обробітку ґрунту, порівняно з контролем. Перевага цього обробітку на період сходів становить 3,5 – 37 %.

За полицево-безполицевого обробітку ґрунту зростає аерація, поліпшується мікробіоценоз ґрунту, посилюється газообмін, пришвидшується мінералізація органічного азоту та вивільнення сполук мінерального азоту чорнозему типового.

Таблиця 5.10

**Вміст нітратного і амонійного азоту в агроценозі соняшнику
плодозмінної сівозміни залежно від обробітку ґрунту, мг/кг ґрунту
за 2013–2016 рр.**

Система обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	N – NO ₃		N – NH ₄	
		сходи	достигання	сходи	достигання
Диференційований (st)	0-25	14,4	6,2	17,1	15,4
	25-50	7,2	5,0	12,3	11,9
Полицево-безполицевий	0-25	17,8	6,6	17,7	13,8
	25-50	7,7	5,2	16,9	10,5
Мілкий безполицевий	0-25	10,0	6,1	16,2	14,5
	25-50	8,4	5,2	13,6	10,4
НІР ₀₅	0-25	1,3	0,7	1,4	0,9
	25-50	0,6	0,4	1,1	0,7

Отже, застосування полицево-безполицевого обробітку забезпечує зростання вмісту N-NO₃ і N-NH₄ в орному і підорному шарах ґрунту.

Мілкий безполицевий обробіток зумовлює зменшення вмісту сполук нітратного і амонійного азоту порівняно з диференційованим.

5.2 Формування фосфорного режиму

Фосфор – один з найважливіших біогенних елементів, необхідних для життєдіяльності всіх організмів. Присутній в живих клітинах у вигляді орто- і

пірофосфорних кислот та їх похідних, а також входить до складу нуклеотидів, фосфорних кислот, фосфопротеїдів, фосфоліпідів, фосфорних ефірів вуглеводів, багатьох коферментів та інших органічних сполук. Завдяки особливостям хімічної будови атоми фосфору, подібно атомам сірки, здатні створювати багаті на енергію зв'язки у макроенергетичних сполуках – аденозинтрифосфорній кислоті (АТФ), креатинофосфаті та інших [92]. У процесі біологічної еволюції фосфорні сполуки стали головними, універсальними зберігачами генетичної інформації та переносниками енергії в усіх живих системах. Як зазначає К. Е. Гинзбург, основна і незамінна роль фосфору полягає в його участі в процесах, від яких залежать головні життєві функції рослин, тварин і людини – фотосинтез, метаболізм і розмноження.

За систематичного внесення високих норм фосфорних добрив під сільськогосподарські культури у сівозміні у ґрунті зростає кількість доступних сполук фосфатів, що забезпечує максимальний приріст урожаю культур [129, 237].

Особливе місце серед ґрунтових факторів, які впливають на ефективність добрив, відводиться вмісту рухомого фосфору у зв'язку з його малою динамічністю та здатністю до накопичення при внесенні добрив.

Поряд із мінеральними добривами на збільшення фосфатного фонду чорноземних ґрунтів значною мірою впливають органічні добрива, що на думку О. Д. Черно, О. Ю. Стасіневич [544], помітніше підвищує рівень рухомого фосфору в ґрунті. Оптимальний фосфатний режим чорноземних ґрунтів формується за застосування орґано-мінеральної системи удобрення [165, 182].

Дослідженнями встановлено, що наприкінці другої ротації у варіанті без застосування добрив спостерігається тенденція до зниження вмісту рухомих фосфатів у 0–25 см і 25–50 см шарах ґрунту (табл. 5.11).

Подібне пояснюється використанням культурами сівозміни рухомого фосфору і меншим поповненням ґрунту як за мінералізації кореневих залишків, так і за рахунок ґрунтових запасів. Якщо певна частина ґрунтового фосфору використовується культурами, така ж сама частина поповнюється із ґрунтового розчину [341].

Орґанічна система удобрення зумовлювала неістотне підвищення вмісту рухомого фосфору в орному й підорному шарах у сівозмінах порівняно з неудобреним варіантом. Найвищий рівень рухомого фосфору забезпечує орґано-мінеральна система удобрення. Так, у кінці другої ротації в орному шарі ґрунту вміст рухомого фосфору за плодозміної сівозміни зріс на 15,6 мг/кг, зернопросапної – на 17,7 мг/кг, зернопросапної спеціалізованої – на 17 мг/кг і за просапної – на 15,8 мг/кг ґрунту порівняно з контролем.

За використання мінеральної системи удобрення спостерігається істотне зростання вмісту рухомого фосфору в орному шарі ґрунту: в плодозмінній сівозміні – на 25,9 мг/кг ґрунту, зернопросапній – 15,1, зернопросапній спеціалізованій і просапній відповідно – на 17,8 та 17,5 мг/кг ґрунту, або 46,8,

38,2, 38,0 то 37,0 мг/кг ґрунту, і в підорному шарі 12,1, 8,4, 13,8 та 12,6 мг/кг ґрунту відповідно порівняно з неудобреним фоном. Подібне залежало від виносу фосфатів сільськогосподарськими культурами і нормами внесення добрив. За зростання норм внесення добрив підвищується вміст фосфору в орному і в підорному горизонтах ґрунту.

Таблиця 5.11

Уміст рухомого фосфору в короткоротаційних сівозмінах залежно від системи удобрення, мг/кг ґрунту

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна							
		плодозмінна		зернопросапна		зернопросапна спеціалізована		просапна	
		I	II	I	II	I	II	I	II
Без добрив	0-25	21,4	20,9	21,7	23,1	21,8	20,2	21,0	19,5
	25-50	17,9	17,6	18,2	17,7	17,7	17,1	17,2	16,9
Органічна	0-25	23,0	27,5	21,6	27,0	22,2	25,2	21,1	20,0
	25-50	19,4	17,6	19,4	18,9	18,5	18,3	17,6	21,2
Органо-мінеральна	0-25	22,8	36,5	26,0	40,8	23,2	37,2	25,3	35,3
	25-50	16,0	20,5	19,7	29,3	17,5	21,4	18,5	22,8
Мінеральна	0-25	21,7	46,8	22,1	38,2	21,9	38,0	24,6	37,0
	25-50	18,6	33,0	17,2	31,5	19,0	34,0	23,4	32,1
НІР ₀₅	0-25	F _φ <F ₀₅	5,34	F _φ <F ₀₅	4,08	F _φ <F ₀₅	4,23	2,45	3,7
	25-50	F _φ <F ₀₅	4,39	F _φ <F ₀₅	2,9	F _φ <F ₀₅	2,88	3,02	3,8

Примітка: I – початок першої ротації – 2013 р; II кінець другої ротації – 2021 р.

Отже, застосування мінеральної і органо-мінеральної систем удобрення у сівозмінах сприяє більшому використанню рухомого фосфору сільськогосподарськими культурами короткоротаційних сівозмінів і формуванню у чорноземі високого вмісту фосфатів. Підвищений вміст рухомого фосфору відзначено у плодозмінній і зернопросапній сівозмінах. За просапної сівозміни віжбувалося зниження вмісту рухомого фосфору у чорноземі типовому.

Вміст валового фосфору в ґрунті хоча й визначається важливим показником загального його запасу, проте не дозволяє зробити висновок про забезпеченість рослин згаданим елементом. Для цього необхідно знати вміст мінеральних форм фосфатів. Рухомі фосфати, представлені не лише формами, що здатні безпосередньо засвоювати рослини, але й тими, які порівняно швидко переходять у ґрунтовий розчин і становлять резерв поповнення джерел фосфору для живлення рослин, що найбільш цінно. До них належать форми ґрунтових фосфатів, які беруть участь у процесах переходу фосфору з твердих фаз у розчин, і в зворотному напрямку. Рухомість або здатність твердої фази ґрунту віддати у ґрунтовий розчин іони фосфору характеризується як фосфатний потенціал [339, 579].

За використання фосфорних добрив відразу ж збільшується їх ґрунтовий фонд і підвищується вміст розчинних фосфатів та концентрація фосфору в ґрунтовому розчині. Це зростання не підтримується упродовж тривалого періоду, внесений фосфор переходить у стійкі малорухомі сполуки [92].

Дослідженнями встановлено, що за органічної системи удобрення в плодозмінній сівозміні під соняшник кількість рухомих фосфатів не змінилася на час сходів порівняно з варіантом без застосування добрив, що спричинило повільну мінералізацію органічних добрив і надходження фосфору в ґрунт (табл. 5.12).

За спільного застосування органічних і мінеральних добрив вміст фосфору за плодозмінної сівозміни на час сходів соняшнику в орному шарі ґрунту суттєво зростав до 44,9 мг/кг ґрунту, що на 73 % більше, ніж на варіанті без добрив. Така закономірність виявлена за мінеральної системи удобрення. Рівень рухомого фосфору знаходився на рівні – 42,5 мг/кг ґрунту за плодозмінної сівозміни, що становило в орному шарі 43,5 мг/кг ґрунту, зернопросапної сівозміни – 42,0, зернопросапної спеціалізованої – 41,2, просапної – 37,0 мг/кг ґрунту.

За просапної сівозміни вміст рухомого фосфору за мінеральної системи удобрення в орному шарі відзначено на 6,5 мг/кг ґрунту нижчим порівняно з показником у плодозмінній сівозміні. Подібне зумовлено використанням фосфору рослинами як упродовж вегетації соняшнику, так і вологістю ґрунту та його мікробіологічною активністю.

Таблиця 5.12

Уміст рухомого фосфору в чорноземі типовому на період сходів соняшнику залежно від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах, мг/кг ґрунту за 2013–2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодозмін на	зернопро-о-сапна	зернопро-сапна спеціалізована	просапна
Без добрив	0-25	25,9	26,1	25,8	21,2
	25-50	14,1	15,4	17,0	14,3
Органічна	0-25	25,3	25,0	25,4	24,2
	25-50	13,8	13,6	12,7	12,1
Органо-мінеральна	0-25	44,9	44,7	43,5	42,3
	25-50	30,8	30,1	30,6	28,4
Мінеральна	0-25	43,5	42,0	43,2	37,0
	25-50	36,3	28,9	30,0	29,4
НР ₀₅	0-25	3,3	3,2	3,5	3,4
	25-50	2,7	3,4	2,1	2,3

На період сходів соняшнику спостерігався найвищий вміст рухомих фосфатів у 0–25 см і 25–50 см у плодозмінній сівозміні, за мінеральної системи удобрення 43,5 і 36,3 мг/кг ґрунту, що на 17,6 і 22,2 мг/кг ґрунту більше від варіанта без добрив.

Дослідження свідчать, що за застосування органічних добрив спільно з мінеральними суттєво зростала кількість рухомих фосфатів [338]. Це залежить від біохімічних, мікробіологічних процесів за мінералізації органічних речовин [164].

У кінці вегетації соняшнику на рівень рухомого фосфору впливає використання його рослинами (табл. 5-13). На період досягання культури за просапної сівозміни вміст рухомого фосфору за органічної системи удобрення зменшився на 7,4 мг/кг ґрунту порівняно з орґано-мінеральною системою.

У сівозміні плодозмінній, зернопросапній як за мінерального, так і орґано-мінерального фону добрив вміст фосфору не знизився, зважаючи на менше використання останнього рослинами. У варіантах мінеральної та орґано-мінеральної систем удобрення спостерігається тенденція до підвищення рухомості фосфатів по всіх сівозмінах.

У просапній сівозміні відзначено істотне зниження вмісту рухомого фосфору в орному й підорному шарах ґрунту порівняно з іншими сівозмінами.

Таблиця 5.13

Вміст рухомого фосфору в чорноземі типовому на період досягання соняшнику залежно від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах, мг/кг, ґрунту за 2013–2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодозмінна	зернопросапна	зернопросапна спеціалізована	просапна
Без добрив	0-25	16,9	13,0	13,9	16,4
	25-50	12,1	13,4	12,0	11,2
Орґанічна	0-25	21,7	21,2	21,0	18,8
	25-50	14,0	15,0	14,2	13,3
Орґанічно-мінеральна	0-25	28,9	29,6	27,6	26,2
	25-50	20,4	21,0	20,0	19,0
Мінеральна	0-25	32,6	31,4	28,6	27,4
	25-50	24,8	24,2	23,1	19,4
НР ₀₅	0-25	5,4	3,9	4,0	4,9
	25-50	2,5	2,7	3,2	2,6

Подібне зумовлено використанням фосфору соняшником, на який у просапній сівозміні припадає 40% сівозмінної площі, а також зниженням

мікробіологічної активності чорнозему та його нітрифікаційної здатності, внаслідок чого фосфати меншою мірою переходять у рухомий стан.

За визначенням Б. С. Носко [341], якщо вбирання фосфору із внесених фосфатів добрив на всіх фонах вирівнюється на 130–150-й день, то різниця в їхній рихомості зберігається до кінця періоду. При досягненні певного рівня насиченості фосфором ґрунт набуває здатності швидко відновлювати рівновагу розчинних фосфатів у ґрунтового розчині, тобто характеризується більшими можливостями до забезпечення потреб рослин у фосфатному живленні.

Забезпечення агроценозу соняшнику рухомим фосфором значною мірою пов'язане із сезонною динамікою цього біогенного елемента [627], що залежить від вологості та температури [513].

У дослідженнях на різних типах ґрунтів для зростання рівня рухомого фосфору на 7 мг/кг ґрунту витрати фосфорних добрив збільшувалися від 34 до 123 кг/га [337]. На чорноземних ґрунтах для забезпечення зростання вмісту рухомих фосфатів на 1 мг/кг ґрунту С. М. Крамарьов [218], рекомендував вносити фосфорні добрива в нормах 40–60 кг, що перевищувало винесення цього елемента й значною мірою залежало від типу ґрунту і рівня забезпечення його фосфором.

Різні способи обробітку ґрунту та їх інтенсивність поряд із гідротермічними умовами неоднаково впливають на процеси утворення, накопичення і розподілу поживних речовин у ґрунті. Інтенсивне розпушування ґрунту сприяє посиленню активності мікроорганізмів і мобілізації головних елементів родючості. Насамперед посилюються мінералізаційні процеси та дегуміфікація орного шару. При зменшенні інтенсивності обробітку ґрунту, одночасно з енергоресурсозабезпеченням, досягається підвищення його стійкості до ерозії, поліпшуються водно-фізичні властивості, уповільнюються темпи мінералізації органічних речовин, скорочуються втрати мінерального азоту.

Спостереження за рухомими фосфатами велися на плодозмінній сівозміні залежно від обробітку ґрунту (табл. 5.14).

У системах обробітку ґрунту в плодозмінній сівозміні безполицеві варіанти забезпечували найефективніше накопичення рухомого фосфору в 0–25 см шарі ґрунту. Із застосуванням полицево-безполицевого обробітку істотного зниження вмісту рухомих фосфатів за вирощування соняшнику не відбулося порівняно з диференційованим обробітком в орному шарі на період сходів культури.

Значною виявилася різниця за варіантами обробітку ґрунту в 25–50 см шарі ґрунту за $НР_{оз} = 2,6$. Істотне зростання за вмістом рухомого фосфору зафіксовано на мілкому обробітку ґрунту порівняно з контролем.

На період досягання соняшнику вміст рухомого фосфору зменшився на всіх варіантах дослідів. Рівень рухомого фосфору залежав від використання його рослинами соняшнику.

Чергування в сівозміні плоскорізного і полицевого обробітків (комбінований) значно сприяє рівномірнішому розподілу вмісту рухомого

фосфору, який вноситься з добривами, у шарі 0–40 см [341, 491].

Таблиця 5.14

Вміст рухомого фосфору в агроценозі соняшнику плодозмінної сівозміни залежно від обробітку ґрунту, мг/кг ґрунту за 2013–2016 рр.

Система обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Сходи	Достигання
Диференційований (контр.)	0-25	31,4	24,8
	25-50	20,5	14,6
Полицево-безполицевий	0-25	32,5	25,3
	25-50	22,2	15,0
Мілкий безполицевий	0-25	33,6	26,1
	25-50	24,2	15,8
НІР ₀₅	0-25	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
	25-50	2,6	$F_{\phi} < F_{05}$

На чорноземі типовому після чотирьох ротацій сівозміни встановлено головні закономірності впливу різних елементів системи землеробства на транслокацію рухомого фосфору. Найістотніше на поліпшення фосфатного режиму впливали мінеральні й органічні добрива. Безполицевий обробіток ґрунту забезпечував закріплення рухомого фосфору у верхніх шарах ґрунту, за полицевого обробітку відзначено достовірне його депонування в підорному шарі [341].

Загальною тенденцією еволюції властивостей ґрунтів після багаторічного впровадження ґрунтозберігаючої технології обробітку ґрунту Mini-till стало збільшення вмісту рухомого фосфору щодо традиційного обробітку на 103 мг/кг (шар 0–25 см) та 55 мг/кг ґрунту (шар 25–50 см) [320].

Отже, істотних змін за вмістом рухомого фосфору в орному й підорному шарах ґрунту впродовж вегетації за обробітками ґрунту не виявлено. Встановлена лише тенденція до зростання вмісту рухомого фосфору в 0–25 см і 25–50 см шарах ґрунту за мілкого безполицевого обробітку порівняно з диференційованим.

Серед мінеральних форм фосфору у ґрунтах завжди існують сполуки з різними ступенями рухомості, з яких найбільшою доступністю для живлення рослин відзначаються вторинні мінеральні фосфати. Вони і слугують головним джерелом фосфору для живлення рослин. Засвоєння рослинами фосфору залежить від багатьох умов, у тому числі від співвідношення з іншими елементами у ґрунті, а також і від самих рослин, які характеризуються неоднаковою здатністю до поглинання фосфору [82, 339].

Варто зауважити, що всі фактори, які активізують мінералізацію органічної речовини, можуть сприяти вивільненню фосфору з органічних сполук і надходженню його у ґрунтовий розчин, частина якого може бути використана рослинами, тоді як інша включена у фізико-хімічні процеси.

Таблиця 5.15

Міграція рухомого фосфору чорнозему типового залежно від систем удобрення у короткоротаційних сівозмінах, мг/кг (2012-2021 рр.)

Система удобрення	Період вдбо- ру зразків	Плодозмінна						Зернопрасапна						Зернопрасапна спеціалізована						Просапна					
		0-30		30-50		50-70		70-100		0-30		30-50		50-70		70-100		0-30		30-50		50-70		70-100	
		Вміст P ₂ O ₅ , мг/кг ґрунту у шарах																							
Без добрив	2012	26,4	23,8	13,4	12,0	8,9	25,4	31,2	26,3	19,9	12,2	26,9	24,1	17,9	11,3	23,1	20,2	19,8	13,6						
	2021	19,8	17,6	12,2	8,9	25,4	22,1	17,8	10,1	15,3	28,3	25,0	19,1	11,7	25,2	16,5	16,0	10,0							
Органічна	2012	27,4	20,3	13,8	14,2	30,3	24,2	17,1	15,3	28,3	25,0	19,1	11,7	25,2	22,3	20,3	16,5								
	2021	32,1	22,1	16,3	15,0	47,5	35,3	23,8	18,5	50,0	29,6	17,0	13,0	31,3	26,0	22,1	20,4								
Органо- мінераль- на	2012	26,4	19,9	16,5	15,3	30,4	23,8	17,7	13,3	30,0	25,7	19,8	14,3	26,9	23,4	19,8	18,7								
	2021	39,4	22,4	19,8	17,5	48,5	37,5	24,3	18,8	51,7	31,9	17,6	13,2	33,2	26,5	22,6	21,0								
Мінераль- на	2012	27,5	20,2	12,3	11,6	26,8	22,2	20,1	17,7	26,7	22,2	19,9	13,2	26,8	26,1	21,5	12,9								
	2021	46,2	26,5	22,2	13,1	51,8	39,7	23,0	21,1	50,1	27,5	22,1	15,4	29,0	40,9	22,0	18,6								
НПР ₀₅	2012	4,2	F _φ <F ₀ 5	2,5	1,3	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	3,8	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅								
	2021	F _φ <F ₀ 5	2,7	3,9	3,8	4,4	4,1	4,15	3,87	3,2	5,0	F _φ <F ₀₅	4,0	3,1	5,1	3,2	2,8								

Примітка. 2012 – рік початок першої ротації; 2021 рік – кінець першої ротації.

За низького вмісту в ґрунті фосфору складно одержати високі врожаї. Внаслідок порушень фізіологічних процесів не можна досягти належної ефективності від азотних та калійних добрив. Тому важливим завданням стає оптимізація фосфатного живлення рослин, створення й підтримання в ґрунтовому розчині оптимальної концентрації фосфат-іонів, що визнано головним чинником підвищення ефективності родючості ґрунтів і однією з найважливіших умов отримання високих і стабільних врожаїв [195].

У сівозмiнах за застосування систем удобрення спостерiгалася мiграцiя фосфору в нижнi шари (табл. 5.15).

iз застосуванням мiнеральноi системи удобрення кiлькiсть рухомого фосфору за двi ротацiї сiвозмiни збiльшилася у шарi 0–30 см на 18,7 мг/кг за плодозмiнної сiвозмiни, зернопросапнiй i спецiалiзованоi – на 25,0 i 23,4 мг/кг ґрунту, тодi як у просапнiй – лише на 2,2 мг/кг ґрунту.

У шарi 30–50 см вiдбулося iстотне зростання вiмiсту фосфору у зернопросапнiй сiвозмiнi на 17,5 мг/кг ґрунту i на 14,8 мг/кг ґрунту за просапнiй сiвозмiни, у iнших – лише тенденцiя до зростання. У шарi 50–70 см спостерiгали iстотне збiльшення за плодозмiнної сiвозмiни на 9,9 мг/кг ґрунту фосфору, в iнших сiвозмiнах зростання знизилося: у зернопросапнiй 2,9 мг/кг ґрунту,

у просапнiй – на 0,5 мг/кг ґрунту, в шарi 70–100 см у зернопросапнiй сiвозмiнi – на 3,4 мг/кг ґрунту, у плодозмiннiй – на 1,5 мг/кг ґрунту.

Це пояснюється тим, що органiчні фосфати виявляють бiльшу здатнiсть мiгрувати порiвняно з мiнеральними сполуками фосфору. У просапнiй сiвозмiнi в шарi 70–100 см вiдзначено суттєве зростання фосфору на 5,7 мг/кг ґрунту.

Застосування органo-мiнеральноi системи удобрення в шарi 0–30 см пiдвищувало вiмiст рухомих фосфатiв у сiвозмiнi зернопросапнiй спецiалiзованоi – на 23,1 мг/кг ґрунту, у просапнiй – на 13,4 мг/кг ґрунту, у плодозмiннiй – на 17,6 мг/кг ґрунту порiвняно з варiантом без застосування добрив. Максимальна кiлькiсть фосфору за органo-мiнеральноi системи удобрення простежувалася на глибинi 50–70 см, де запаси цього елемента становили 24,3 мг/кг ґрунту у просапнiй сiвозмiнi. Систематичне застосування органiчних i мiнеральних добрив сприяє збiльшенню вiмiсту фосфору у нижнiх шарах ґрунту.

Отже, застосування органo-мiнеральноi та мiнеральноi систем удобрення пiдвищує забезпеченiсть ґрунту рухомим фосфором. За розробки коротко-ротацiйних сiвозмiн i удобрення соняшнику необхідно враховувати динамiку змiни вiмiсту фосфору у ґрунті впродовж перiоду ротацiї.

5.3 Калiйний режим

Калiй є одним iз важливих елементiв в життєдiяльностi рослин, адже впливає на створення цитоплазматичних структур, посилює ферментативну дiяльнiсть, сприяє синтезу простих та високомолекулярних вуглеводiв [180].

Вiмiст рухомого калiю у ґрунті залежить вiд ряду факторiв, серед яких

найважливіми вирізняються норма внесення добрив, фізико-хімічні особливості ґрунту, інтенсивність балансу калію в системі добриво – ґрунт – рослина [492].

Запаси доступного рослинам калію обмежені на всіх типах ґрунтів. Причиною погіршення забезпеченості сільськогосподарських культур калієм може бути не лише абсолютне зниження його кількості, а й послаблення здатності ґрунту підтримувати свій вихідний стан [477].

Тривале застосування різних систем і норм добрив у сівозміні сприяє концентрації рухомих форм калію в орному і підорному шарах. Найбільше обмінного калію нагромаджується у шарі 0-20 см, що зумовлено підвищеним вмістом органічної речовини і високим її якісним складом, створенням умов для біологічної акумуляції, високою ємністю вбирання чорнозему [295].

Вміст обмінного калію залежить як від внесення добрив, так і від його вмісту в ґрунтово-поглинальному комплексі. У зоні достатнього зволоження Лісостепу України його вміст залежить і від мінеральних, і від органо-мінеральних добрив, виявляє незначне збільшення та знаходиться на рівні середнього забезпечення. Обмінний калій значно переміщується в підорному шарі ґрунту порівнянно з рухомих фосфором [179, 353, 629].

У ряді, коли короткотривале і довготривале застосування мінеральних добрив у невисоких нормах слабо впливає на калійний режим ґрунту [494, 615], то за збільшення норми добрив від 60 до 120 кг/га вміст обмінного калію підвищується від 9,0 мг до 10,8 мг на 100 г ґрунту [491].

На перерозподіл елементів живлення і мінералізацію органічної речовини вказує також система обробітку ґрунту [521, 620]. Дослідження показали, що вміст обмінного калію в агроценозі соняшнику залежав від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах (табл. 5.16).

За органо-мінеральної системи удобрення у плодозмінній сівозміні кількість обмінного калію на період сходів соняшнику досягала в орному шарі 205 мг/кг ґрунту, що забезпечило ефективне використання калію культурою. За внесення 8 тонн гною $+N_{68}P_{72}K_{82}$ на 1 га сівозмінної площі у плодозмінній сівозміні відзначали найбільший вміст обмінного калію – 209,0 мг/кг ґрунту в орному шарі і 138,0 мг/кг ґрунту в підорному шарі. Із збільшенням норми застосування мінеральних і органічних добрив спостерігається переміщення калію у нижні горизонти ґрунту, що зумовлено системою удобрення, чергуванням культур та особливістю обробітку ґрунту.

Органічна система удобрення призводила до істотного зниження вмісту обмінного калію в орному й підорному шарах ґрунту порівняно з мінеральною системою. Просапна й зернопросапна спеціалізована сівозміна призводили до зменшення вмісту обмінного калію в ґрунті порівняно з плодозмінною сівозмінною.

На неудобрених варіантах вміст обмінного калію суттєво знизився. Подібне пов'язано з особливістю ґрунтово-вбирного комплексу чорноземів типових.

Таблиця 5.16

Вміст обмінного калію в чорноземі типовому на період сходів сояшнику залежно від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах, мг/кг ґрунту за 2013–2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодоз-мінна	зернопросапна	зернопросапна спеціалізована	просапна
Без добрив	0-25	121,0	111,5	107,4	108,3
	25-50	94,0	89,0	93,4	95,2
Органічна	0-25	135,0	133,0	127,0	120,0
	25-50	96,0	98,0	90,0	85,0
Органо-мінеральна	0-25	205,0	208	182	177,0
	25-50	104,0	101,0	92,0	90,0
Мінеральна	0-25	209,0	210,0	208,0	156,7
	25-50	138,0	147,0	140,0	106,0
НІР ₀₅	0-25	14,4	8,9	8,1	7,8
	25-50	9,0	6,1	4,7	6,9

Наприкінці вегетації сояшнику вміст обмінного калію зменшився в орному та підорному шарах чорнозему типового, що пояснюється використанням калію, а також переходом його в необмінний фіксований стан, що не залежало від сівозмін (табл. 5.17).

Таблиця 5.17

Вміст обмінного калію в чорноземі типовому на період досягання сояшнику залежно від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах, мг/кг ґрунту за 2013–2016 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Сівозміна			
		плодоз-мінна	зернопросапна	зернопросапна спеціалізована	просапна
Без добрив	0-25	109,0	111,4	107,0	108,0
	25-50	89,0	89,0	90,0	95,0
Органічна	0-25	117,0	114,0	111,0	108,0
	25-50	78,0	80,0	79,0	75,0
Органо-мінеральна	0-25	129,0	131,0	125,0	120,0
	25-50	90,0	87,0	84,0	80,0
Мінеральна	0-25	150,0	205,0	139,0	157,0
	25-50	147,0	199,0	105,0	106,0
НІР ₀₅	0-25	13,0	14,0	5,4	5,6
	25-50	5,6	8,0	4,9	4,5

Розподіл обмінного калію в коренеобжитому шарі ґрунту показав, що суттєве збільшення його вмісту відзначено в шарі 0–25 см. У нижніх шарах спостережали суттєве зниження вмісту обмінного калію.

За застосування орґано-мінеральної системи удобрення вміст обмінного калію на період досягання соняшнику значно знизився порівняно з мінеральною системою. Подібне пов'язано з особливістю мінералізації орґанічної речовини, зменшення фіксації калію ґрунту, а також вивільненням необмінного калію в рухомі обмінні сполуки [577].

Орґанічна система удобрення не забезпечила оптимальний для вирощування соняшнику вміст обмінного калію в ґрунті. Рівень останнього в орному та підорному шарах поступово зменшувався.

У фазу досягання соняшнику вміст обмінного калію знижувався порівняно з періодом сходів за рахунок використання такого рослинами на 11–39 %.

Це зумовлено використанням калію, а також переходом його в необмінний фіксований стан.

За внесення одинарних доз мінеральних добрив за мінеральної й орґано-мінеральної систем удобрення виявлено зниження частки легкорозчинних форм калію щодо рухомих.

Для пояснення, калій у складі мінеральних добрив міститься в легкорозчинній формі і засвоюється рослинами відразу ж, що у свою чергу підвищує врожайність сільськогосподарських культур та винесення ними калію. Проте цієї дози недостатньо для підвищення вмісту легкорозчинної форми калію в ґрунті. Калій, що міститься у гною, перебуває у складі орґанічних речовин, які складно переходять у ґрунтовий розчин, тому рослини в таких умовах використовують інші форми калійних сполук чорнозему [331].

Вміст обмінного калію упродовж вегетації соняшнику виявився наступним (табл. 5.18).

Таблиця 5.18

Вміст обмінного калію в агроценозі соняшнику плодозмінної сівозміни залежно від обробітку ґрунту, мг/кг ґрунту за 2013–2016 рр.

Система обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Сходи	Досягання
Диференційований (контр.)	0-25	146,0	114,0
	25-50	108,8	84,0
Полицево-безполицевий	0-25	160,0	137,0
	25-50	120	104,0
Мілкий безполицевий	0-25	122,0	103,0
	25-50	100,0	85,0
НІР ₀₅	0-25	10,9	11,7
	25-50	13,1	11,5

Варіанти обробітку ґрунту за вирощування соняшнику забезпечили до достовірні різниці за вмістом обмінного калію.

Із застосуванням диференційованого обробітку ґрунту в плодозмінній сівозміні вміст обмінного калію відзначено вищим у період сходів соняшнику в орному шарі на 24 мг/кг ґрунту, підорному – на 8,8 мг/кг ґрунту порівняно з мілким безполицевим, що зумовлено аерацією ґрунту. Розподіл обмінного калію показав, що суттєве збільшення вмісту останнього відбулося у шарі 0–25 см. У нижніх шарах зафіксовано суттєве зниження вмісту обмінного калію.

Наприкінці вегетації соняшнику у варіанті з полицево-безполицевим обробітком ґрунту обмінного калію виявилось більше на 23 мг/кг ґрунту, ніж за диференційованого обробітку ґрунту. Низка дослідників вважають, що за безполицевих обробітків ґрунту підвищується його вміст у шарі ґрунту 0–20 см на 1,7–6,2 % порівняно із класичним обробітком [85], інші переконані, що за полицевого обробітку [520]. При цьому варто зважати на особливість чорнозему типового, фізико-хімічні, мікробіологічні процеси і рівень зволоження ґрунту, здатність калію добрив переходити як у рухомий, так і в необмінний стан.

Наприкінці вегетації соняшнику вміст обмінного калію зменшився в орному й підорному шарах ґрунту порівняно з періодом сходів, що зумовлено використанням калію рослинами.

Отже, сприятливі умови для накопичення обмінного калію в орному й підорному шарах ґрунту створюються за полицево-безполицевого обробітку.

Часткова міграція калію в нижні шари ґрунту з добривами за довготривалого систематичного їх застосування у сівозміні пов'язана із насиченістю цих ґрунтів двовалентними основами, які перешкоджають потраплянню калію добрив у ґрунтово-вбирний комплекс, а також з нестійким зволоженням ґрунту – глибоким промочуванням і пересиханням [162, 379].

Вивчення обмінного калію свідчить, що орґано-мінеральна система удобрення за вмістом калію істотно не впливала на його накопичення (табл. 5.19).

Вміст обмінного калію за орґанічної системи удобрення істотно знижувався в шарі 0-30 см на 16,9 %, у 30–50 см – на 14,4 %, у шарі 70–100 см – на 8,9 %, тоді як у шарі 50–70 см перевищував на 2,6 % порівняно з мінеральною.

У сівозмінах на чорноземах типових міграція калію у нижчих шарах ґрунту зумовлена диференційованим обробітком ґрунту, системою удобрення і використанням калію культурами. У середньому за плодозмінної сівозміні вміст обмінного калію зріс на 7 мг/кг ґрунту в шарі 0–30 см, у шарі 30–50 см – на 13 мг/кг ґрунту, порівняно з просапною сівозміною. У шарі 50–70 см за зернопросапної сівозміні вміст обмінного калію відзначено найвищим 83 мг/кг ґрунту, порівняно з іншими сівозмінами.

Внесення 8 тонн гною і 3,5 тонн маси післяжнивних сидератів, нетоварної частини врожаю і мінеральних добрив ($N_{27}P_{38}K_{45}$) на 1 га сівозмінної площі за

міграцією калію у ґрунті найбільшою мірою проявляється у зернопросапної спеціалізованої і просапної сівозмiнах, де в шарі 50-70 см вміст обмінного калію підвищився на 24 і 14 мг/кг ґрунту відповідно порівняно з мінеральною системою удобрення.

Таблиця 5.19

Міграція обмінного калію чорнозему типового під впливом застосування добрив в короткоротаційних сівозмiнах, за 2012–2021 рр.

Сівозмiна, А	Система удобрення, В	Вміст К ₂ О, мг/кг ґрунту в шарах				
		0-30	30-50	50-70	70-100	
1	2	3	4	5	6	
Плодозмінна	Без добрив	118	105	75	56	
	Органічна	120	106	79	60	
	Органо-мінеральна	140	108	83	64	
	Мінеральна	149	138	84	72	
Зернопросапна	Без добрив	115	102	85	54	
	Органічна	117	103	86	57	
	Органо-мінеральна	128	105	87	62	
	Мінеральна	141	116	73	65	
Зернопросапна спеціалізована	Без добрив	112	94	55	54	
	Органічна	116	98	65	55	
	Органо-мінеральна	133	110	96	57	
	Мінеральна	135	113	72	68	
Просапна	Без добрив	118	95	80	73	
	Органічна	119	98	84	70	
	Органо-мінеральна	120	103	87	70	
	Мінеральна	144	106	73	63	
Середнє сівозмiнами за	Без добрив	132	114	80	63	
	Органічна	125	106	83	59	
	Органо-мінеральна	124	104	72	58	
	Мінеральна	125	101	81	69	
Середнє системами удобрення за	Без добрив	116	99	74	59	
	Органічна	118	101	78	61	
	Органо-мінеральна	130	106	88	63	
	Мінеральна	142	118	76	67	
НІР ₀₅ А		F _ф <F ₀₅	5,0	2,8	5,6	
НІР ₀₅ В			14,5	4,4	4,0	3,3

Отже, міграція обмінного калію на чорноземах типових залежала від системи удобрення культур сівозмiни. Найвищий вміст обмінного калію встановлено у плодозмінній сівозмiні за мінеральною системою удобрення.

5.4 Баланс елементів живлення рослин у ґрунті

Науковою основою розширеного відтворення ефективної родючості

ґрунтів слугує забезпечення додатного балансу елементів живлення.

Розрахунок балансу поживних речовин у ґрунті розглядається як інструмент моніторингу стану його родючості [495]. В умовах виробництва доцільно домагатися позитивного балансу елементів живлення, що сприяє не лише підвищенню продуктивності культур, а й своєю чергою позитивно впливає на екологічну стійкість агроценозів.

У сучасному аграрному виробництві України склався від'ємний баланс основних елементів живлення. Щорічний їхній дефіцит перевищує 100 кг/га, що зумовлює виснаження ґрунту та погіршення його агроекологічних характеристик [16, 457].

Для нарощування обсягів виробництва сільськогосподарської продукції, поліпшення якості останньої, підвищення родючості ґрунту необхідно домагатися як зростання обсягів надходження елементів живлення в ґрунт, так і створення оптимальних умов для засвоєння їх сільськогосподарськими культурами.

Оцінка балансу елементів живлення в сівозміні виступає важливою характеристикою ефективності використання мінеральних і органічних добрив у сільськогосподарському виробництві. Показники балансу відображають способи надходження, перетворення і втрат поживних речовин, органічних і мінеральних добрив, частку елементів живлення, які продуктивно використовуються рослинами з ґрунту, а також із добрив.

Вважається, що якщо втрати не будуть компенсуватися добривами, меліоративними джерелами надходження, тоді й баланс елементів буде від'ємним, ґрунт виснажуватиметься, втрачатиме рухомі поживні речовини, що знижує його ефективну врожайність сільськогосподарських культур [163, 511]. За додатного агрохімічного балансу, коли кількість елементів живлення, що надійшли в ґрунт з добривами перевищує їх винос з урожаєм, створюються передумови зростання родючості ґрунту [488].

Так, за даними Б. С. Носко [335], за внесення азотних і органічних добрив, навіть за констатованого від'ємного балансу азоту вміст і запаси мінерального азоту в орному й підорному шарах чорнозему типового дещо підвищувалися. На думку вченого, значна роль тут належить «екстра-азоту», який утворюється під впливом взаємодії азоту добрив з азотом ґрунту. У польовому стаціонарному досліді (на фоні 140 т/га гною, сумарно внесеного за кілька ротаций сівозміни) за виявленого дефіцитного балансу фосфору констатовано тенденцію до збільшення вмісту в ґрунті його рухомих форм. На цьому агрофоні на 25 % зростає ступінь рухомості фосфатів та майже на 30 % – вміст неміцно зв'язаних фосфатів. Це пояснюється активною мінералізацією органічних фосфатів та високою буферністю фосфатної системи, що забезпечує певну рівновагу в системі «ґрунтовий розчин – тверда фаза ґрунту» [341]. Незважаючи на від'ємний баланс калію на всіх фонах із запасним внесенням після завершення четвертої ротатії сівозміни польового досліді, в орному шарі ґрунту накопичується так званий залишковий калій добрив. За міркуванням

дослідника [336], саме калійні добрива сприяють підвищенню рухомості ґрунтових ресурсів калію і тільки цим можна пояснити накопичення у ґрунті рухомих сполук калію за загальною від'ємною балансу цього елемента.

У проведених дослідженнях на основі врожайних даних і хімічного стану рослин визначено розміри винесення азоту, фосфору і калію культурами сівозмін залежно від систем удобрення.

Для визначення балансу елементів мінерального живлення зіставляли їх надходження і витрати у системі «ґрунт – рослина» [163].

Залежно від насичення сівозміни культурами значно змінюється кількість органічних залишків, що надходила в ґрунт, являючи собою важливу складову балансу поживних речовин у ньому.

У балансових розрахунках враховано винесення поживних речовин урожаєм культур, надходження їх за рахунок органічних і мінеральних добрив, опадами, несимбіотичною азотфіксацією, насінням. На основі врожайних даних і хімічного складу рослин визначено розміри винесення азоту, фосфору і калію культурами короткоротаційних сівозмін залежно від системи удобрення.

Одержані результати розрахунку балансу азоту, фосфору і калію в короткоротаційних сівозмінах впорядковано (табл. 5.20).

За мінеральної системи удобрення у полях сівозмін із винесенням 8 тонн на 1 га сівозмінної площі гною, мінеральних добрив за схемою досліду надійшло у ґрунт фосфору більше, ніж рослини споживають, за плодозмінної +35 кг/га, за зернопросапної спеціалізованої +16,5 кг/га і за просапної + 22,0 кг/га.

За органо-мінеральної системи удобрення у полях короткоротаційних сівозмін із внесенням 11,5 т/га сівозмінної площі органічних та мінеральних добрив нагромадження поживними речовинами позитивне за валовими формами фосфору [511].

Вміст валових форм азоту в усіх сівозмінах від'ємний. Серед витратних статей балансу мають місце втрати азоту в процесі вимивання, оскільки досліді проводили в зоні достатнього зволоження, де вимивання азоту щонайменше становить 10,4 кг у рік [502]. Окрім вимивання, необхідно враховувати втрати елемента в процесі денітрифікації.

Баланс калію у ґрунті за всіх сівозмін і систем удобрення від'ємний. Подібне пов'язано з вирощуванням у сівозмінах соняшнику, на який припадає від 10 до 30 % у структурі посівних площ [109]. Також у плодозмінній сівозміні вирощували буряки цукрові, що становили 10% у структурі посівних площ. Одержана фактична урожайність буряків цукрових на 12-20 т/га перевищила розраховану за біокліматичним потенціалом.

У проведених дослідженнях Дж. Кук [225] дійшов висновку, за яким поповнення запасів калію у ґрунті не можна відкладати до його вичерпання, бо тоді ґрунт не забезпечить максимальних урожаїв, скільки б свіжих добрив не вносили. З метою підтримки запасів калію у ґрунті для наступних культур

рекомендує вносити калійні добрива навіть тоді, коли вони неефективні, а лише компенсує наростаючий дефіцит калію у сівозміні.

На чорноземах в інтенсивних сівозмінах Л. В. Центилю, О. А. Цюк [511] дослідили, що рівень повернення поживних речовин із добривами повинен орієнтовно становити для азоту 80 %, фосфору – 130-150 %, калію – 80-100 %.

На варіанті органічної системи удобрення баланс азоту, фосфору і калію від’ємний внаслідок невисокого рівня надходження речовин у ґрунт.

Таблиця 5.20

Баланс елементів мінерального живлення рослин у ґрунті за 2012–2021 рр.

Сівоз- міна	Система удобрення	Показник	Елементи живлення		
			Азот	Фосфор	Калій
Плодозмінна	Мінеральна	Баланс, +/- кг/га	-29,5	35	-88
		Інтенсив. балансу, %	87	189	84
	Органо- мінеральна	Баланс, +/- кг/га	-30	+16	-72
		Інтенсив. балансу,%	7	149	82
	Органічна	Баланс, +/- кг/га	-30	-12	-85
		Інтенсивн. балансу,%	74	64	49
Зернопросапна	Мінеральна	Баланс, +/- кг/га	-84	+0,3	-144
		Інтенсивн. балансу,%	61	100,6	53
	Органо- мінеральна	Баланс, +/- кг/га	-60	+10	+2,0
		Інтенсивн. балансу,%	75	132	77
	Органічна	Баланс, +/- кг/га	-47	-15	-43
		Інтенсивн. балансу,%	73	66	50
Зернопросапна спеціалізована	Мінеральна	Баланс, +/- кг/га	-43	16,5	-139
		Інтенсивн. балансу,%	90	143	60
	Органо- мінеральна	Баланс, +/- кг/га	-1,0	+14,5	-59
		Інтенсивн. балансу,%	99	11,4	96
	Органічна	Баланс, +/- кг/га	-28	-13	-77
		Інтенсивн. балансу,%	72	66	44
Просапна	Мінеральна	Баланс, +/-кг/га	-105	+22	-179
		Інтенсивн. балансу,%	46	118	46
	Органо- мінеральна	Баланс, +/- кг/га	-38	+6,8	-99,8
		Інтенсивн. балансу,%	93	117	56
	Органічна	Баланс, +/- кг/га	-69	-24	-114
		Інтенсивн. балансу,%	56	55	45

Основним критерієм агроекологічної оцінки добрив у сівозміні необхідно вважати інтенсивність балансу поживних речовин. У плодозмінній сівозміні за мінеральної системи удобрення інтенсивність балансу становила: азоту – 87 %, фосфору – 189, калію – 84 %; за органо-мінеральної – азоту – 77 %, фосфору – 149, калію – 82 %; за органічної відповідно – азоту – 74 %, фосфору –64, калію

– 49 %, що свідчить про дефіцит азоту і калію у ґрунті.

За проведеними дослідженнями встановлено, що найнижча інтенсивність балансу була у просапній сівозміні. Так, за мінеральної системи удобрення інтенсивність балансу за азотом становила 46 %, фосфором – 118, калію – 46 %; за орґано-мінеральної азоту – 93 %, фосфору – 117 і калію-56 %. Спостерігали дефіцит азоту і калію за всіх систем удобрення потребує збільшення використання азотних і калійних добрив для покриття їх дефіциту та підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Отже, позитивний баланс фосфору відзначено за всіх систем удобрення. Надходження азоту і калію у ґрунт менше, ніж його витрати культурами короткочасних сівозмін.

5.5 Зміни фізико-хімічних властивостей ґрунту

Зміни ґрунтового середовища і фізико-хімічних властивостей ґрунтів, зміщення потенційної кислотності під впливом добрив залежить від багатьох факторів [394]. Значний вплив на ріст і розвиток сільськогосподарських культур виявляє реакція ґрунтового розчину. За підвищеної кислотності ґрунту зростає розчинність сполук амонію, посилюється негативний вплив на рослини та мікроорґанізми, на швидкість і напрямок перебігу біологічних та хімічних процесів [476].

Окислення орґанічних речовин ґрунтів за обробітку, застосування мінеральних добрив і кислотні опади зумовлюють декальцинацію чорнозему типового, для якого генетично притаманна нейтральна реакція. Внесення 100 кг/га д.р. мінеральний добрив на чорноземі опідзоленому знижує pH_{KCl} на 0,007 і збільшує кислотність на 0,42 смоль/кг ґрунту [394].

Значний вплив на підкислення ґрунтового розчину здійснює багаторічне застосування мінеральних добрив [149].

За останні десятиліття із використанням чорнозему опідзоленого без застосування меліорантів і добрив ступінь насичення ґрунту основами зменшився до 85,7 %, знизився рН, зроста гідролітична кислотність [154]. Загальні втрати кальцію та магнію залежать від доз добрив і гранулометричного складу ґрунтів [248].

Одержані результати досліджень фізико-хімічних властивостей впорядковано (табл. 5.21).

Дослідження показали, що за орґано-мінеральної системи зроста буферність ґрунту у плодозмінній сівозміні від 7,1 до 7,4, зернопросапної – від 7,1 до 7,3, зернопросапної спеціалізованої – від 7,0 до 7,4 і просапної від 7,1 до 7,2. Подібне пояснюється тим, що застосування $N_{27}P_{38}K_{45}$ мінеральних добрив разом із гноєм, підвищувало вміст Ca, Mg та Na у ґрунті, тоді як і вплив азотних і калійних добрив знижувався за рахунок активності цих катіонів. Підвищилася ємність поглинання під впливом добрив і сівозмін.

За орґано-мінерального удобрення відбулося зростання ємності поглинання у плодозмінній сівозміні в оброблюваному шарі – 2,2 мг/екв на 100

г ґрунту, зернопросапній – 6,05, зернопросапній спеціалізований – 3,9 і просапній – 3,06 мг/екв на 100 г ґрунту порівняно із початком першої ротації сівозмін поповненням кількості обмінних катіонів у ґрунтового-вбирному комплексі. У проведених дослідженнях В. М. Польовий [378] встановив, що без застосування добрив відбувається зменшення вмісту магнію і кальцію.

Таблиця 5.21

Зміни фізико-хімічних показників чорнозему типового залежно від системи удобрення за вирощування пшениці озимої в короткоротаційних сівозмінах, за 2012–2021 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту	рН сольове		S, мг/екв		Mg, мг/екв на 100 г ґрунту		Са, мг/екв на 100 г ґрунту	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Плодозмінна сівозмінна									
Без добрив	0-25	7,0	7,2	43,2	48,20	1,36	1,85	17,14	14,68
	25-50	7,1	7,3	44,0	48,00	1,17	1,62	15,11	13,11
Органо-мінеральна	0-25	7,1	7,3	46,8	49,00	1,75	2,67	17,56	18,87
	25-50	7,1	7,4	44,6	48,20	1,60	2,35	15,75	17,25
Мінеральна	0-25	7,2	7,4	44,0	49,88	1,82	2,64	17,02	18,40
	25-50	7,3	7,4	47,0	48,12	1,52	2,01	15,00	16,50
Зернопросапна сівозмінна									
Без добрив	0-25	7,0	7,1	44,19	48,02	1,61	1,53	16,70	17,15
	25-50	7,2	7,3	45,85	48,22	1,47	1,20	15,80	16,50
Органо-мінеральна	0-25	7,1	7,2	44,10	50,15	1,90	2,30	17,70	19,25
	25-50	7,2	7,3	45,75	49,0	1,70	2,20	16,95	18,35
Мінеральна	0-25	7,2	7,4	46,64	50,15	2,13	2,40	17,70	19,60
	25-50	7,3	7,5	47,53	49,76	1,70	1,80	16,80	18,82
Зернопросапна спеціалізована сівозмінна									
Без добрив	0-25	7,0	7,2	44,56	48,02	1,55	1,42	16,90	15,82
	25-50	7,1	7,2	45,79	48,11	1,15	1,05	15,85	14,84
Органо-мінеральна	0-25	7,0	7,1	44,30	48,23	1,73	2,20	17,40	19,10
	25-50	7,2	7,4	45,67	48,04	1,30	1,75	16,30	17,64
Мінеральна	0-25	7,1	7,2	44,00	47,45	1,92	2,50	18,30	20,05
	25-50	7,3	7,1	45,10	47,02	1,54	2,10	17,95	18,88
Просапна сівозмінна									
Без добрив	0-25	7,0	7,1	43,80	48,28	1,55	1,35	16,60	15,50
	25-50	7,1	7,3	45,15	48,01	1,45	1,26	15,65	14,70
Органо-мінеральна	0-25	7,1	7,2	45,35	48,41	1,75	2,52	17,30	18,01
	25-50	7,2	7,2	45,16	49,14	1,47	1,90	16,80	17,75
Мінеральна	0-25	7,1	7,2	47,10	48,89	1,98	2,85	18,20	20,10
	25-50	7,2	7,3	48,00	51,06	1,62	2,15	17,75	19,30
НІР ₀₅	0-25	0,20	0,17	2,54	2,61	0,45	0,51	0,18	0,19
	25-50	0,27	0,28	3,01	3,10	0,58	0,74	0,16	0,15

Вміст Са у шарі 0–25 см на ділянках без застосування добрив найзначніше зменшився за плодозмінної сівозміни на 2,46 мг/екв на 100 г

грунту, в зернопросапній спеціалізованій – на 1,80 мг/екв на 100 г ґрунту, просапній – на 1,10 мг/екв на 100 г ґрунту, тоді як зернопросапній не істотно підвищився на 0,45 мг/екв на 100 г ґрунту. Відбулося не надто значне зниження вмісту обмінного Mg культурами сівозмін.

Кількість обмінного Са за органо-мінеральної системи удобрення в плодозмінній сівозміні у 0–25 см шарі ґрунту досягала 18,87 мг/екв на 100 г ґрунту, зернопросапній – 19,25 мг/екв на 100 г ґрунту, в зернопросапній спеціалізованій і просапній – 19,10 і 18,10 мг/екв на 100 г ґрунту.

У кінці другої ротації сівозміні вміст кальцію підвищився істотно порівняно з початком першої ротації в плодозмінній сівозміні на 7,5 %, у зернопросапній – 8,7 %, зернопросапній спеціалізованій – 9,8 % і у просапній сівозміні – на 4,1 %, пов'язано з наявністю кальцію у добривах і підняттям карбонатів у верхні шари за рахунок режиму зволоження [377].

Із застосуванням мінеральної системи удобрення показник рН ґрунту в орному шарі підвищився на 0,1–0,2 порівняно з початковим вмістом за всіх сівозмін. Незначне підкислення зумовлене високою буферністю підорного шару 7,1–7,4, а мінеральні добрива застосували під всі культури сівозмін.

За мінеральної системи удобрення сума вбірних основ виявляла тенденцію до підвищення у плодозмінній, зернопросапній і просапній сівозмінах. У зернопросапній спеціалізованій сівозміні сума вбірних основ за мінеральної системи удобрення в орному і підорному мала тенденцію до зниження.

Отже, за поєднання органічних у нормі 11,5 т (8 т гною і побічна продукція 3,5 т) на 1 га сівозмінної площі і мінеральних $N_{27}P_{38}K_{45}$ добрив на 1 га ріллі спостерігалася тенденція до зростання буферності чорнозему типового.

5.6 Моделювання агрохімічних показників ґрунту залежно від агротехнічних чинників

Оцінка вмісту і запасів поживних елементів, їх перерозподіл у ґрунті, зокрема за профілем, дають змогу не тільки з'ясувати реально вільний доступ до фонду поживних елементів ґрунту для рослин, а й їх біогенну акумуляцію, шляхи міграції в ландшафі та участь у біологічному колообіг речовин, що особливо актуально для підвищення ефективності агропромислового виробництва, яке має реалізовуватися з урахуванням зміни родючості ґрунтів [40, 257]. Тому між вмістом гумусу і величиною запасів основних елементів живлення в ґрунті існує певна залежність, або кореляційний зв'язок [80, 597].

Закономірності зміни агрохімічних властивостей ґрунтів найбільш об'єктивно відображають характер ведення сільськогосподарського виробництва.

Для зв'язку врожайності соняшнику і вмістом у ґрунті основних елементів мінерального живлення наявні сильні та середні значення коефіцієнтів кореляції, що свідчить про прямолінійну залежність між досліджуваними ознаками (табл. 5.22).

Проведений кореляційний аналіз дозволив змогу виявити певні тенденції залежності між фізико-хімічними та агрохімічними показниками ґрунту (табл. 5.23). Коефіцієнти кореляції свідчать, що реакція ґрунтового розчину істотно впливає на збільшення вмісту фосфору ($r=0,68$), а також калію ($r=0,75$), неістотно вмісту гумусу ($r=0,12$), у шарі ґрунту 0-25 см. При цьому в шарі 25-50 см вплив рН слабшає, вміст фосфору ($r=0,66$), обмінного калію ($r=0,69$), вміст гумусу ($r=-0,02$) знижується.

Таблиця 5.22

Кореляційні плеяди між елементами мінерального живлення (X) і урожайністю соняшнику (Y)

Аргумент, (x)	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії
Лужногідролізований азот у 0–25 см шарі на період досягання соняшнику	$r = 0,78 \pm 0,16$	$y=15,769x+79,282$
Мінеральний азот у 0–25 см шарі на період досягання соняшнику	$r = 0,41 \pm 0,24$	$y=26,315x+51,617$
Нітратний азот у 0–25 см шарі на період досягання соняшнику	$r = 0,82 \pm 0,15$	$y=1,21x+2,605$
Вміст рухомого фосфору в 0–25 шарі у період досягання соняшнику	$r = 0,87 \pm 0,13$	$y=13,733x+5,218$
Вміст обмінного калію в 0–25 см в період досягання соняшнику	$r = 0,72 \pm 0,18$	$y=45,58x+32,415$
Міграція обмінного калію в 0–30 см шарі ґрунту	$r = 0,89 \pm 0,12$	$y=26,455x+71,338$
Міграція обмінного калію в 30–50 см шарі ґрунту	$r = 0,78 \pm 0,18$	$y=20,203x+64,075$

Подібний вплив на вміст фосфору, обмінного калію і гумусу в ґрунті виявляє сума увібраних основ, за середньої тисноти зв'язку. Так, за вмістом фосфору ($r=0,62$), калію ($r=0,65$), гумусу ($r=0,49$) в шарі 0–25 см. У нижньому шарі 25–50 см зв'язок слабшає: фосфору ($r=0,19$), калію ($r=0,29$), гумусу ($r=0,049$).

Зв'язок агрохімічних показників, також як гумус, азот, фосфор та калій, із рН та суміш увібраних основ тісніший у шарі 0–25 см порівняно з шаром 25–50 см.

Отже, тривалий антропогенний вплив на чорноземах типових веде до тенденції тісного зв'язку врожайності соняшнику з усіма показниками мінерального живлення, окрім азоту мінерального, де рівень зв'язку встановлено середній ($r=0,41\pm 0,24$).

Коефіцієнти кореляції свідчать, що рН, сума увібраних основ впливають на збільшення вмісту гумусу, середній вплив виявляють на збільшення вмісту гумусу ($r=0,49$), фосфору ($r=0,62$) та калію ($r=0,65$) у шарі ґрунту 0-25 см.

Отже, використання органо-мінеральної системи удобрення сприяє підвищенню нітрифікуючої здатності чорнозему типового, тоді як мінеральна її знижує. За полицево-безполицевого обробітку ґрунту нітрифікаційна здатність зростає на 3,7-5,6 % у 0–25 см шарі порівняно з диференційованим.

Таблиця 5.23

Кореляційна матриця зв'язку між фізико-хімічними та агрохімічними показниками чорнозему типового залежно від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах, (2022–2021 рр.)

Показник	pH	Сума увібраних основ мг-ек в 100 г ґрунту	Гумус, %	Ca	Mg	Мінеральний азот	P ₂ O ₅	K ₂ O
Шар ґрунту 0-25 см								
pH	1,000							
Сума увібраних основ мг-екв у 100 г ґрунту	0,69	1,000						
Гумус, %	0,12	0,49	1,000					
Ca	0,43	0,69	0,44	1,000				
Mg	0,55	0,44	0,32	0,81	1,00			
Мінеральний азот	0,06	0,06	0,62	0,52	0,51	1,000		
P ₂ O ₅	0,68	0,62	0,48	0,83	0,89	0,46	1,000	
K ₂ O	0,75	0,65	0,06	0,68	0,50	-0,15	0,71	1,00
Шар ґрунту 25-50 см								
pH	1,000							
Сума увібраних основ мг-екв у 100 г ґрунту	0,28	1,000						
Гумус, %	-0,02	0,049	1,000					
Ca	0,39	0,47	0,34	1,000				
Mg	0,42	0,27	0,61	0,65	1,000			
Мінеральний азот	-0,21	-0,10	0,47	0,12	0,45	1,000		
P ₂ O ₅	0,66	0,19	0,34	0,66	0,81	0,29	1,000	
K ₂ O	0,69	0,29	-0,31	0,33	0,28	-0,49	0,55	1,000

У плодозмінній і зернопросапній сівозмінах вміст нітратного азоту вищий на 6,8 і 11,3 % відповідно порівняно з просапною. Запас нітратного азоту зростає за органо-мінеральної і мінеральної систем удобрення порівняно з неудобреним варіантом.

Фосфатний режим у короткоротаційних сівозмінах має властивість

поліпшуватися і піддається регулюванню залежно від системи удобрення. Використання мінерального й органо-мінерального удобрення підвищує забезпеченість чорнозему типового рухомим фосфором. Із застосуванням систем обробітку ґрунту не виявлено істотних змін за вмістом рухомого фосфору в орному і підорному шарах упродовж вегетації соняшнику. Встановлено лише тенденцію до зростання вмісту рухомого фосфору в 0–25 см і 25–50 см шарах ґрунту за безполіцевих обробітків порівняно з контролем.

Найвищий вміст обмінного калію відзначено за плодозмінної сівозміни у мінеральній системі удобрення в підорному шарі ґрунту на 39 мг/кг ґрунту. Сприятливі умови для накопичення обмінного калію в орному і підорному шарах чорнозему типового створюються за поліцево-безполіцевого обробітку ґрунту.

Засвідчено від'ємний баланс азоту і калію у просапній сівозміні за мінеральної системи удобрення становило 46 % у досліджених сівозмінах і системах удобрення, витрати азоту й калію сільськогосподарськими культурами на формування урожайності були меншими, ніж їх надходження. За всіх сівозмін зафіксовано позитивний баланс фосфору за мінеральної та органо-мінеральної системи удобрення.

Встановлено, що за органо-мінеральної системи зростає буферність ґрунту у плодозмінній сівозміні від 7,1 до 7,4, зернопросапної – від 7,1 до 7,3, зернопросапної спеціалізованої – від 7,0 до 7,4 і просапної від 7,1 до 7,2.

6. БІОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ СИСТЕМИ ҐРУНТ – РОСЛИНА У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

6.1 Забур'яненість посівів у сівозмінах

Висока забур'яненість агрофітоценозів пояснюється здатністю бур'янів легко адаптуватися до умов навколишнього середовища. Бур'яни виступають конкурентами культур сівозміни у використанні поживних речовин, світла, вологи тощо, вирізняються високою конкурентоспроможністю у посівах.

Науково обґрунтоване розміщення культур виявляє свою ефективність протягом усього періоду чергування й охоплює не одну, а всі культури сівозміни, результатом чого стає зменшення загального рівня забур'яненості сівозміни в цілому [212].

Головне завдання сільськогосподарського виробництва полягає не в повному знищенні бур'янів, а в контролі останніх на рівні, який не призводить до зниження урожайності культур сівозміни.

Існування бур'янів, як і культурних рослин, зумовлене багатофакторністю. Припиняти це існування можна лише системою заходів, спрямованих на усунення або зміну за межі оптимуму факторів життя рослин [471].

Бур'яни визнані серйозні конкуренти сільськогосподарських культур за світло, воду та елементи живлення. Затримуючи ріст рослин культур і зменшуючи їх врожайність на 30-50% і більше, вони негативно впливають не тільки на продуктивність, а й на якість рослинницької продукції [422].

Насіння однорічних бур'янів проростає з шару ґрунту до 5 см. Кількість схожого насіння по окремих видах і полях неоднакова та змінюється від 100–200 до 10–12 тис./м² [185].

На окремому полі може рости 10–15, а в кожному господарстві трапляється до 40 видів бур'янів. Шкідливий їхній вплив на сільськогосподарські культури спостерігається з перших днів вегетації й зростає пропорційно кількості та видовому складу [48].

Такий вплив, за спостереженнями В. А. Дорошенка, виявляє необоротний характер, бо навіть після випалювання бур'янів через 30–40 днів їх вегетації з цукровими буряками вже втрачений урожай не компенсується. Середньодобовий недобір урожаю від спільного росту рослин культур та бур'янів становить 3–5 %, ц/га, причому найбільші його втрати відбуваються в перші 50–80 днів [148].

Максимальне формування маси бур'янів, зазначає О. А. Цюк та ін. [660], настає через 80–170 днів вегетації. До цього часу вони використовують найбільшу кількість поживних речовин. Бур'яни більше виносять з ґрунту азоту, фосфору і калію, ніж цукрові буряки з урожаем 500 ц/га. Пропорційно збільшенню маси бур'янів зменшується врожай буряків, причому негативний вплив продовжується аж до збирання врожаю [508].

Основними способами контролю чисельності бур'янів у посівах

сільськогосподарських культур є системи обробітку ґрунту, дотримання сівозміни, система застосування добрив, хімічні прийоми догляду за посівами. Проте з метою якісного контролювання чисельності бур'янів в агрофітоценозах якогось одного прийому недостатньо, їх необхідно застосовувати у комплексі та з урахуванням типу забур'яненості [469].

Системи обробітку ґрунту повинні забезпечувати протибур'янову ефективність, підвищувати здатність агрофітоценозів до саморегулювання у напрямі зниження частки бур'янового компонента. Вони визначають особливості розташування насіння бур'янів та органів їх вегетативного розмноження в орному шарі. Одним із найдавніших агротехнічних способів боротьби з бур'янами виділяється механічний обробіток ґрунту. Рациональний обробіток ґрунту зменшує забур'яненість посівів на 50-60 % та сприяє підвищенню конкурентоспроможності культурних рослин.

Полицевий обробіток ґрунту вважається основним агротехнічним заходом боротьби з бур'янами, оскільки при ньому їх насіння загортається у глибші шари, де потрапляє у несприятливі умови та втрачає свою життєздатність.

Дворазове лушення стерні з наступною оранкою знижує забур'яненість посівів зернових культур на 32 %, картоплі – на 45 %, порівняно з посівами, де проводиться оранка без лушення. Із загальних запасів насіння бур'янів, що міститься у ґрунті, лише 25 % надовго зберігає схожість, проте і їх кількість значно перевищує можливий поріг шкоди [413, 659].

У посівах більшості сільськогосподарських культур застосування агротехнічних заходів сприяє підвищенню урожайності та може порізноmu впливати на забур'яненість полів, зменшуючи або збільшуючи частку шкідливих бур'янів. Одним із головних джерел забур'янення полів визнано органічні добрива, що містять життєздатне насіння бур'янів, кількість якого часто сягає декількох мільйонів штук у 1 т гною або компосту. Вплив мінеральних добрив на ріст і розвиток бур'янів у посівах польових культур неоднозначний. В деяких випадках відзначається, що при поліпшенні умов мінерального живлення посилюється забур'яненість посівів, в інших – що на удобрених і провапнованих ґрунтах темпи росту культурних рослин вищі, порівняно з неудобреними, що створює сприятливі умови для них у формуванні конкурентних відносин з бур'янами [184, 319, 648].

На основі середньорічного балансу насіння бур'янів в орному шарі встановлено, що 70 % надходжень становить насіннева продукція бур'янів, які зростають на полях, 29 % – транспортування насіння з органічними добривами і 1 % – інші шляхи з посівним матеріалом [612, 618].

Частка сходів бур'янів у польових сівозмінах пов'язана з технологією їх вирощування, біологічними властивостями сільськогосподарських культур. Від умов взаємовідносин в агроценозах залежить виживання сходів бур'янів. На думку І. П. Старчевського [441], вирощування капустяних культур у проміжних посівах за впливом на зменшення забур'яненості посівів у сівозмінах

прирівнюється до лущення стерні та внесення гербіцидів.

Використання побічної продукції призводить до незначного зниження чисельності і маси бур'янів в агроценозах зернових культур, що пов'язано з дією згаданого фактора на механізм міжвидової конкуренції в посівах [622].

На сьогодні у сільському господарстві вагомим постає проблема зниження забур'яненості посівів у короткоротаційних сівозмінах.

Проведені дослідження на дослідному полі Білоцерківського національного аграрного університету показали, що забур'яненість агроценозів в короткоротаційних сівозмінах зумовлена системою удобрення, обробітку ґрунту.

Оцінка ефективності системи удобрення й обробітку ґрунту щодо контролювання рівня фактичної забур'яненості агроценозів короткоротаційних сівозмін виконана на підставі обліків чисельності бур'янів – на початку вегетації культур і перед збиранням урожаю, та обліку їх надземної маси за природної вологості на період збирання урожаю.

Найбільшу забур'яненість соняшнику спостерігали за просапної з 40 % насиченням і спеціалізованої сівозміни з 30 % насиченням соняшнику в короткоротаційних сівозмінах. У просапній сівозміні з 40 % насиченням соняшнику, де застосовували органічну систему удобрення, у фазу 2 справжніх листків загальна чисельність бур'янів становила 246 шт./м², серед яких 204 дводольні і 42 шт./м² однодольні (рис.6.1).

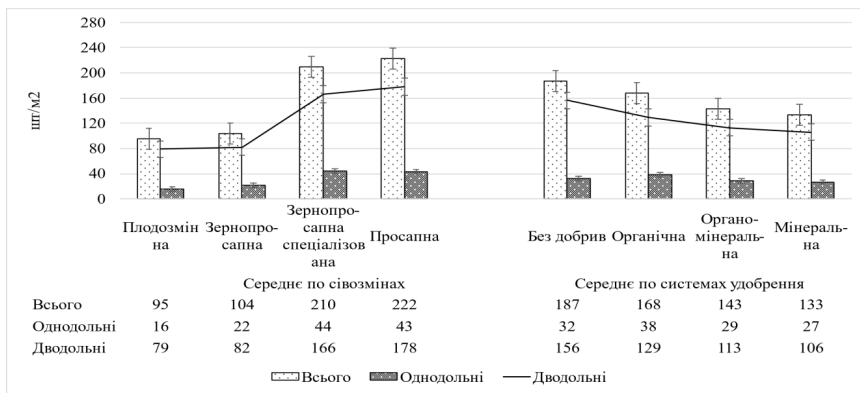


Рис. 6.1 Забур'яненість агроценозів соняшнику на початку вегетації, шт./м² за 2012–2021 рр.

Висока забур'яненість соняшнику зумовлена впливом передпопередника – гороху, який збільшує засміченість посівів. У зернопросапній спеціалізованій сівозміні з 30 % насиченням соняшнику, де передпопередником соняшнику була гречка, на фоні органічної системи удобрення чисельність бур'янів досягала 225 шт./м², де 163 шт./м² дводольні і 62 шт./м² однодольні.

Наявність у ланці плодозмінної сівозміни чорного пару вплинула на суттєве зниження чисельності бур'янів не тільки у посівах пшениці озимої та наступних цукрових буряків, а й сприяла значному зменшенню кількості бур'янів у посівах ячменю з підсіванням багаторічних трав [493].

Збільшення дводольних бур'нів особливо небезпечно, адже вони відрізняються біохімічною та морфологічною особливістю, строками проростання насіння. Застосування гербіцидів не забезпечує чистоту агроценозів, якщо не використовувати інші агротехнічні та фітоценотичні методи контролю забур'яненості [397].

На фоні застосування мінеральної системи удобрення спостерігалася найменша чисельність бур'янів. Однодольних зійшло на 68 % і дводольних на 14 % менше порівняно з неудобреною ділянкою. Зниження забур'яненості посівів у плодозмінній короткоротаційній сівозміні зумовлено зростанням мінералізаційних процесів у ґрунті, які сприяли зменшенню проростання насіння бур'янів.

Вирощування люцерни у плодозмінній сівозміні сприяє зменшенню кількості бур'янів до 89 % шт./м² за органо-мінеральної і до 93 % шт./м² за органічної систем удобрення.

Із збільшенням норми мінеральних добрив на дослідних ділянках спостерігається зменшення забур'яненості соняшнику у просапній сівозміні до 184 шт./м², зернопросапній спеціалізованій – 170 шт./м², зернопросапній – 95 шт./м², плодозмінній – 85 шт./м², серед яких переважали дводольні бур'яни.

За органічної системи удобрення відзначається тенденція до збільшення кількості малорічних бур'янів. Близька закономірність у контрольованій забур'яненості встановлена в посівах просапних зернових культур – кукурудзи [417].

Наукові данні з питань впливу різних способів обробітку ґрунту свідчать, що більшість науковців схиляється до висновку про зниження кількості та маси бур'янів під впливом полицевого обробітку. При цьому спостерігається зниження загальної кількості бур'янів, у тому числі коренепаросткових [453].

Більші втрати врожаю сої від бур'янів зафіксовано за умов погіршеного забезпечення рослини елементами живлення.

Отже, збільшення норми добрив в сівозмінах призводить до зменшення забур'яненості посівів соняшнику, серед яких переважали дводольні бур'яни.

У літературі наявні за якими тільки безполицевий обробіток ґрунту забезпечує зниження забур'яненості зернових культур. На думку цих авторів, такий обробіток ґрунту дає можливість організувати значна ефективнішу боротьбу з однорічними бур'янами [481].

Використання плоскорізного обробітку ґрунту в сівозміні спричиняє підвищення забур'яненості сільськогосподарських культур [68, 160].

На початку вегетації культурних сівозмін спостерігалася чітке істотне зростання забур'яненості дослідних ділянок на варіанті мілкого безполицевого обробітку ґрунту (табл. 6.1).

При проведенні мілкого безполицевого обробітку ґрунту під соняшник на 10–12 см у всіх сівозмінах забур'яненість посівів соняшнику становила за плодозмінної – 366 шт./м², серед них 231 – однодольні, а 135 шт./м² – дводольні бур'яни, тоді як на фоні полицево-безполицевого 48 – однодольні, 108 шт./м² – дводольні, за перевагу на цьому варіанті дводольних бур'янів.

Таблиця 6.1

Забур'яненість агроценозів соняшнику залежно від обробітку ґрунту в короткочотайних сівозмінах на початку вегетації, шт./м² за 2012–2021 рр.

Система обробітку ґрунту	Сівозмiна							
	Плодозмінна		Зернопросапна		Зернопросапна спеціалізована		Просапна	
	усього бур'янів	одnodольні, дводольні	усього бур'янів	одnodольні, дводольні	усього бур'янів	одnodольні, дводольні	усього бур'янів	одnodольні, дводольні
Диференційований (контроль)	167	$\frac{55}{112}$	183	$\frac{58}{125}$	192	$\frac{61}{131}$	216	$\frac{69}{147}$
Полицевий-безполицевий	156	$\frac{48}{108}$	174	$\frac{53}{121}$	187	$\frac{57}{130}$	209	$\frac{70}{139}$
Мілкий безполицевий	366	$\frac{231}{135}$	389	$\frac{233}{156}$	402	$\frac{261}{141}$	423	$\frac{289}{134}$
Середнє	229	$\frac{111}{118}$	248	$\frac{114}{134}$	260	$\frac{126}{134}$	282	$\frac{142}{140}$
НІР ₀₅	10,3		15,4		21,2		16,4	

Примітка: Чисельник – кількість однодольних бур'янів; знаменник – кількість дводольних бур'янів.

За мілкого безполицевого обробітку відбулося зростання рясності бур'янів на 219 % у плодозмінній сівозміні, на 212 % у зернопросапній спеціалізованій, на 195 % у просапній порівняно з контролем, що пояснюється глибиною і способом обробітку ґрунту. Аналіз одержаної інформації під час першого обліку бур'янів вказує на зміни ботанічної структури бур'янової синузії в сівозміні у бік збільшення частки малорічних однодольних та

багаторічних видів порівняно з контролем під впливом безполицевого обробітку і зменшення – за системи полицево-безполицевого основного обробітку.

Найменшу кількість бур'янів на початку вегетації спостерігали за плодозмінної сівозміні.

Ряд зарубіжних і вітчизняних дослідників прийшли до висновку, що полицевий обробіток є більш надійним заходом контролю бур'янів, особливо багаторічних, ніж обробіток дисковими лущильниками чи плоскорізними

знарядями [582, 631].

Як зазначає В. С. Циков мілкий та нульовий обробіток ґрунту призводить до збільшення забур'яненості посівів і в подальшому вимагає застосування хімічних препаратів та спричиняє до підвищення витрат на засоби захисту рослин від бур'янів [519].

Проведення безпліщового різноглибинного та мілкового одноглибинного обробітків підвищувало забур'яненість у 1,6–2,6 рази у двопільній сівозміні [268].

Заслугує на увагу факт найбільшої рясності сходів бур'янів на початку вегетації культур у полі соняшнику, де вносили органічні добрива, що свідчить про стимулюючий вплив культур на появу таких сходів.

Отже, вивчення впливу факторів на забур'яненість агроценозів у короткоротаційних сівозмінах на початку сходів культури показало, що вона залежить від систем удобрення на 39 %, систем обробітку ґрунту на 52 %. Використання мілкового безпліщового обробітку в короткоротаційних сівозмінах призводить до різного зростання забур'яненості посівів, з перевагою однодольних бур'янів, тоді як за пліщово-безпліщового обробітку – дводольних.

Аналіз обліку забур'яненості на період збирання врожаю культури в короткоротаційних сівозмінах дає можливість значно повніше представити матеріали з метою проектування ефективних заходів боротьби з ними.

Кількість бур'янів на період збирання врожаю культури була меншою, як на початку вегетації усіх варіантах дослідів (рис. 6.2).

Серед досліджень систем удобрення перед збиранням урожаю в середньому у сівозмінах на мінеральному варіанті у посівах відзначено найменшу забур'яненість за показником рясності бур'янів. У системах органічного й органо-мінерального удобрення цей показник перевищував варіант мінерального відповідно на 25 % і 6,0 %. Різке зростання забур'яненості відбулося на цих варіантах за рахунок малорічних однодольних і багаторічних.

Плодозмінна сівозміна виявилася найдієвішою у протибур'яновій ефективності. Так, у згаданій сівозміні бур'янів на час збирання соняшнику зафіксовано 46 шт./м², у зернопросапній спеціалізованій і просапній – більше на 59 і 62 шт./м² відповідно. Пропорційно у 2 рази у цих сівозмінах зростає кількість дводольних бур'янів.

Найвищу забур'яненість із 40 % насиченням соняшнику отримали у просапній сівозміні, яка становить 108 шт./м² із них 89 дводольні, що негативно вплинуло на підвищення показника урожайності культури.

Аналіз обліку забур'яненості на період збирання врожаю культури залежно від систем обробітку ґрунту наведено у табл. 6.2.

У варіантах основного обробітку ґрунту у короткоротаційних сівозмінах кращим за чистотою полів від бур'янів на період збирання урожаю виявився пліщово-безпліщевий обробіток.

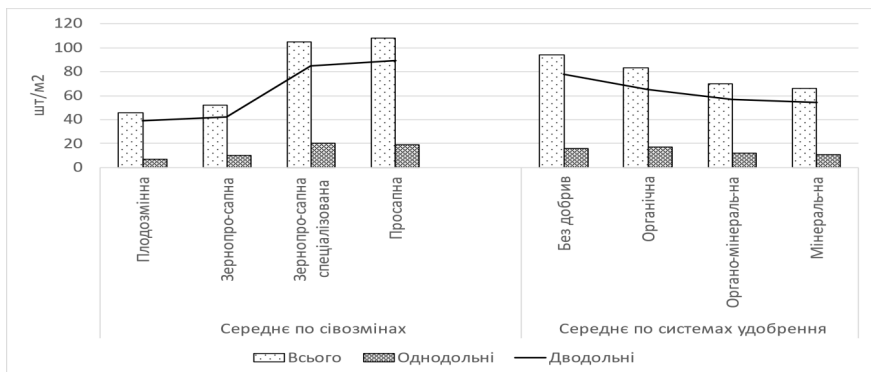


Рис. 6.2 Забур'яненість агроцеенозів соняшнику на час збирання врожаю, шт./м² за 2012 – 2021 рр.

Рясність бур'янів на цьому варіанті менша у плодозмінній сівозміні на 8,5 %, зернопросапній на 5,6 %, зернопросапній спеціалізованій на 3,3 % і просапній на 1,0 порівняно з диференційованим обробітком.

Таблиця 6.2

Забур'яненість агроцеенозів соняшнику залежно від обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах на період збирання врожаю, шт./м² за 2012 – 2021 рр.

Система обробітку ґрунту	Сівозміна							
	плодозмінна		зернопросапна		зернопросапна спеціалізована		просапна	
	усього бур'янів	однодольнi, дводольнi	усього бур'янів	однодольнi, дводольнi	усього бур'янів	однодольнi, дводольнi	Усього бур'янів	однодольнi, дводольнi
Диференційований (контроль)	82	$\frac{26}{56}$	88	$\frac{28}{60}$	90	$\frac{30}{60}$	101	$\frac{34}{67}$
Полицевий – безполицевий	75	$\frac{22}{53}$	83	$\frac{26}{57}$	87	$\frac{28}{59}$	100	$\frac{33}{67}$
Мілкий безполицевий	188	$\frac{109}{79}$	187	$\frac{114}{73}$	189	$\frac{128}{61}$	198	$\frac{140}{58}$
Середнє	115	$\frac{52}{63}$	119	$\frac{56}{63}$	122	$\frac{62}{60}$	133	$\frac{69}{64}$
НІР ₀₅	6,2		5,7		8,4		11,6	

Примітка: Чисельник – кількість однодольних бур'янів; знаменник – кількість дводольних бур'янів.

Застосування безполицевого обробітку призводило до істотного

зростання рясності бур'янів порівняно з контролем. За результатами передзбирального обліку рясності бур'янів за роки досліджень найменшою конкурентною здатністю вирізняли просапна і зернопросапна спеціалізована сівозмінні із показником більшим на 10–33 % порівняно з плодозмінною сівозмінною.

Отже, використання мілкого безполицевого обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах призводить до різкого збільшення забур'яненості агроценозів, з перевагою однодольних бур'янів, і навпаки, на варіанті полицево-безполмцевого обробітку – дводольних.

Актуальна забур'яненість агроценозів пшениці озимої пов'язана з системою удобрення та її післядією і ланками сівозмін [219, 446].

Для успішної реалізації системи контролю за бур'янами у посівах конкретних культур важливо володіти достатніми обсягами інформації щодо їх видового складу [48]. Саме тому одним із засобів контролю рівня забур'яненості посівів сільськогосподарських культур короткоротаційних сівозмін виступає пшениця озима.

Найсуттєвіша забур'яненість агроценозу пшениці озимої спостерігається в просапній сівозміні, що зумовлено впливом гороху як попередника пшениці озимої (табл. 6.3). На ділянках без внесення добрив чисельність бур'янів становила 226 шт./м² серед яких переважали зірочник середній (*Stellaria media Vill.*) – 48,2 % від загальної кількості і мишій сизий (*Setaria glauca L.*) – 42,4 %, тоді як на решту бур'яни у структурі припадало від 0,5-2,6 %.

За вищого удобрення пшениці озимої в плодозмінній сівозміні забур'яненість агроценозу виявилася найменшою серед досліджених сівозмін. За застосування мінеральної системи удобрення одержано найменшу чисельність бур'янів сівозміни – 44 шт./м², що на 60 % менше від контролю. За органо-мінеральної системи удобрення кількість бур'янів відзначена на 56% меншою порівняно з контролем.

Застосування органо-мінеральної системи удобрення сприяло появі зірочника середнього (*Stellaria media Vill.*) – 37 шт./м², тоді як берізки польової, осота жовтого і рожевого, метлюга тощо по 1 шт./м² за мінерального удобрення спостерігали зірочник середній – 31 шт./м², метлюг звичайний 2,0 шт./м², сокирки польові – 4,0 шт./м², кучерявець Софії – 3,0 шт./м².

У зернопросапній і зернопросапній спеціалізованій сівозміні чисельність бур'янів на тлі органо-мінеральної системи удобрення поступалася перед плодозмінною сівозмінною на 7 і 48 шт./м².

За збільшення норми удобрення під пшеницю озиму забур'яненість знижується суттєво за плодозмінної і зернопросапної сівозмін відповідно до неудобреного фону, що пояснюється токсичним впливом солей мінеральних добрив на чисельність сходів бур'янів та їхній ріст.

Короткоротаційні сівозміни і системи удобрення впливають на видовий склад бур'янів. У плодозмінній сівозміні перевагу виявляли кучерявець Софії (*Descurania Sophia*) і зірочник середній (*Stellaria media Vill.*). За зростання

норми мінеральних добрив кількість згаданих видів зменшилась, проте зросла чисельність сокирок польових (*Consolida arvensis L.*) – 4 шт./м². У просапній сівозміні з 40 % насиченням соняшнику переважав метлюг звичайний, зірочник середній, кучерявець Софії. Водно час за високих доз добрив різко знизилася чисельність кучерявець Софії, зірочника середнього і метлюга звичайного.

Таблиця 6.3

Забур'яненість агроценозу пшениці озимої в короткоротаційних сівозмінах залежно від системи удобрення за 2012–2019 рр.

Сівозміна	Система удобрення	Усього шт./м ²	Із них							
			Берізка польова	Кучерявець Софії	Волошка синя	Зірочник середній	Осот жовтий і рожевий	Метлюг звичайний	Сокирки польові	Інші
Плодозмінна	Без добрив	110	1,0	6,0	9,0	59	12	6,0	2,0	15,0
	Органо-мінеральна	48	1,0	5,0	2,0	37	1,0	1,0	-	1,0
	Мінеральна	44	-	3,0	1,0	31	1,0	2,0	4,0	2,0
Зернопросапна	Без добрив	136	1,0	2,0	6,0	42,0	2,0	72	1,0	10,0
	Органо-мінеральна	55	-	2,0	8,0	10	1,0	28	1,0	5,0
	Мінеральна	51	1,0	1,0	3,0	7,0	1,0	35	-	3,0
Зернопросапна спеціалізована	Без добрив	173	2,0	7,0	10,0	42,0	4,0	82	6,0	20,0
	Органо-мінеральна	96	-	7,0	7,0	-	-	65	5,0	12,0
	Мінеральна	70	1,0	4,0	3,0	7,0	-	43	5,0	7,0
Просапна	Без добрив	226	5,0	3,0	1,0	109	2	96	6,0	4,0
	Органо-мінеральна	166	1,0	6,0	-	4,0	1,0	86	4,0	6,0
	Мінеральна	75	2,0	4,0	1,0	1,0	5,0	59	-	3,0
НР ₀₅ – для системи удобрення		14								
НР ₀₅ – для сівозміни		21								

Отже, найменша забур'яненість агроценозів пшениці озимої в сівозмінах із короткою ротацією відмічена за плодозмінної сівозміни, найбільша – в просапній та зернопросапній спеціалізованій. Застосування мінеральної системи удобрення й органо-мінеральної під озиму пшеницю у сівозміні

зумовлює зниження забур'яненості агроценозів.

Нині одним з елементів обмеження шкідливості бур'янів є використання різних систем обробітку ґрунту на тлі короткоротаційних сівозмін.

Суттєво на видовий склад забур'яненості впливає технологія окремих систем основного обробітку ґрунту [405].

За повідомленням окремих учених саме за тривалого плоскорізного обробітку спостерігалось очищення верхнього шару ґрунту від насіння бур'янів, проте актуальна забур'яненість виявилася у 1,8-2,6 раза вищою, ніж за оранки [174]. Низка науковців переконані в тому, що причиною високої забур'яненості є заміна полицевого обробітку безполицевим, за якого насіння бур'янів локалізується у верхньому шарі, звідки легко проростає [233, 405]. Саме це підтверджують одержані результати досліджень забур'яненості пшениці озимої залежно від обробітку ґрунту (табл. 6.4).

За проведення мілкого безполицевого обробітку ґрунту, забур'яненість агроценозів на неудобреній ділянці підвищилась в 1,5–2,0 раза.

Таблиця 6.4

Забур'яненість агроценозу пшениці озимої у плодозмінній сівозміні залежно від основного обробітку ґрунту за 2012–2019 рр.

Система удобрення	Обробіток ґрунту	Усього шт./м ²	Із них							
			Берізка польова	Кучерявець Софії	Волошка синя	Зірочник середній	Осот жовтий і рожевий	Метлюг звичайний	Сокирки польові	Інші
Без добрив	I	73	1,0	6,0	3,0			50	5,0	8
	II	64		12	2,0	3,0	1,0	9,0	-	38
	III	176	1,0	-	-	6,0	1,0	134	-	34
Органо-мінеральна	I	65		4,0	3,0			46		12
	II	60		2,0	3,0		1,0	44		10
	III	99	1,0	-	2,0		2,0	82	-	12
Мінеральна	I	62		5,0	6,0			18		33
	II	57	1,0	3,0	8,0		4,0	-		45
	III	95	3,0	-	4,0	3,0	-	40	2,0	43
НІР ₀₅ для системи удобрення		9,0								
НІР ₀₅ для обробітку ґрунту		5,5								

Примітка. I – Диференційований (контроль); II – Полицево – безполицевий; III – Мілкий безполицевий.

Порівняно з диференційованим і полицево-безполицевим обробітками ґрунту, із показником відповідно 176 шт./м², із них 134 шт./м² становив метлюг звичайний, 6,0 – зірочник середній і 34 шт./м² – інші види бур'янів. Протибур'яною ефективною відзначився полицево-безполицевий варіант обробітку, із чисельністю бур'янів на 9 шт./м² меншою порівняно з контролем.

На тлі застосування органо-мінеральної системи удобрення забур'яненість зменшилася від 4 шт./м² до 77 шт./м². На цій системі удобрення за мілкого безполицевого обробітку ґрунту метлюга звичайного було 82 шт./м², осоту жовтого, рожевого і волошки синьої по 2 шт./м² і берізки польової – 1,0 шт./м².

На тлі мінеральної системи удобрення в агроценозі пшениці озимої на полицево-безполицевому обробітку забур'яненість знизилася до 57 шт./м², за наявності серед бур'янів 8,0 шт./м² волошки синьої, 4,0 – осоту жовтого і рожевого, 3,0 – кучерявця Софії і 1,0 шт./м² берізки польової.

Отже, використання мілкого безполицевого обробітку ґрунту спричиняє зростання забур'яненості агроценозів пшениці озимої. Полицево-безполицевий обробіток призводить до зменшення чисельності бур'янів в агроценозах пшениці озимої.

Для оцінки ефективності впливу системи обробітку ґрунту та удобрення плодозмінної сівозміни на рівень забур'яненості агроценозу соняшнику програмою досліджень передбачено облік маси бур'янів на період збирання врожаю.

На початку вегетації рослини ростуть повільно, і звідси широкорядний спосіб сівби сприяє проростанню насіння бур'янів. Бур'яни в агроценозі соняшнику формують велику вегетативну масу, яка пригнічує та стримує ріст і розвиток рослин. Одержані результати досліджень маси бур'янів свідчать, що за мінеральної системи удобрення відбулося істотне зменшення маси бур'янів порівняно з контролем без удобрення (рис. 6.3).

При цьому варто вказати на ефективність полицево-безполицевого обробітку ґрунту. Так, за цього варіанта відбулося зниження маси бур'янів на 8,2–17,9 % порівняно з контрольним диференційованим обробітком.

Найбільше маси бур'янів виявлено за мілкого безполицевого обробітку ґрунту на безудобреному фоні, що можна пояснити вищим ступенем забур'яненості на цих ділянках.

Дослідженнями О. А. Цюка [530] встановлено, що високою протибур'яною ефективною відзначається система обробітку, яка включає один раз за ротацію сівозміни використання двоярусного плуга з наступним безполицевим обробітком.

Результати, одержані у дослідженнях С. П. Танчика, А. І. Бабенко [445] засвідчили, що кількість сходів бур'янів у агроценозі залежить від технології вирощування соняшнику, біологічних особливостей культури й бур'янів, а також погодних умов. Зокрема, у фазу 6-7 листків у соняшнику найменше

сходів бур'янів спостерігали після оранки. Водночас проведення мілкового і поверхневого обробітку дисковими знаряддями сприяло збільшенню вегетуючих бур'янів у 2,6 і 3,0 раза відповідно.

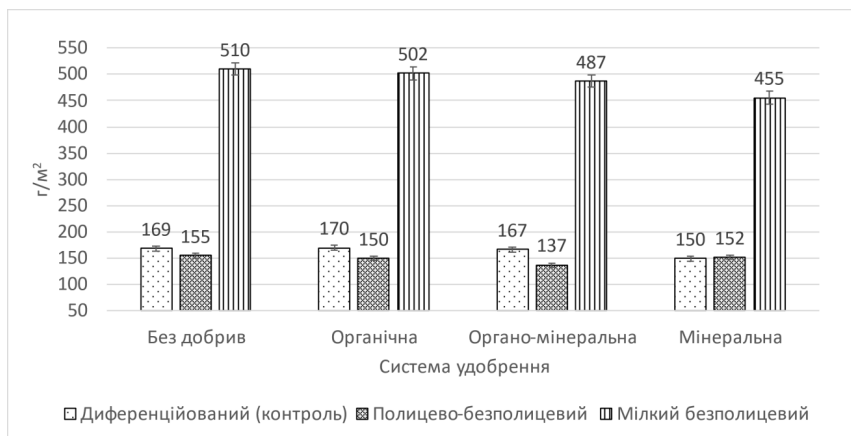


Рис. 6.3 Маса бур'янів у плодозмінній сівозміні перед збиранням врожаю соняшнику, г/м² за 2012–2021 рр. Примітка. НР₀₅ система удобрення – 7,3; НР₀₅ обробітку ґрунту – 8,5.

Низка авторів вважають, що застосування різних способів безполицевого обробітку під соняшник, порівняно з оранкою, призводило до підвищення кількості бур'янів у посівах на 12-29 % [126, 551].

Отже, виявлено істотне збільшення маси бур'янів на тлі мілкового безполицевого обробітку ґрунту порівняно з контролем. Найуспішнішим стосовно протибур'янової ефективності за масою бур'янів виявився полицево-безполицевий обробіток ґрунту.

6.2 Ураження агроценозів хворобами

Важливими показниками екологічної стійкості ґрунту визнано наявність в ньому відповідного комплексу мікроорганізмів. Зміна їх видового складу, а також співвідношення видів у ґрунті формуються під впливом кореневих виділень рослин.

Неправильні сівозміни, низька агротехніка, наявність беззмінних посівів створюють для рослин несприятливі умови, сприяють накопиченню в ґрунті патогенних грибів.

Одним із факторів, що суттєво знижують врожайність пшениці озимої, якість її зерна, є хвороби. Втрати валового збору зерна від хвороб щорічно становлять 20–30 %, а в епіфітотійні роки – до 50% [479].

Загальновідомо, що у процесі еволюції та років вирощування пшениці до

неї пристосувалося багато збудників хвороб, серед яких домінуюче місце належить саме грибним мікроорганізмам. На посівах пшениці озимої ураження рослин і прояв захворювання спостерігаються протягом усього періоду інтенсивного розвитку та формування елементів продуктивності рослин [346].

Серед усіх збудників хвороб, що уражують рослини пшениці озимої у ранні фази розвитку, кореневі гнилі посідають головну позицію. У цілому, кореневі гнилі пшениці озимої – поширений комплекс шкідливих захворювань. Залежно від збудників хвороби вирізняють звичайну, фузаріозну, офіобольозну, церкоспорельозну і ризоктоніозу кореневі гнилі. У певній кліматичній зоні, як правило, переважає один тип ураження, що найшкідливіший [406].

Дослідженням встановлено, що ураженість пшениці озимої кореневими гнилями практично не залежала від короткоротаційних сівозмін.

За плодозмінної сівозміни, на неудобреному варіанті, ураженість кореневими гнилями становила 47,2 %, у зернопросапній сівозміні – 53,3 %, у зернопросапній спеціалізованій та просапній – 51,8 і 52,4 % відповідно (рис. 6.4).

За використання добрив, які вносилися під пшеницю озиму, розвиток корневих гнилей посилювався. У плодозмінній сівозміні на органо-мінеральній системі удобрення розвиток хвороб досягав 51,3 %, що на 8,7 % більше порівняно з варіантами без добрив. У просапній сівозміні за органо-мінеральної системи удобрення ураженість гнилями становила 50,0 %, що на 6,1 % менше порівняно з неудобреним варіантом. Аналогічну закономірність відзначено у зернопросапній спеціалізованій сівозміні, де ураженість рослин кореневими гнилями досягала 55,4 %, що зросла на 10,5 % порівняно з просапною.

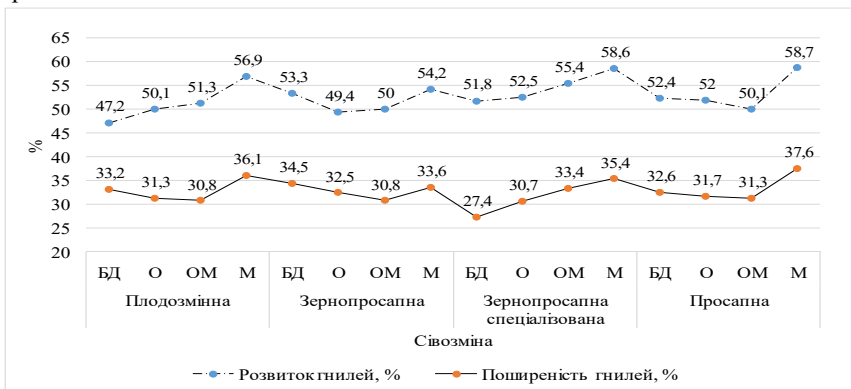


Рис. 6.4 Розвиток корневих гнилей в посівах пшениці озимої в короткоротаційних сівозмінах, % за 2016–2018 рр.

Примітка: БД – без добрив; О – органічна; ОМ – органо-мінеральна; М – мінеральна. Розвиток гнилей НІР₀₅ сівозміни – 13,7; НІР₀₅ система удобрення – 11,9; Поширеність гнилей НІР₀₅ сівозміни – 5,9; НІР₀₅ система удобрення – 5,0.

В основних районах вирощування пшениці озимої частіше збудниками кореневих гнилей виступають гриби із роду *Fusarium* (*Fusarium avenaceum*, *Fusarium graminearum* та ін.). Спостереженнями встановлено, що в умовах достатньо забезпечення вологою (60–80 % повної вологоємності ґрунту) рослини менше піддаються захворюванню. За дефіциту або за різних коливань вмісту вологи в ґрунті, а також у разі утворення кірки на поверхні ґрунту й за інших несприятливих факторів, які послаблюють рослини, спостерігається значний розвиток кореневих гнилей, збільшується кількість загиблих рослин, а із тих, що збереглися на час збирання, частка уражених зростає вдвічі. За ураження 5–10 % рослин пшениці озимої втрати врожаю можуть досягти 3,5–7 % [465].

Під пшеницею озимою накопичується фенольні або фенол карбонові кислоти [123]. Захворювання соломи сприяє посиленому розвитку числених видів грибів, які руйнують органічну речовину ґрунту та створюють умови для розвитку хвороб кореневої гнилями.

Застосування орґано-мінеральної системи удобрення у зернопросапній і просапній сівозмiнах послаблювало як поширеність, так і розвиток кореневих гнилей на 3,8–10,7 % порівняно з неудобреним фоном.

За підвищених доз мінеральних добрив посилювався прояв кореневих гнилей у зернопросапній спеціалізованій і просапній сівозмiнах на 3,8–10,7 %, що пояснюється активністю грибів, які спричиняють й посилюють розвиток гнилей, а для розвитку потребують кислого середовища.

Насичення сівозмiни та збільшення питомої ваги гороху до 10–30 % спричинює підвищення ураженості рослин різними захворюваннями: білою, сірою та коревими гнилями, фузаторіозом, лекохитозами, бактеріальними та вірусними хворобами, знижує кількісні та якісні показники вирощеної продукції [173].

Особливо небезпечні для рослин гороху кореневі гнилі у фазі сходів, коли фіксується загибель рослин внаслідок загнивання сім'ядолей, коренів та кореневої шийки [189].

За надмірного живлення гороху азотом відбувається розростання його вегетативних органів, що стає підґрунтям розвитку багатьох хвороб, зокрема і кореневих гнилей [91].

За дослідженнями розвитку кореневих гнилей у посівах гороху просапної сівозмiни одержано наступні результати (рис. 6.5).

Упродовж усього вегетативного періоду гороху встановлено значний рівень поширення хвороби. За різних фаз розвитку рослин гороху щодо загальної кількості уражених хворобою рослин і величиною ступеня розвитку кореневих гнилей відзначено суттєву відмінність. Збільшення кількості проявів захворювання стабільно наростало від фази сходів гороху, проте найзначніший його розвиток стався у період цвітіння.

Розвиток кореневої гнилі гороху відбувався нерівномірно. Так, у фазу цвітіння найвищого розвитку коренева гниль досягала за мілкого

безполицевого обробітку, що становило 27 %. За полицево-безполицевого обробітку розвиток кореневої гнилі виявився вищим на 4,7% порівняно з контролем. Найбільший розвиток кореневої гнилі у фазу цвітіння відзначено на неудобрений ділянці.

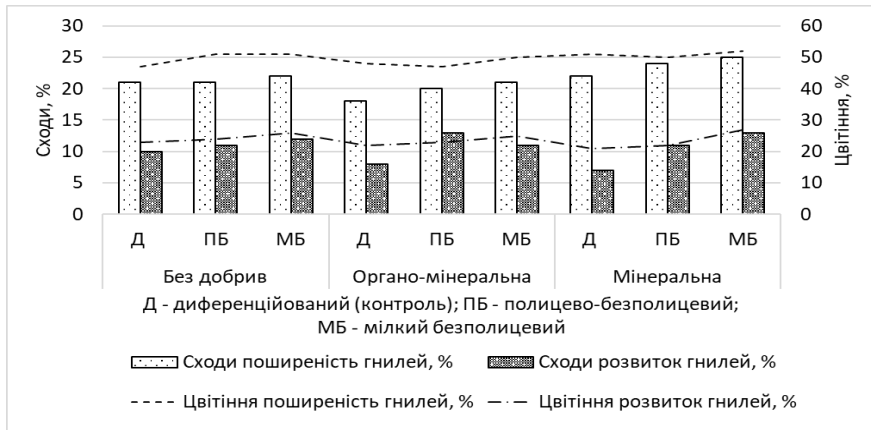


Рис. 6.5. Розвиток кореневої гнилі гороху залежно від систем удобрення і обробітку ґрунту, % за 2016–2018 рр.

Примітка. Д – Диференційований (контроль); ПБ – Полицево-безполицевий; МБ – Мілкий безполицевий обробіток ґрунту; Сходи поширення $НІР_{05A}=0,21$, $НІР_{05B}=0,17$; Сходи розвиток хвороби $НІР_{05A}=0,31$, $НІР_{05B}=0,18$; Цвітіння поширення $НІР_{05A}=0,63$, $НІР_{05B}=0,44$; Сходи розвиток хвороби $НІР_{05A}=0,43$, $НІР_{05B}=0,37$.

Варто зауважити, у фазу сходів за проведення полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту, що поєднується із внесенням органічних і мінеральних добрив, спостерігали суттєве зниження інтенсивності і розвитку корневих гнилей гороху.

Унаслідок високої чутливості кореневої системи зернобобових культур до ураження рослин ґрунтовими патогенами (збудниками корневих гнилей) знижується не тільки їхня врожайність, а й відбувається значне порушення обміну речовин, погіршується якість як зерна, так і зеленої маси [235].

Отже, найвищого рівня розвитку кореневої гнилі гороху спостерігали за мілкого безполицевого обробітку ґрунту. Застосування полицевого обробітку під горох сприяло зниженню інтенсивності поширень і розвитку кореневої гнилі гороху.

Хвороби буряків цукрових завдають значної шкоди бурякосійним господарством, адже потенційні втрати врожаю від них можуть перевищувати 20%, а в окремі роки становлять до 50-60 % і більше.

Найпоширенішими і найшкідливішими для рослин буряків є коренеїд сходів, церкоспоров, борошніста роса, пероноспороз, іржа, червона і бура гнилі

коренеплодів. Поширеність та шкідливість цих та інших хвороб залежить від агротехнічних, ґрунто-кліматичних умов, що впливають на розвиток, поширення і накопичення збудників хвороб, а також і на процеси життєдіяльності буряків, які й визначають стійкість рослин культури до захворювань [493].

Проведені дослідження показали, що в короткоротаційній плодозмінній сівозміні упродовж років спостережень церкоспороз охоплював до 90% рослин буряків цукрових (рис. 6.6).

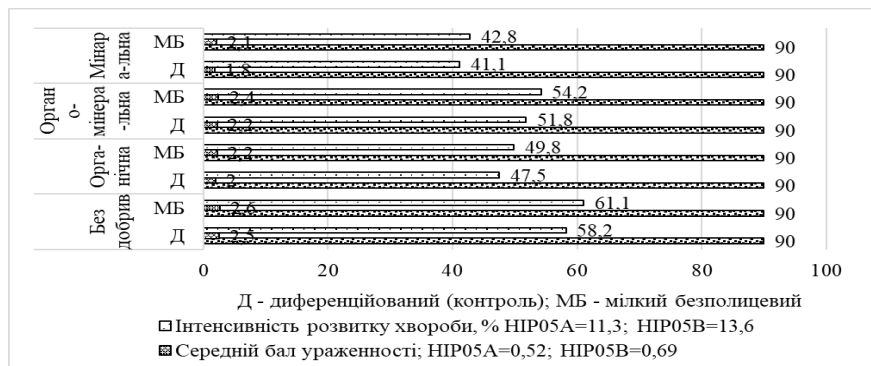


Рис. 6.6. Ураженість рослин буряків цукрових церкоспорозом у короткоротаційній плодозмінній сівозміні, за 2016–2019 рр.

Застосування під буряки цукрові добрив у дозах $N_{120}P_{120}K_{150}$ кг/га д.р. мінеральних добрив забезпечило істотне зниження середнього бала ураження церкоспорозу порівняно із контрольним варіантом, де добрива не вносили.

Інтенсивність розвитку церкоспорозу виявилася істотно меншою за внесення під буряки цукрові добрив у дозах $N_{120}P_{120}K_{150}$ кг/га д.р. мінеральних добрив порівняно з контролем.

Із застосуванням безполицевого обробітку відбулося зростання розвитку церкоспорозу буряків цукрових на 4,1-4,9% порівняно з диференційованим обробітком ґрунту.

Агротехнічні заходи визнано одними з основних складових інтегрованих методів захисту рослин від шкідливих організмів. До них належать дотримання правильних сівозмін, добір стійкових сортів і гібридів, система основного обробітку, застосування мінеральних і органічних добрив, формування густоти посівів, вибір оптимальних строків сівби тощо [411].

Отже, вирощування буряків цукрових без застосування добрив призводить до зростання ураження рослин культури церкоспорозом. Внесення під буряки цукрові $N_{120}P_{120}K_{150}$ кг/га д.р. мінеральних добрив забезпечило істотне зниження розвитку церкоспорозу на буряках цукрових. Використання пальцевого обробітку ґрунту під буряки цукрові сприяло зниженню

інтенсивності розвитку церкоспорозу рослин буряків цукрових.

6.3 Біологічні і біохімічні процеси у ґрунті

Важливим показником біологічної активності ґрунтового середовища виділяється інтенсивність розкладання клітковини, яка щорічно надходить до його складу з рослинними залишками й органічними добривами.

Процес розкладання органічної речовини становить важливу невід'ємну ланку світового біогеохімічного колообігу елементів, значною мірою визначає родючість ґрунтів. Швидкість розкладання целюлози впливає на швидкість розкладання органіки загалом. Згаданий показник можна розглядати як кількісну міру ґрунтової родючості, тоді як чисту целюлозу як модельний субстрат для розкладання, за перебігом якого можна визначити дію факторів зовнішнього середовища та вивчити властивості ґрунту [619, 656].

На чорноземі типовому лівобережного лісостепу України заміна плуга на мілке дискування виявляли незначний вплив на зміну целюлозолітичної активності ґрунту [552].

Зниження целюлозо руйнівної активності одного шару чорнозему типового за безпліцевого обробітку С. М. Сальніков пояснює диференціацією різних його частин за вмістом органічної речовини та умовами аерації [415].

Дослідження показали, що життєдіяльність целюлозо руйнівних мікроорганізмів непостійна й упродовж вегетації можна змінюватися від обробітку ґрунту та удобрення.

Залучення до визначення методів аплікації дозволили встановити, що целюлозолітична активність ґрунту залежить від наявності вологи і гідротермічних умов. (рис. 6.7).

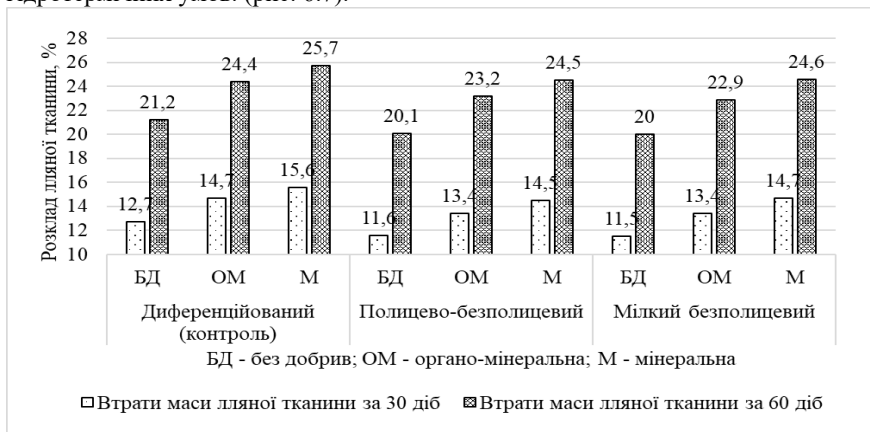


Рис. 6.7. Целюлозолітична активність в 0–30 см шарі ґрунту агроценозу сої зернопросапної сівозміни залежно від систем удобрення і обробітку ґрунту, за 2016–2019 рр.

У посівах сої з 1 по 30 травня за полицево-безполицевого обробітку найвища біологічна активність чорнозему типового зафіксована у шарі ґрунту 0–10 см, тоді як в шарах 10–20 і 20–30 см вона знижувалася. За диференційованого і мілкого безполицевого обробітку ґрунту простежувалася аналогічна закономірність

Максимальне значення цього показника у шарі ґрунту 0–10 см зафіксовано за мілкого безполицевого на мінеральній системі удобрення.

Диференціація орного шару найзначніше виражена за мілкого безполицевого обробітку, при цьому найменше – на контролі. Так, різниця в показниках втрати маси лляного полотна у верхній і нижній частинах одного шару чорнозему типового становила 2,7 % за диференційованого, 7,7 % – полицево-безполицевого і 8,5 % – мілкого обробітку в сівзміні.

Із 1 травня по 30 червня біологічна активність орного шару в посівах сої за полицево-безполицевого і диференційованого обробітку ґрунту підвищується внаслідок поширення мікробіоти по всьому його профілю.

Втрати маси лляної тканини упродовж двох місяців вегетації зернобобові культури шарах 0–10, 10–20 і 20–30 см в середньому становили: за полицево-безполицевого обробітку 17,9–29,8 %, диференційованого – 18,8–27,6 %, мілкого безполицевого – 15,8–28,7 %.

В агреценозі сої в орному шарі за місяць (травень) і два місяці (травень-червень) різниця у втратах маси лляного полотна відповідно становила: за полицево-безполицевого обробітку ґрунту – 1,1 і 1,1 %, мілкого безполицевого обробітку ґрунту – 1,2 і 1,1 % на користь контролю.

Найсприятливішими складаються умови для розкладання лляної тканини мікроорганізмами за мінеральної системи удобрення. Варіант органо-мінеральної системи удобрення посідає проміжне місце, при цьому істотно переважаючи контрольний варіант.

Дослідження, проведені в ДВНЗ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника встановлено, що за щорічного внесення N_{75} окремо та в поєднанні з внесенням $P_{60}K_{90}$ целюлозолітична активність ґрунту збільшилася на 4-5 %, за внесення $N_{150}-6$ % [198].

В опублікованих дослідженнях С. П. Танчик, О. А. Цюк, Л. В. Центило [328], стверджується, що активність целюлозоруйнівних мікроорганізмів за полицево-безполицевого обробітку ґрунту суттєво не відрізняється в шарі 0–10 і 10–20 см від диференційованого обробітку.

Під пшеницею озимою втрати в орному шарі чорнозему типового маси лляної тканини упродовж місяця становили за диференційованого обробітку 8,7 %, полицево-безполицевого – 8,2 %, мілкого безполицевого – 8,5 %, і за два місяці відповідно – 16,3; 15,9 і 16,2 %. Інтенсивність розкладання в орному шарі лляної тканини відзначена на одному рівні за мілкого безполицевого і полицево-безполицевого обробітків в сівзміні.

Інтенсивність розкладання лляної тканини у верхній частині (0–10 см) орного шару ґрунту найвищою виявлялася за мілкого безполицевого (за місяць

– 13,1, два місяці – 23,9 %), найвищою – за диференційованого (відповідно 9,7 і 18,7 %) обробітку. У нижній (20–30 см) частині спостерігалася інша закономірність (за диференційованого обробітку відповідно 7,8 і 13,9 % мілкого безполицевого).

Різниця у втратах маси лляної тканини між верхньою і нижньою частинами орного шару упродовж одного і двох місяців спостережень становила відповідно 1,9 і 4,8 % за диференційованого обробітку, 8,0 і 13,5 % – мілкого безполицевого, 5,2 і 9,0 % – за полицево-безполицевого.

У посівах соняшнику найвища біологічна активність чорнозему типового зафіксована за диференційованого і полицево-безполицевого обробітків, нижча – за мілкого безполицевого розпушування (дод. Е 5). Упродовж травня і травня-червня втрати маси лляної тканини у шарі 0-30 см чорнозему типового становила відповідно: за диференційованого обробітку – 15,1 і 24,1%, полицево-безполицевого – 15,6-24,7 % і за мілкого – 13,4-22,6 %.

Варто зауважити, що застосування оранки під соняшник за диференційованого і полицево-безполицевого обробітків у сівозміні забезпечило майже однакові значення цього показника, проте за полицево-безполицевого обробітку він на 0,4-0,5% вивівся вищим за контроль.

За полицевого обробітку ґрунту в сівозміні біологічна активність орного шару чорнозему типового відзначена найвищою, що посилює мікробіологічні, мінералізаційні, ферментативні процеси в ґрунті та втрати органічної речовини, зокрема, гумусу. Це підтверджується дослідженнями [388, 391].

Низька біологічна активність ґрунту, що спостерігається за систематичного безполицевого, а особливо мілкого, обробітку в сівозміні негативно впливає на забезпеченість агрофітоценозів елементами зольного і азотного живлення рослин [386].

Отже, варіант мінеральної системи удобрення за наведеним показником виявився кращим, тоді як за орно-мінерального удобрення відбулося неістотне зниження целюлозолітичної активності ґрунту. Інтенсивність розкладання в орному шарі лляної тканини знаходилася практично на одному рівні на в усіх варіантах обробітку ґрунту.

Ряд науковців вважають, що сільське господарство, за впровадження відповідних технологій обробітку ґрунту, може стати одним із найбільших поглиначів CO₂ з атмосфери. У разі значних обсягів депонування можна отримати не тільки високі врожаї, а й запобігати ефекту глобального потепління. Розбалансованість циклів колообігу вуглецю у ґрунті, навпаки, призводить до втрати як органічних речовин, так і доступних елементів живлення, необхідних рослинному й мікробіологічному світу, та додаткового надходження парникових газів в атмосферу [383].

Емісія CO₂ з ґрунту, своєю чергою, тісно пов'язана зі способами його обробітку. Зміни параметрів ґрунтового дихання можуть залежати як від загальної кількості та доступності вуглецю органічних речовин, так і від здатності угруповань до метаболізму вуглецевих сполук [383].

Зміни в інтенсивності виділення CO₂ ґрунту дають уявлення про масштаби діяльності ґрунтових мікроорганізмів і характеризують біологічні процеси, що відбуваються у ґрунті. За інтенсивністю дихання ґрунту визначають ефективність агротехнічних заходів. Інтенсивність біологічної активності ґрунту за показником виділення вуглекислого газу залежить від типу ґрунту, вологості, температури, а також наявності органічної речовини, співвідношення вуглецю до азоту та інших. Кількісна оцінка швидкості виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту, який утворюється внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів, дозволяє об'єктивно оцінювати інтенсивність процесу мінералізації органічних речовин [666].

Аналіз результатів досліджень засвічує, що виділення з ґрунту діоксиду вуглецю в агроценозі сої у травні істотно вище за полицево-безполицевого на 5,8%, мілкого безполицевого обробітку ґрунту – на 2,7% порівняно з контролем (табл. 6.5).

Позитивний вплив на дихання ґрунту здійснювала мінеральна система удобрення. Виділення CO₂ ґрунтом за цієї системи збільшилося на 16,7–18,8 %, зросло виділення порівняно з неудобrenим варіантом.

Таблиця 6.5

Інтенсивність виділення вуглекислого газу чорнозему типового залежно від системи удобрення та обробітку ґрунту, мг CO₂/м² за добу за 2016–2019 рр.

Обробіток ґрунту, А	Удобрення, В	Культури і час визначення					
		Соя		Пшениця озима		Соняшник	
		Травень	Червень	Травень	Червень	Травень	Червень
Д	БД	253	344	191	206	245	342
	ОМ	274	379	206	215	262	356
	М	299	405	217	220	275	374
ПБ	БД	268	359	200	215	237	337
	ОМ	293	393	213	221	257	353
	М	316	419	224	226	274	370
МБ	БД	260	352	194	209	234	329
	ОМ	283	389	208	218	250	343
	М	309	414	220	223	264	362
НІР ₀₅	А	5,0	7,6	10,0	10,5	9,3	10,0
НІР ₀₅	В	6,6	9,2	16,0	17,0	10,8	11,5

Примітка: Д – Диференційований (контроль); ПБ – полицево-безполицевий; МБ – мілкий безполицевий; БД – без добрив; ОМ – органо-мінеральна; М – мінеральна.

В агроценозі пшениці озимої щодобова маса виділеного з ґрунту вуглекислого газу за мілкого безполицевого обробітку ґрунту на 4,0 мг/м² у

травні і 3,0 мг/м² у червні менша, ніж на полицево-безполицевому обробітку ґрунту. У червні інтенсивність дихання ґрунтом відзначена дещо вищою за травень у всіх варіантах досліджу.

Від внесення добрив емісія СО₂ ґрунтом збільшилася на 2,7-6,6 % за орґано-мінеральної системи удобрення, на 5,1–6,7 за мінеральної системи порівняно з контролем. Добрива значною мірою, ніж обробіток, змінюють інтенсивність дихання ґрунту.

Під агроценозом соняшнику найнижча біологічна активність чорнозему типового за мілкого безполицевого обробітку ґрунту становила на 33 мг/м² СО₂ менше порівняно з полицево-безполицевим і диференційованим обробітками ґрунту.

Під час досліджень Л. В. Центилю [510] встановив, що за полицево-безполицевого обробітку існує прямий тісний зв'язок, де $r=0,85$. Тобто підвищення вологості ґрунту забезпечувало інтенсивне виділення емісії СО₂, що викликано значно глибшим розпушуванням орґаного шару, відповідно, повнішим поглинанням вологи опадів і змішуванням орґанічної речовини, побічної продукції з більшим об'ємом ґрунту порівняно з тим, що має місце за мілкого безполицевого обробітку.

Як вважає Б. В. Матвійчук та ін. [276], у міру насичення ґрунту різними видами орґанічних добрив на тлі надмірного мінерального удобрення відбулося зростання темпів інтенсифікації дихальних процесів ґрунту. Сприятливі умови для дихання ґрунту склалися за орґано-мінеральної системи удобрення (75 % орґанічних + 25 % мінеральних добрив) – 34,1 мг/кг ґрунту за добу СО₂.

Отже, звідси варто зауважити, що ресурсне наповнення систем удобрення порівняно з обробітком ґрунту виступає значно вагомим чинником, що визначає інтенсивність дихання ґрунту. Виділення СО₂ з поверхні ґрунту зростає за полицево-безполицевого обробітку ґрунту порівняно з контролем.

Активність у ґрунтах мікроорґанізмів та участь останніх у синтезі й розкладі орґанічних речовин визнано однією з фундаментальних засад ґрунтових процесів, визначальним фактором у розвитку типів ґрунтоутворення. Ґрунтові мікроорґанізми та продукти їх метаболізму беруть активну участь у формуванні родючості ґрунтів.

Життєдіяльність ґрунтових мікроорґанізмів залежить від хімічних, фізичних та біологічних чинників. Вони чутливо реагують на вологість, температуру, кислотність ґрунтового розчину, ґрунтового повітря. Важливе значення для їх життєдіяльності має поживний режим ґрунту та вміст гумусу.

За даними авторів [306], мікроорґанізми складають 60–90 % ґрунтової біоти. Позитивна дія мікроорґанізмів на рослину полягає в тому, що вони перетворюють орґанічні залишки в елементи мінерального живлення, постачають до рослин біологічні речовини, які стимулюють їхній ріст, синтезують протимікробні речовини й гумус, а також беруть безпосередню участь у формуванні родючості чорноземного ґрунту [359].

Низка науковців переконана, що орґанічні та мінеральні добрива

збільшують чисельність мікроорганізмів в ґрунті [6]. Ряд учених [305, 306, 358] вважають, що із зростанням доз мінеральних добрив інтенсивність мікробіологічних процесів підвищуються. При цьому І. М. Малиновська, С. О. Гаврилов [304] відзначають стимулюючу дію невисоких і стримуючу дію високих норм добрив на кількість мікроорганізмів ґрунту. Вплив різних видів і доз добрив на біохімічну активність ґрунту й мікрофлору залежить від фізико-хімічних особливостей, які властиві певному виду ґрунтоутворення.

Зростання кількості мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп у мікробному ценозі відбувається і за внесення гною, побічної продукції, маси сидеральних культур. Зароблення соломи сприяє збільшенню кількості бактерій, целюлозолітичних мікроорганізмів та стрептоміцетів [636].

За застосування орґано-мінеральних і орґанічних систем удобрення здійснюється незначна активізація мікрофлори, яка позитивно впливає на процеси синтезу гумусу та його вміст, тобто на підтримку біохімічної активності й високої біогенності [658].

Застосування підвищених норм мінеральних добрив, недотримання сівозміни, засобів захисту рослин призводить до порушення функціонування біоценозу. За таких умов спостерігається негативна діяльність мікроорганізмів – підвищення фітотоксичності ґрунту, деструкція гумусу, розвиток фітопатогенних мікроорганізмів, унаслідок чого рослини масово захворюють [187, 549].

У літературі наявні неоднозначні дані, що свідчать про недостатньо вивчену роль систем удобрення в короткоротаційних сівозмінах, у регулюванні біодинаміки ґрунту. Варто зауважити, що вирощування сільськогосподарських культур за різних систем удобрення та впливом на мікрозаселення чорнозему складне за характером, тому для уникнення негативних наслідків потребує певної уваги.

Дослідження, проведені на чорноземах типових у короткоротаційних сівозмінах засвідчили, що чисельність біоценозу ґрунту значно залежить від системи його обробітку та удобрення. Процеси нітрифікації й амоніфікації, які тісно пов'язані з ґрунтовою діяльністю мікрофлори, за застосування в плодозмінній сівозміні орґано-мінеральної системи удобрення на період сходів соняшнику сприяють збільшенню кількості амоніфікаторів (табл. 6.6). Така властивість спостерігається за плодозмінної сівозміни і зумовлена за рахунок наявності біологічного азоту. За застосування 11,5 т/га орґанічних добрив, із них 8 т гною і 3,5 т побічної продукції, заорювання маси сидеральних культур у перерахунку на гній і $N_{80}P_{80}K_{80}$ під соняшник кількість амоніфікаторів у ґрунті досягла на час сходів 30,0 млн у 1 г ґрунту, що на 54,6 % більше, ніж на контролі.

У просапній сівозміні кількість амоніфікаторів також відзначена високою, що становило 28,5–29,5 млн в 1 г ґрунту. За просапної сівозміни відбуваються підвищені амоніфікаційні процеси, у зернопросапній та зернопросапній

спеціалізованій цей рівень нижчий. Так, кількість амоніфікаторів у зернопросапній спеціалізованій сівозміні за мінеральної системи удобрення зросла на 20,8% порівняно з неудобреним фоном.

Кількість амоніфікаторів за зернопросапної сівозміни виявилася на 3 % меншою, порівняно з плодозмінною сівозміною.

Загальна кількість бактерій, які використовують азот мінеральних сполук на період сходів соняшнику , зростала за вивчених сівозмін, що спричинило активність іммобілізаційних процесів у чорноземі типовому. За органо-мінеральної системи удобрення їхня чисельність за плодозмінної сівозміни досягла 33,2 млн у 1 г ґрунту.

За зернопросапної спеціалізованої і зернопросапної сівозмін кількість таких знаходилася на одному рівні до плодозмінної, що пов'язано з особливістю перебігу мінералізаційних процесів у ґрунті.

Чисельність олігонітрофілів, які живуть і розвиваються в ґрунтах із низьким вмістом азоту та вуглецю, досить різномірна. Найбільше в чорноземному ґрунті на удобрених ділянках їх спостерігали в просапній і зернопросапній спеціалізованій сівозмінах – відповідно 18,6 та 18,0 млн у 1 г ґрунту, у плодозмінній – 16,8 млн у 1 г ґрунту.

Таблиця 6.6

Чисельність мікрофлори у чорноземі типовому на період сходів соняшнику в короткоротаційних сівозмінах залежно від системи удобрення, млн/1 г ґрунту за 2016–2019 рр.

Сівозміна	Система удобрення	Загальна чисельність	Бактерії що використовують N мін. сполуки	Амоніфікатори	Олігонітрофіли	Фосфорні бактерії
Плодозмінна	Без добрив	64,5	24,3	19,4	15,2	5,6
	Органо-мінеральна	86,6	33,2	30,0	16,8	6,6
	Мінеральна	78,7	31,1	29,7	12,7	5,2
Зерно-просапна	Без добрив	65,0	31,8	14,0	11,9	7,3
	Мінеральна	71,8	31,2	23,1	9,1	8,4
Зернопросапна спеціалізована	Без добрив	60,4	22,4	19,7	12,6	5,7
	Мінеральна	82,7	33,7	23,8	18,4	6,8
Просапна	Без добрив	67,1	24,8	28,5	9,4	4,4
	Мінеральна	89,0	33,8	29,5	18,6	7,1
НР ₀₅		4,6	2,0	1,6	0,9	0,5

За надмірної кількості мінерального азоту в чорноземі типовому, що стається за зернопросапної і плодозмінної сівозмін, розвиток олігонітрофілів сповільнюється.

У зернопросапній сівозміні на період сходів сояшнику виявлена найбільша чисельність фосфорних бактерій – 8,4 млн у 1 г ґрунту, найменша відзначена за просапної сівозміни – 4,4 млн у 1 г ґрунту.

Застосування органо-мінеральної системи удобрення підвищує мінералізацію органічної речовини добрив і ґрунту, посилює розвиток бактерій а чорноземі типовому, зумовлюючи поліпшення поживного режиму. За зростання чисельності бактерій, що використовують мінеральний азот, це сприяє зниженню втрат азоту з ґрунту.

Отже, мікробіологічні процеси, які перебігають пришвидшено за плодозмінної сівозміни за рахунок наявності біологічного азоту, сприяють збільшенню кількості мікроорганізмів.

Дослідження стану мікробного ценозу ґрунту за різних систем удобрення на період збирання сояшнику свідчать про істотні кількісні зміни мікроорганізмів (табл. 6.7). Кількість мікроорганізмів зросла за застосування добрив порівняно з контролем.

Таблиця 6.7

Чисельність мікрофлори у чорноземі типовому на період збирання сояшнику в короткатораційних сівозмінах залежно від системи удобрення, млн/1г ґрунту за 2016–2019 рр.

Сівозміна	Система удобрення	Загальна чисельність	Бактерії, що використовують N мінеральних сполуки	Амоніфікатори	Олігонітрофіли	Фосфорні бактерії
Плодозмінна	Без добрив	46,5	21,1	15,5	4,5	5,4
	Органо-мінеральна	53,1	22,2	17,7	9,7	3,5
	Мінеральна	56,0	24,5	17,8	11,1	2,6
Зерно-просапна	Без добрив	48,0	19,6	14,5	10,8	3,1
	Мінеральна	59,3	25,2	15,2	15,2	3,7
Зернопросапна спеціалізована	Без добрив	50,2	21,0	13,4	10,7	5,1
	Мінеральна	51,4	22,9	15,5	10,3	2,7
Просапна	Без добрив	58,9	22,4	14,3	16,6	5,6
	Мінеральна	47,2	20,9	11,1	8,9	6,3
НІР ₀₅		1,2	0,3	0,7	1,9	4,3

Подібне пояснюється тим, що мікроорганізмам потрібно надходження органічної речовини як поживного та енергетичного матеріалу. За спільного

застосування мінеральних та органічних добрив чисельність мікроорганізмів збільшилася на 3,3–14,1 % порівняно з контролем. Питома вага бактерій, які здатні використовувати мінеральний азот, істотно зростала за плодозмінної, зернопросапної та зернопросапної спеціалізованої сівозмін на удобрених ділянках порівняно з контролем у середньому на 5,0–28 %.

Найбільшу кількість мікроорганізмів з оліготрофним живленням виявлено на неудобреному фоні 16,6 млн на 1 г ґрунту.

Чисельність фосформобілізуючих мікроорганізмів істотно змінювалася залежно від системи удобрення.

Інтенсивно процеси накопичення фосфору бактеріями відбувалися за мінеральної системи удобрення, в просапній та зернопросапній сівозмінних. Наприкінці вегетації сояшнику порівняно з періодом сходів, кількість фосфорних бактерій зменшилася, що можливо зумовлено мінералізацією органічного фосфору.

Отже, застосування мінеральної системи удобрення сприяє зростанню чисельності мікроорганізмів чорнозему типового. Найбільшу чисельність мікроорганізмів зафіксовано за плодозмінної сівозмін.

6.4 Кореляційні зв'язки біологічних показників родючості чорнозему типового

Найважливішими показниками якості ґрунту виступають біомаса мікроорганізмів, таксономічний склад мікрофлори та її функціональна різноманітність. Вони підлягають тим же закономірностям залежності від екологічних чинників, що й у випадку спостережень ґрунту. Таксономічна і, відповідно, функціональна різноманітність мікробного угруповання знижується [135].

Між рівнем зволоженості та чисельністю основних таксономічних груп мікроорганізмів чорнозему типового виявлено прямий кореляційний зв'язок (табл. 6.8).

Кореляційна залежність фізіологічних груп ґрунтових мікроорганізмів із запасами доступної вологи в шарі 0–30 см показує прямий кореляційний зв'язок на рівні сильної кореляції ($r=+0,91-0,99$; $R^2=0,82-0,99$), чисельність мікроорганізмів в ґрунті визначається рівнем зволоженості чорнозему типового в шарі 0-30 см. Між зволоженістю ґрунту і бактеріями, що використовують азот мінеральних сполук коефіцієнт кореляції $r=0,91\pm 0,41$. Із зростанням чисельності амоніфікувальних і оліготрофних мікроорганізмів у ґрунті, їхній зв'язок із рівнем зволоженості також знаходиться на рівні прямої сильної кореляції (див. табл. 6.8).

Визначено взаємозв'язок між чисельністю груп мікроорганізмів і фізико-хімічними показниками: кислотністю та сумою ввібраних основ (табл. 6.9).

Між кислотністю та бактеріями, що використовують азот мінеральних сполук виявлено пряму сильну кореляційну залежність $r=0,80\pm 0,22$, з амоніфікувальними групами мікроорганізмів та фосфорними бактеріями

кореляційний зв'язок послаблювався до прямого середнього рівня $r=0,53\pm 0,32$, $r=0,42\pm 0,34$. Кореляційний зв'язок обмінної кислотності з оліготрофними групами мікроорганізмів був слабким $r = 0,07\pm 0,37$.

Таблиця 6.8

Залежність чисельності мікроорганізмів від запасу доступної води в ґрунті (y)

Мікроорганізми	Рівняння регресії $y = ax \pm c$	Коефіцієнти	
		кореляції, r	детермінації, R ²
Запаси доступної води в 0-30 см шарі ґрунту, мм			
Бактерії, що використовують N мінеральних сполук	$y=30,18+0,269x$	$r=0,91$	0,82
Амоніфікатори	$y=29,77+ 0,382x$	$r=0,96$	0,93
Аліготрофіли	$y=35,028 + 0,147x$	$r=0,99$	0,99

Таблиця 6.9

Залежність фізико-хімічних показників від чисельності груп мікроорганізмів у шарі чорнозему типового 0-25 см

Група мікроорганізмів	Рівняння регресії $y = ax \pm c$	Коефіцієнти	
		Кореляції, r	Детермінції, R ²
рН			
Загальна чисельність	$y = 6,79 + 0,008x$	$r = 0,38$	0,14
Бактерії, що використовують N мінеральних сполук	$y = 6,12 + 0,050x$	$r = 0,80$	0,65
Амоніфікатори	$y = 6,79 + 0,029x$	$r = 0,53$	0,28
Олігонітрофіли	$y = 7,20 + 0,002x$	$r = 0,07$	0,005
Фосфорні бактерії	$y = 7,37-0,034x$	$r = 0,42$	0,18
Сума ввібраних основ, мг екв. на 100 г ґрунту			
Загальна чисельність	$y = 46,13 + 0,047x$	$r = 0,27$	0,074
Бактерії, що використовують N мінеральних сполук	$y = 41,26 + 0,33x$	$r = 0,67$	0,44
Амоніфікатори	$y = 46,75 + 0,125x$	$r = 0,30$	0,084
Олігонітрофіли	$y = 47,87 + 0,069x$	$r = 0,27$	0,75
Фосфорні бактерії	$y = 49,025 - 0,094x$	$r = -0,14$	0,021

Між сумою увібраних основ і бактеріями, що використовують азот мінеральних сполук встановлено прямий середній кореляційний зв'язок $r=0,67\pm 0,28$; $R^2=0,44$, чисельність амоніфікувальних, олігонітрофільних та груп

мікроорганізмів корелювала на слабкому рівні: $r=0,30\pm 0,36$; $R^2=0,084$; $r=0,27\pm 0,35$; $R^2=0,074$.

Зростання вмісту гумусу в ґрунті на рівні прямої середньої кореляції ($r=0,51\pm 0,32$; $R^2=0,265$) пов'язано із збільшенням чисельності амоніфікаторів, що сприяють зростанню біогенності чорнозему типового (табл. 6.10). Із фосфорними бактеріями та вмістом гумусу встановлена середній обернений кореляційний зв'язок $r=-0,48\pm 0,33$; $R^2=0,232$. Між вмістом гумусу та загальною чисельністю бактерій, що використовують азот мінеральних сполук, оліготрофними групами мікроорганізмів виявлено слабку кореляційну залежність $r=0,26\pm 0,36$; $r=0,28\pm 0,36$; $r=0,24\pm 0,37$.

Таблиця 6.10

Залежність вмісту гумусу в 0-25 см шарі ґрунту від чисельності груп мікроорганізмів

Група мікроорганізмів	Рівняння регресії $y = ax \pm c$	Коефіцієнти	
		Кореляції, r	Детермінції, R ²
Вміст гумусу в 0-25 см шарі			
Загальна чисельність	$y = 3,42 + 0,007x$	$r = 0,26$	0,069
Бактерії, що використовують N мінеральних сполук	$y = 3,306 + 0,021x$	$r = 0,28$	0,083
Амоніфікатори	$y = 3,280 + 0,033x$	$r = 0,51$	0,265
Олігонітрофіли	$y = 3,680 + 0,009x$	$r = 0,24$	0,058
Фосфорні бактерії	$y = 3,978 - 0,047x$	$r = 0,48$	0,232

Результати дослідження зв'язку між урожайністю культур і біологічними чинниками виявилися наступними (табл. 6.11).

Таблиця 6.11

Залежність біологічних чинників від урожайності культур сівозмін

x	y	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії
Урожайність, т/га	Актуальна забур'яненість на час сходів соняшнику	$r=-0,60\pm 0,32$	$y=313,69-70,08x$
Урожайність соняшнику	Актуальна забур'яненість на період збирання	$r=-0,61\pm 0,32$	$y=56,80-5,4x$
Урожайність соняшнику	Маса бур'янів	$r=-0,44\pm 0,28$	$y=588,3-134,82x$
Урожайність гороху	Розвиток кореневих гнилей гороху у фазу цвітіння	$r=-0,45\pm 0,33$	$y=28,07-301x$
Урожайність буряків цукрових	Розвиток церкоспорозу	$r=-0,70\pm 0,29$	$y=67,54-0,428x$

Виявлено неістотний обернений кореляційний зв'язок між урожайністю соняшнику і забур'яненістю на час сходів соняшнику ($r=-0,60\pm 0,32$), рівняння

регресії ($Y = 313,69 - 70,08X$).

Неістотний обернений кореляційний зв'язок спостерігається між забур'яненістю на період збирання соняшнику та його урожайністю ($r = -0,61 \pm 0,32$), рівняння регресії ($y = 156,80 - 35,4x$); масою бур'янів та урожайністю соняшнику ($r = -0,44 \pm 0,28$), рівняння регресії ($y = 558,3 - 134,82x$).

Обернений неістотний середній кореляційний зв'язок виявлено між розвитком кореневих гнилей гороху у фазі цвітіння та його урожайністю ($r = -0,45 \pm 0,35$), рівняння регресії ($y = 28,07 - 1,301x$).

Сильний обернений зв'язок встановлено між урожайністю буряків цукрових і розвитком церкоспорозу буряків ($r = -0,70 \pm 0,29$), рівняння регресії ($y = 67,54 - 1,428X$).

Отже, на досліджених ділянках перевага визначена за дводольними видами бур'янів, що становить понад 60% від однодольних.

Застосування мілкого безполицевого обробітку в короткоротаційних сівозмінах призводить до зростання забур'яненості агроценозів, із перевагою однодольних бур'янів, за полицево-безполицевого обробітку – дводольних. Забур'яненість агроценозів у короткоротаційних сівозмінах на початку сходів залежить на 39% від систем удобрення і на 52% від обробітку ґрунту.

Встановлено істотне збільшення маси бур'янів від 305 до 341 г/м² на фоні мілкого безполицевого обробітку ґрунту порівняно з контролем. Найвищою протибур'яною ефективністю за масою бур'янів визначився полицево – безполицевий обробіток ґрунту.

Найзначнішим розвиток кореневої гнилі гороху виявився за мілкого безполицевого обробітку ґрунту, що становило 27%. Застосування оранки під горох сприяло зниженню інтенсивності поширення і розвитку кореневої гнилі згаданої культури. Без застосування добрив в агроценозі буряків цукрових відбувається зростання рівня ураження рослин культури церкоспорозом. Мінеральна система удобрення забезпечила істотне зниження розвитку церкоспорозу на буряках цукрових. безполицевого обробітку відбулося зростання розвитку церкоспорозу буряків цукрових на 4,1-4,9% порівняно з диференційованим обробітком ґрунту.

Із застосуванням мінеральної системи удобрення зросли показники, розкладу лляної тканини, тоді як за органо-мінерального удобрення простежувалася тенденція до неістотного зниження целюлозолітичної активності ґрунту.

Виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту посилюється за полицево-безполицевого і диференційованого обробітку ґрунту порівняно з безполицевим на 33 мг/м² CO₂. Інтенсивність дихання зростає у міру збільшення застосування на варіантах добрив на 2,7-6,7 %.

За плодозмінної сівозміни розвиток мікробіоти відбувався найінтенсивніший від застосування під соняшник органо-мінеральної системи удобрення на період сходів на удобрених ділянках. Загальна кількість культури становила 78,7 та 86,6 млн у 1 г ґрунту. При цьому переважали мікроорганізми, які належать до групи амоніфікаторів.

7. ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

7.1. Урожайність культур

Науково-технічний прогрес в сучасному землеробстві досягнув потужного розвитку. Потенціальні можливості підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь надзвичайно великі. В Україні за використання тільки 2% фотосинтетично активної радіації (ФАР) протягом вегетаційного періоду можна щорічно отримувати понад 125 ц сухої маси органічної речовини з 1 га. Системи землеробства у вирішенні такого надзвичайно важливого завдання мають вирішальне значення [425].

Якість врожаю сільськогосподарських культур та його величина слугують основою для оцінки всіх агрозаходів, які виконуються у різних ґрунтово-кліматичних зонах [52]. На сьогодні залишається актуальною проблема раціонального поєднання різних складових технології вирощування культур: удобрення та обробітку ґрунту, сівозміни, які забезпечували високі врожаї й сприяють стабілізації родючості ґрунту, бездефіцитного балансу елементів мінерального живлення [366, 583].

В агротехнічних заходах, спрямованих на підвищення продуктивності культур у сівозміні й родючості ґрунтів, важлива роль належить використанню мінеральних і органічних добрив, підвищенню їхньої ефективності за умов різних заходів основного обробітку ґрунту [545]. Ефективність добрив досягається, коли вони застосовуються з урахуванням біологічних особливостей культури, ґрунтово-кліматичних умов, структури сівозміни і попередників та заходів обробітку ґрунту [625].

У досліджах Л. А. Барштейн, В. М. Якименко та І. С. Шкаредний [19] довели, що під впливом добрив зростає урожайність усіх сільськогосподарських культур, а також підвищується продуктивність сівозмін. У плодозмінній сівозміні за умови оранки та внесення на 1 га ріллі 7,5 т гною + N₅₀P₆₆K₆₆ урожайність зеленої маси конюшини в середньому за дві ротації порівняно з неодобреним фоном зросла на 23%, пшениці озимої й цукрових буряків – на 32 і 74% відповідно, кукурудзи на зелений корм – на 57%, гороху – на 38%, ячменю ярого – на 82% [573]. Застосування добрив виявилось вагомим фактором збільшення урожайності культур. Спільна дія мінеральних і органічних добрив забезпечує зростання врожайності культур та продуктивність сівозмін, порівняно тільки одного виду цих добрив. Добрива значно підвищують врожайність та стабілізують її. Без добрив коефіцієнт варіації врожайності пшениці озимої після конюшини у плодозмінній сівозміні становив 23%, після застосування добрив – знизився до 18 % [19, 482].

За одержаними результатами, на врожайність люцерни істотний вплив виявляли системи удобрення. Найвищу врожайність за роки досліджень спостерігали за мінеральною системою удобрення, найнижчою вона виявилася на варіанті без добрив (на 61 % менше від мінеральної системи). Урожайність

люцерни за мілкого безполицевого істотно зменшилася, тоді як за полицево-безполицевого і диференційного обробітку трималася на одному рівні (табл. 7.1).

Пшеницю озиму в плодозмінній сівозміні висівали після люцерни, істотно вищу врожайність одержали за мінеральної системи удобрення у середньому за роки досліджень – 5,9 т/га. Органо-мінеральна система удобрення знижувала рівень урожайності пшениці озимої на 0,3 т/га, при $HP_{05} = 0,22$ т/га.

Урожайність цукрових буряків впродовж двох ротацій сівозміні змінювалася в незначних межах. Найсприятливіші ґрунтові умови для формування врожаю буряків цукрових склалися за мінеральної системи удобрення. У середньому урожайність цукрових буряків за орґано-мінеральної системи удобрення була на 7,4% меншою, ніж за мінеральної, а за орґанічної – на 30 % (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Урожайність культур короткоротаційних сівозмін залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту, т/га за 2012–2021 рр.

Система удобрення, А	Варіант обробітку ґрунту, В	Плодозмінна						Зернопросапна				
		Люцерна	Пшениця озима	Буряки цукрові	Соняшник	Гречка	Ячмінь + Люцерна	Соя	Пшениця озима	Соняшник	Ячмінь	Кукурудза
Без добрив	1	7,87	3,06	27,2	1,9	0,8	2,9	1,8	3,3	1,7	2,7	5,4
	2	7,91	3,16	27,3	1,9	0,9	2,9	1,8	3,4	1,8	2,7	5,3
	3	5,12	2,74	22,0	1,5	0,7	2,3	1,4	2,8	1,3	2,2	4,3
Орґанічна	1	10,5	3,81	37,1	2,2	1,0	3,6	2,3	4,1	2,0	3,1	6,5
	2	10,9	3,71	37,5	2,2	1,0	3,6	2,3	4,2	2,0	3,0	6,5
	3	7,9	3,64	30,9	1,9	0,8	3,2	1,9	3,6	1,8	2,6	5,2
Орґано-мінеральна	1	13,1	5,66	53,3	2,8	1,1	3,8	2,6	5,2	2,5	3,5	7,4
	2	13,8	5,77	54,4	3,0	1,2	3,8	2,7	5,2	2,7	3,4	7,5
	3	9,9	5,36	43,7	2,4	0,9	3,5	2,5	4,4	2,2	3,1	5,6
Мінеральна	1	19,1	5,92	50,6	3,0	1,3	4,0	2,8	5,5	2,7	3,8	9,7
	2	19,3	6,03	59,0	3,2	1,4	4,0	2,9	5,7	2,8	3,7	9,6
	3	15,7	5,6	47,8	2,6	1,1	3,7	2,6	5,3	2,4	3,3	6,3
HP ₀₅ А		0,76	0,26	2,9	0,12	0,09	0,21	0,21	0,31	0,17	0,14	0,46
HP ₀₅ В		0,66	0,22	2,6	0,10	0,07	0,18	0,10	0,27	0,15	0,12	0,39

Примітка: 1 – Диференційований (контроль); 2 – Полицево-безполицевий; 3 – Мілкий безполицевий

Використання мінеральних добрив у сівозміні під буряки цукрові сприяє зростанню їх врожайності [20].

Застосування полицево-безполицевого та диференційованого обробітків ґрунту сприяють суттєвому зростанню урожайності буряків цукрових.

Таблиця 7.2

Урожайність культур короткоротаційних сівозмін залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту, т/га за 2012–2021 рр.

Система удобрення, А	Варіант обробітку ґрунту, В	Зернопросапна спеціалізована						Просапна				
		Гречка	Пшениця озима	Кукурудза	Соняшник	Ячмінь	Соняшник	Горох	Пшениця озима	Соняшник	Кукурудза	Соняшник
Без добрив	1	0,76	3,5	5,0	1,6	2,2	1,4	2,7	4,0	1,8	5,9	1,6
	2	0,81	3,5	5,0	1,7	2,4	1,6	2,7	4,0	1,9	6,0	1,7
	3	0,69	2,9	4,2	1,5	2,3	1,4	2,2	3,6	1,8	5,4	1,6
Органічна	1	0,88	3,8	5,9	1,9	2,6	1,7	3,3	4,3	1,9	6,3	1,8
	2	0,92	3,8	6,0	1,8	2,6	1,8	3,4	4,4	2,0	6,6	1,8
	3	0,78	3,9	5,3	1,7	2,3	1,7	3,0	4,1	1,4	6,1	1,6
Органо-мінеральна	1	1,01	4,2	6,7	2,1	2,8	1,8	3,8	4,8	2,0	6,6	1,9
	2	1,14	4,3	6,8	2,2	2,9	1,9	3,8	4,7	2,0	6,5	1,8
	3	0,87	4,0	5,3	1,8	2,5	1,5	3,5	4,5	1,5	5,1	1,4
Мінеральна	1	1,17	4,5	7,7	2,4	3,2	2,2	4,0	5,6	2,4	7,5	2,2
	2	1,29	4,6	8,0	2,4	3,2	2,2	4,1	5,6	2,4	7,7	2,3
	3	1,03	4,6	5,9	1,9	2,9	1,7	3,7	5,6	2,1	5,9	1,9
НІР ₀₅ А		0,09	0,20	0,28	0,25	0,12	0,10	0,14	0,19	0,15	0,19	0,10
НІР ₀₅ В		0,07	0,17	0,24	0,11	0,10	0,09	0,12	0,17	0,13	0,16	0,09

Примітка: 1 – Диференційований (контроль); 2 – Полицево-безполицевий; 3 – Мілкий безполицевий.

Мілкий безполицевий обробіток ґрунту сприяв суттєвому зниженню врожайності буряків цукрових порівняно до контролю на 18 %.

Урожайність соняшнику в плодозмінній сівозміні залежала від системи удобрення й обробітку ґрунту (табл. 7.1, дод. К 4). Так, урожайність соняшнику була високою. Чорноземні ґрунти мають властивість добре реагувати на азотні добрива. Це проявляється, насамперед, на фоні належної агротехніки, коли систематично вносять достатню кількість фосфорних і калійних добрив. Від цього азотні добрива діють не лише прямо, й опосередковано, що дає змогу рослинам повніше використовувати поживні речовини з ґрунту [229].

Гречка є однією з найцінніших круп'яних культур. Завдяки високим поживним і смаковим якостям гречана крупа вважається дієтичним і навіть лікувальним продуктом. Гречка добре використовує післядію добрив, і агротехнічна ефективність того або іншого попередника може значно змінюватися залежно від системи удобрення в сівозміні. Гречку вирощували у плодозмінній сівозміні після соняшнику (див. табл. 7.1). Найвищий рівень врожайності (1,12 т/га) отримано за полицево-безполіцевого обробітку ґрунту, нижчу врожайність отримано за мілкого безполіцевого отримано – 0,90 т/га (рис. 7.2).

Ячмінь ярий – цінна технічна, кормова і продовольча культура. У плодозмінній сівозміні ячмінь вирощували після соняшнику. У середньому за 2012-2021 рр. варіювання його врожайності знаходилася в межах 2,7–3,9 т/га за систем удобрення. За органо-мінеральної системи удобрення урожайність ячменю порівняно до мінеральної – зменшилася на 0,2 т/га за $НІР_{05} = 0,01$. Органічна система удобрення істотно знизилася урожайність на 0,5 т/га порівняно з мінеральною. Урожайність за диференційованого і полицево-безполіцевого обробітку трималася на одному рівні, що становило 3,6 т/га.

Соя – найдавніша і найпоширеніша високобілкова, олійна культура у світі. Виробництво сої в Україні характеризується динамічним зростанням посівних площ і валових зборів. Рівень урожайності вдвічі менший порівняно з США, Бразилія, Аргентина та ін. Актуальним стає пошук способів створення оптимальних умов для максимальної реалізації генетичного потенціалу сої [364].

Низка авторів [1, 206] зазначає, що соя малочутлива до повторного вирощування, ніж горох, люпин, боби кормові.

Максимальну врожайність культура формує за насичення нею короткоротаційних сівозмін не вище 25–33 %. У середньому за роки досліджень за органо-мінеральної системи удобрення урожайність сої становила 2,6 т/га й істотно не знизилася, порівняно з мінеральною – 2,8 т/га за $НІР_{05} = 0,21$. Мілкий безполіцевий обробіток знизив урожайність порівняно з контролем на 0,3 т/га.

Найвища урожайність пшениці озимої після сої, зернопросапної сівозміни, одержана за мінеральної системи удобрення – 5,5 т/га. За органічної й органо-мінеральної систем удобрення урожайність знизилася порівняно з мінеральною на 1,5 т/га і 0,6 т/га відповідно $НІР_{05} = 0,31$.

Урожайність соняшнику зернопросапної сівозміни знаходилася у середньому в межах 1,6-2,6 т/га. Рівень урожайності за мінеральної й органо-мінеральної систем удобрення становив 2,6 т/га і 2,5 т/га відповідно за $НІР_{05}=0,17$.

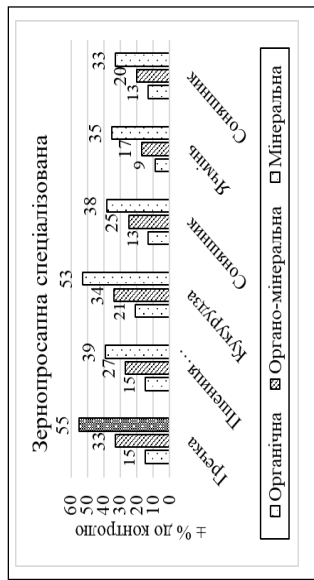
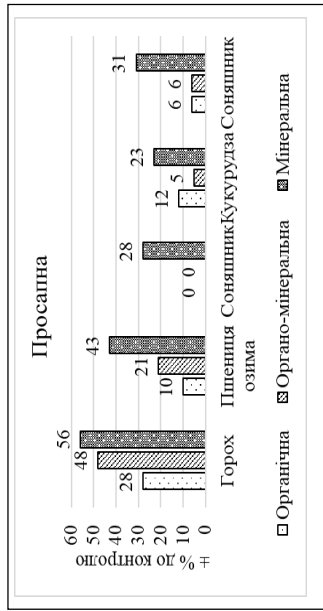
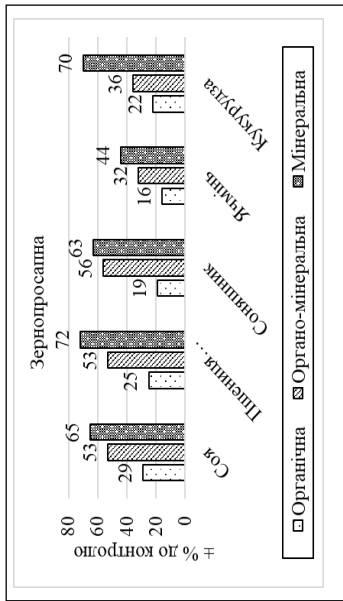
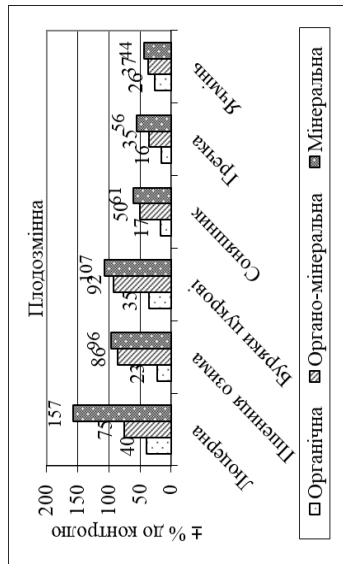


Рис. 7.1 Реакція культур сівозмін на системи удобрення, ± % до контролю, без добрив за 2012–2021 рр.

За органічної системи удобрення урожайність соняшнику була вищою на 0,3 т/га порівняно з неудобреним варіантом.

Одержана урожайність ячменю зернопросапної сівозміни на полицево-безполицевому обробітку знизилася на 0,10 т/га за $НР_{05}=0,12$ порівняно з контролем. Мілкий безполицевий обробіток знизив урожайність на 0,5 т/га порівняно з диференційованим. Застосування органо-мінеральної системи удобрення істотно знизило урожайність на 0,3 т/га за $НР_{05}=0,14$ порівняно з мінеральною системою.

Найвища урожайність кукурудзи зернопросапної сівозміни одержана за мінеральної системи удобрення - 8,5 т/га, що істотно перевищує інші системи удобрення. У середньому рівень урожайності за диференційованого і полицево-безполицевого обробітку становив 7,2 т/га (рис. 7.2).

Рівень урожайності гречки зернопросапної спеціалізованої сівозміни найвищим виявився за мінеральної системи удобрення - 1,16 т/га, що на 0,16 т/га перевищував органо-мінеральну систему за $НР_{05}=0,09$ (табл. 8.2). Урожайність за полицево-безполицевого обробітку зросла на 0,08 т/га за $НР_{05}=0,07$ порівняно з контролем.

Пшениця озима завдяки високій продовольчій цінності посідає основне місце серед найважливіших зернових культур.

Пшеницю озиму вирощували після гречки зернопросапної спеціалізованої сівозміни.

Істотно вища врожайність пшениці озимої одержана за мінеральної системи удобрення у середньому 4,6 т/га. Полицево-безполицевий обробіток ґрунту мав лише тенденцію до підвищення урожайності на 0,10 т/га за $НР_{05}=0,17$ порівняно з контролем. Мілкий безполицевий обробіток ґрунту істотно знижував урожайність пшениці озимої на 0,2 т/га за $НР_{05}=0,17$.

Кукурудзу на зерно в зернопросапній спеціалізованій сівозміні розміщували після пшениці озимої (дод. К₁₄). Застосування полицево-безполицевого обробітку ґрунту виявлено меншу тенденцію до підвищення рівня урожайності зерна кукурудзи на 0,10 т/га за $НР_{05}=0,24$ порівняно з диференційованим обробітком. Найвища урожайність зафіксована за мінеральної системи удобрення і в середньому становить 7,2 т/га.

Соняшник вирощували після пшениці озимої зернопросапної спеціалізованої сівозміни. Органо-мінеральна система удобрення мала тенденцію до зниження урожайності соняшнику на 0,2 т/га за $НР_{05}=0,25$ порівняно з мінеральною системою.

Органічна система призводила до зниження урожайності соняшнику на 0,4 т/га порівняно з мінеральною системою. Урожайність соняшнику за полицево-безполицевого і диференційованого обробітків знаходилася на одному рівні, що становила 2,0 т/га, тоді як мілкий безполицевий обробіток знизив на 0,3 т/га.

Найвища урожайність ячменю зернопросапної спеціалізованої сівозміни отримана за мінеральної системи удобрення, що становить у середньому 3,1

т/га. Застосування полицево-безполицевого основного обробітку призводило до зростання урожайності ячменю на 0,10 т/га порівняно до контролю.

За вирощування соняшнику після ячменю ярого у зернопросапній спеціалізованій сівозміні отримано урожайність на рівні 1,5-2,0 т/га. Істотно вища урожайність соняшнику одержана на полицево-безполицевому обробітку ґрунту на 0,10 т/га за $HP_{05}=0,09$ порівняно з контрольним варіантом. Мінеральна система удобрення призводила до зростання урожайності соняшнику на 0,2 т/га порівняно з органо-мінеральною і на 0,3 т/га з органічною системою удобрення.

Важлива роль у нарощуванні виробництва білка у багатьох країнах світу, а також в Україні, належить гороху. Горох, як і більшість зернобобових культур, здатний накопичувати кількість білка в зерні (20–30 %), у вегетативній масі (2,8–4,0 %), соломі (6–8 %).

У проведених дослідженнях горох вирощували у просапній сівозміні (дод. К 18). Найвищий рівень врожайності (3,9 т/га) отримано за мінеральної системи удобрення, тоді як за органо-мінеральної й органічної систем удобрення отримано нижчу врожайність на 0,2 і 0,7 т/га відповідно. Урожайність гороху за полицево-безполицевого обробітку ґрунту не істотно зросла на 0,10 т/га за $HP_{05}=0,12$. Істотно нижча урожайність гороху отримана за мілкого безполицевого обробітку ґрунту.

Результати досліджень засвідчили, що урожайність пшениці озимої за полицево-безполицевого і диференційованого обробітку ґрунту в середньому трималася на рівні 4,7 т/га, за мілкого безполицевого була нижчою на 0,2 т/га. Найвища врожайність пшениці озимої отримана за мінеральної системи удобрення, що у середньому становить 5,6 т/га. Істотно нижча урожайність отримана за органічної – на 1,3 т/га і органо-мінеральної – на 0,9 т/га порівняно з мінеральною системою удобрення.

У дослідженнях Ю. В. Мащенко та ін. [278] встановлено, що більша урожайність пшениці озимої зафіксована у варіантах з органо-мінеральною системою удобрення 5,93 т/га.

На фоні традиційного (мінерального) удобрення у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ найвищу урожайність пшениці озимої 5,56 т/га отримали за плоскорізної системи основного обробітку ґрунту [202].

Найвищу врожайність соняшнику після пшениці озимої просапної сівозміни отримано за мінеральної системи удобрення – 2,3 т/га. Із застосуванням органічної й органо-мінеральної системи удобрення урожайність соняшнику в середньому становила по 1,8 т/га. Відбулося не істотне підвищення рівня урожайності за полицево-безполицевого обробітку ґрунту на 0,10 т/га за $HP_{05}=0,13$ порівняно з контрольним варіантом.

Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$ сприяло збільшенню врожайності насіння відносно ділянок без добрив, відповідно на 12,2; 13,3; 8,6%, але при цьому продуктивність соняшнику поступалася перед кращим варіантом удобрення на 4,1–8,3 % [86].

Кукурудза на зерно – одна з найпоширеніших культур у світовому рослинництві, яка за площами посівів займає у світі третє місце після пшениці і рису. В Україні кукурудза є однією з провідних зернових і зернофуражних культур.

Кукурудзу на зерно досліджували після соняшнику в просапній сівоzmіні. При цьому встановлено, що найвищу урожайність зерна кукурудзи зафіксовано за мінеральної системи удобрення, у середньому – 7,0 т/га, суттєво нижчу за органічної та органо-мінеральної – на 0,6 і 1,0 т/га відповідно порівняно з мінеральною системою удобрення. Відбулося не істотне зростання урожайності кукурудзи за полицево-безполицевого обробітку ґрунту на 0,1 т/га за $НІР_{05}=0,16$ порівняно з диференційованим. Застосування безполицевого обробітку ґрунту призводило до істотного зниження урожайності порівняно з контролем.

Урожайність соняшнику після кукурудзи просапної сівоzmіні у середньому знаходилася в межах 1,6–2,1 т/га.

Застосування диференційованого і полицево-безполицевого обробітків ґрунту призводило до одержання однакової урожайності на цих варіантах у середньому по 1,9 т/га. Істотно нижча урожайність отримана за мілкого безполицевого обробітку ґрунту на 0,3 т/га за $НІР_{05}=0,09$ порівняно з контролем.

Істотно зросла урожайність соняшнику за мінеральної системи удобрення, що в середньому становила 2,1 т/га. За органічної і органо-мінеральної систем удобрення урожайність істотно знизилася на 0,4 т/га порівняно з мінеральною системою.

Дослідженнями, проведеними в Полтавській державній аграрній академії встановлено, що урожайність зерна кукурудзи у варіанті з полицевим обробітком ґрунту вища (94,2 ц/га) порівняно з поверхневим (78,1 ц/га) на 16,1 ц/га [454].

Урожайність культур 10-пільної сівоzmіні залежала від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. За результатами досліджень встановлено, що найприйнятнішим варіантом основного обробітку ґрунту в сівоzmіні виявився полицево-безполицевий, за якого врожайність буряків цукрових, пшениці озимої після сої та кукурудзи на силос підвищувалася порівняно з диференційованим. Із застосуванням мілкого обробітку ґрунту врожайність культур сівоzmіні знижувалася. Впровадження органо-мінеральної системи удобрення істотно не знижувало врожайність культур сівоzmіні порівняно із застосуванням мінеральної системи [452].

Отже, мінеральна система удобрення сприяла зростанню урожайності культур короткоротаційних сівоzmін. Застосування полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту призводило до неістотного підвищення урожайності культур сівоzmін порівняно з контролем.

7.2. Продуктивність сівозмін

Науковообґрунтовані системи удобрення, з урахуванням особливостей ґрунту, кліматичних умов та біологічних особливостей культур суттєво підвищують продуктивність зернопросапної сівозміни [500]. Систематичне застосування добрив на чорноземних ґрунтах підвищувало продуктивність зернопросапної сівозміни на 8–9 % [534].

Урожайність культур, як і продуктивність сівозміни в цілому, виступає інтегральним показником ефективної родючості ґрунту, а її рівень визначається складним поєднанням цілого комплексу ґрунтових, погодних і біологічних факторів, системою удобрення культур, набором та схемою чергування їх у сівозміні [432, 468].

За науковообґрунтованого чергування культур поліпшуються умови життєдіяльності мікроорганізмів, зростає продуктивність агроценозів, підвищується якість сільськогосподарської продукції, поліпшується екологічний стан довкілля [156].

Основним показником ефективності сівозмін визнана її загальна продуктивність [529]. Рівень продуктивності культур, що входить до складу сівозміни, являє собою результат усіх технологічних заходів їхнього вирощування [399]. Рівень урожайності кожної культури та продуктивність сівозміни у цілому, значною мірою залежать від впливу попередників, системи обробітку ґрунту, удобрення та засобів захисту рослин [605].

У науковій літературі існує думка, що продуктивність сівозмін за умов альтернативного землеробства зменшується, порівняно з органо-мінеральною системою удобрення за оптимальних доз мінеральних добрив.

Одержано наступну продуктивність культур за виходом кормових одиниць залежно від систем удобрення і обробітку ґрунту (табл. 7.3, 7.4; рис. 7.3).

Продуктивність сівозміни з поєднанням органічної системи удобрення, сидерації та побічної продукції через виключення з господарського використання побічної продукції пшениці озимої, кукурудзи на зерно та гороху за виходом кормопротейінових одиниць, безперечно, помітно знижується [437].

Продуктивність окремих культур і сівозміни загалом слугує важливим показником, який уможливує проведення порівняльної оцінки культур різних біологічних груп. Найчастіше її визначають за виходом кормових, зернових, кормопротейінових одиниць та за кількістю енергії, яка акумулюється в одиниці продукції.

Найбільший збір кормових одиниць з 1 га (8,8 т/га) отримано у зернопросапній сівозміні за застосування мінеральної системи удобрення.

Застосування органо-мінеральної системи удобрення зумовило неістотне зниження продуктивності культур всіх короткоротаційних сівозмін. Органічна система удобрення за застосування лише природних ресурсів із внесенням на 1 га 8 т гною та 3,0 т нетоварної частини урожаю, маси післяжнивних сидератів призвела до суттєвого зниження на 22,5 % порівняно з мінеральною системою

**Продуктивність сівозмін залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту, виражена сумою основної і побічної продукції,
т/га к. од. за 2012–2021 рр.**

Система удобрення, А	Варіант обробітку ґрунту, В	Плодозмінна						Середнє	Зернопросапна					Середнє
		Людцерна	Пшениця озима	Буряки цукрові	Соняшник	Гречка	Ячмінь+ Людцерна		Соя	Пшениця озима	Соняшник	Ячмінь	Кукурудза	
Без добрив	1	1,81	4,7	8,4	3,4	1,0	4,6	3,9	2,8	5,1	3,0	4,2	11,3	5,2
	2	1,82	4,8	8,4	3,4	1,1	4,6	3,2	2,8	5,3	3,2	4,2	11,1	5,3
	3	1,17	4,2	6,8	2,7	0,9	3,6	3,2	2,5	4,3	2,3	3,4	9,0	4,3
Органічна	1	2,3	5,9	11,5	3,9	1,3	5,7	5,1	3,6	6,3	3,6	4,8	13,6	6,4
	2	2,5	5,7	11,6	3,9	1,3	5,7	5,1	3,6	6,5	3,6	4,7	13,6	6,4
	3	1,81	5,6	9,6	3,4	1,0	5,1	4,4	2,9	5,6	3,2	4,0	10,9	5,3
Органо-мінеральна	1	3,0	8,7	16,5	5,0	1,4	6,0	6,7	4,9	8,0	4,5	5,5	15,5	7,7
	2	3,17	8,9	16,8	5,4	1,5	6,0	6,9	4,2	8,0	4,8	5,3	15,7	7,6
	3	2,2	8,3	13,5	4,3	1,1	5,5	5,8	3,9	6,8	3,9	4,8	11,7	6,2
Мінеральна	1	4,3	9,1	15,6	5,4	1,7	6,3	7,0	4,4	8,5	4,8	5,9	20,3	8,7
	2	3,6	9,3	18,3	5,7	1,8	6,3	7,5	4,5	8,8	5,0	5,8	20,1	8,8
	3	3,6	8,7	14,8	4,6	1,4	5,8	6,4	4,0	8,2	4,3	5,1	13,2	6,9
НІР ₀₅ А		0,76	0,26	2,9	0,12	0,09	0,21	0,72	0,21	0,31	0,17	0,14	0,46	0,26
НІР ₀₅ В		0,66	0,22	2,6	0,10	0,07	0,18	0,64	0,10	0,27	0,15	0,12	0,39	0,20

Примітка: 1 – Диференційований (контроль); 2 – Полицево-безполицевий; 3 – Мілкий безполицевий.

У дослідженнях, проведених на чорноземних ґрунтах у чотирипільних сівозмінах упродовж двох ротацій, найбільшу продуктивність забезпечували варіанти з поєднаним заорюванням соломи пшениці озимої, сидерати – 5,65 т/га з.од., поєднаного заорювання під буряки цукрові пшениці озимої і післяжнивної гірчиці – 8,17 т/га к.од. [192].

У плодозмінній семипільній сівозміні найвищий вихід кормових одиниць (5,7 т/га) забезпечила органо-мінеральна система удобрення з насиченням N₅₆P₄₉K₆₉ + гній 15 т/га ріллі [119].

Застосування мінеральних добрив спільно з органічними поліпшує агрохімічні та фізико-хімічні показники ґрунту, що підвищує ефективність

добрив, при цьому зростає продуктивність культур і продуктивність сівозміни [183].

Таблиця 7.4

Продуктивність сівозмін залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту, виражена сумою основної і побічної продукції, т/га к. од. за 2012–2021 рр.

Система	Варіант обробітку ґрунту, D	Зернопросапна спеціалізована						Середнє	Просапна					Середнє
		Грецька	Пшениця озима	Кукурудза	Соняшник	Ячмінь	Соняшник		Горох	Пшениця озима	Соняшник	Кукурудза	Соняшник	
Без добрив	1	0,99	5,4	10,5	2,9	3,5	2,5	4,3	4,2	6,2	3,2	12,4	2,9	5,8
	2	1,0	5,4	10,5	3,0	3,8	2,9	4,4	4,2	6,2	3,4	12,6	3,0	5,9
	3	0,89	4,5	8,8	2,7	3,6	2,5	5,5	3,4	5,6	3,2	11,3	2,9	5,3
Органі-	1	1,14	5,9	12,4	3,4	4,1	3,0	5,0	5,1	6,6	3,4	13,2	3,2	6,3
	2	1,19	5,9	12,6	3,2	4,1	3,2	5,0	5,3	6,8	3,6	13,8	3,2	6,5
	3	1,01	6,0	11,1	3,0	3,6	3,0	4,6	4,7	6,3	2,5	12,8	2,9	5,8
Органі- мінер-	1	1,31	6,5	14,0	3,8	4,4	3,2	5,5	5,9	7,4	3,6	13,8	3,4	6,8
	2	1,48	6,6	14,3	3,9	4,6	3,4	5,7	5,9	7,3	3,6	13,6	3,2	6,7
	3	1,13	6,2	11,1	3,2	3,9	2,7	4,7	5,4	6,9	2,7	10,7	2,5	5,6
Мінер-	1	1,52	6,9	16,1	4,3	5,1	3,9	6,3	6,3	8,7	4,3	15,7	3,9	7,8
	2	1,67	7,1	16,8	4,3	5,1	3,9	6,5	6,4	8,7	4,3	16,1	4,1	7,9
	3	1,34	7,1	12,4	3,4	4,6	3,0	5,3	5,8	8,7	3,8	12,4	3,4	6,8
НІР ₀₅ А		0,09	0,2	0,28	0,2	0,12	0,1	0,17	0,14	0,19	0,15	0,19	0,10	0,15
НІР ₀₅ В		0,07	0,17	0,24	0,11	0,1	0,09	0,13	0,12	0,17	0,13	0,16	0,09	0,13

Примітка: 1 – Диференційований (контроль); 2 – Полицево-безполіцевий; 3 – Мілкий безполіцевий.

Посадження мінеральних добрив з гноєм – продуктивність культур після проміжне місце [166].

Найвищу продуктивність чотирьох короткоротаційних сівозмін забезпечив варіант полицево-безполіцевого обробітку ґрунту. У плодозмінній і зернопросапній сівозмінах вона знаходилася на одному рівні, а підвищилася за зернопросапної спеціалізованої на 1,8% і просапної на 1,5%, порівняно з контролем.

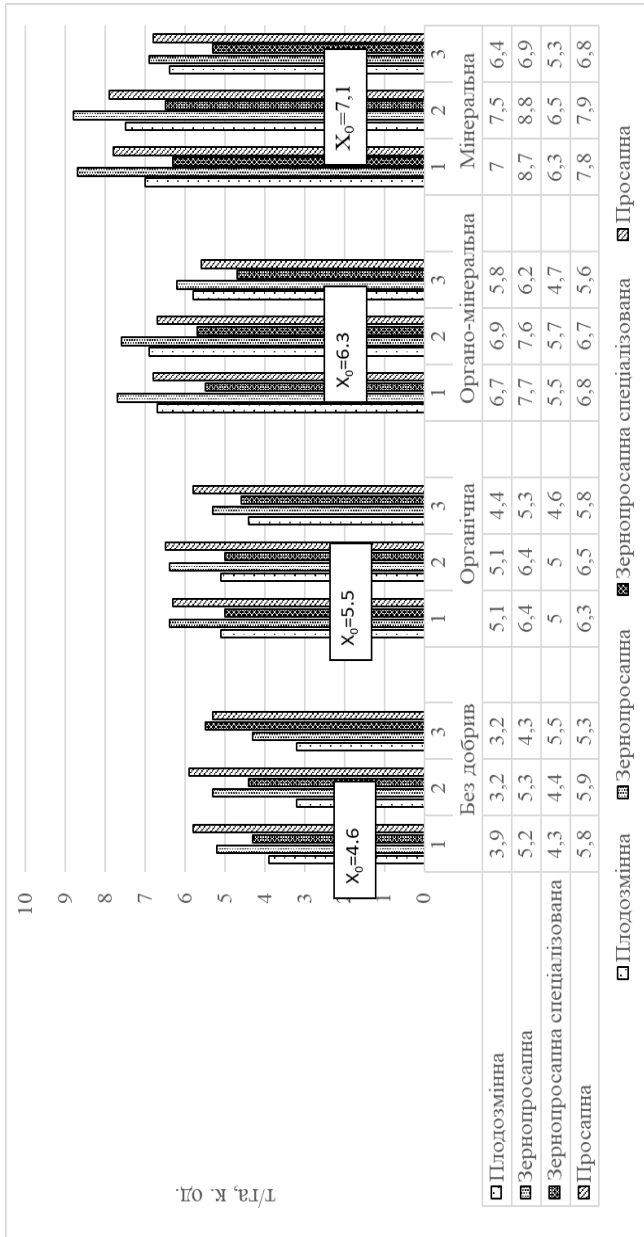


Рис. 7.3 Продуктивність ріллі в середньому в короткоротаційних сівозмінах залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту виражена в кормових одиницях, т/га за 2012–2021 рр.

Примітка: 1 – диференційований (контроль); 2 – полицево-безполіцейвий; 3 – мілкий безполіцейвий.

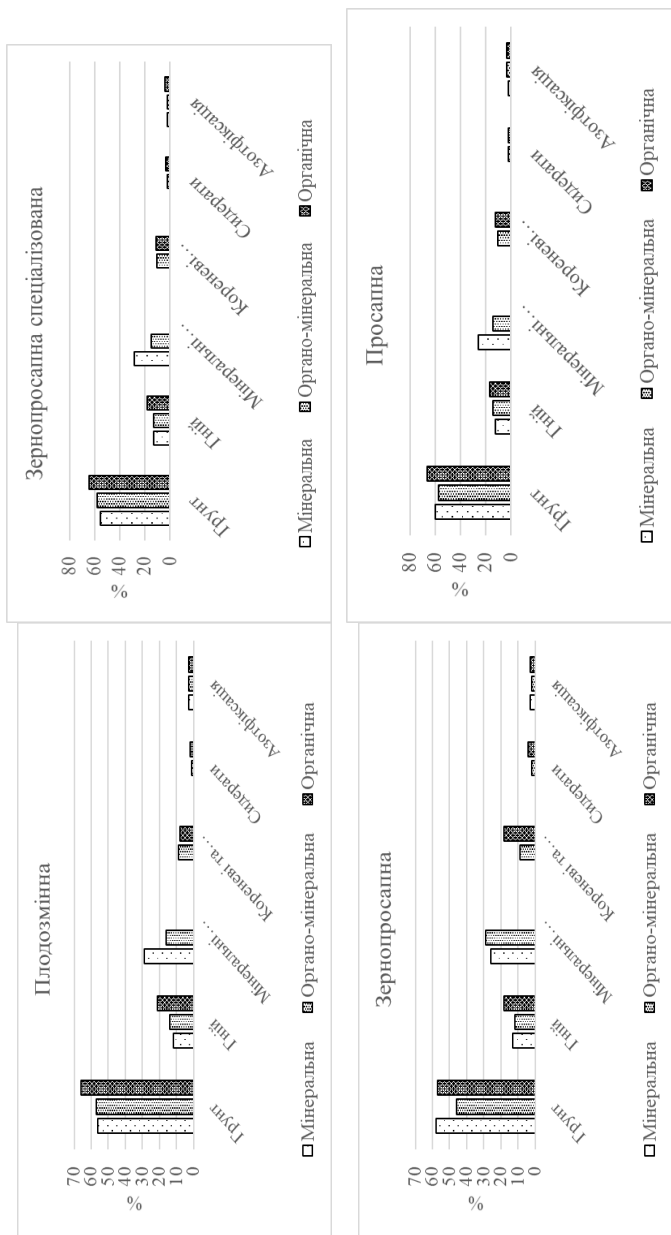


Рис. 7.4 Структура ресурсного забезпечення доступними поживними речовинами біокліматичної обґрунтованої продуктивності ґрунту, %

За мілкого безполицевого обробітку спостерігалася тенденція до зменшення продуктивності: за плодозмінної на 12,2%, за зернопросапної на 18,6%, зернопросапної спеціалізованої на 5,6% і просапної на 11,9%, порівняно з диференційованим обробітком ґрунту.

Це можна пояснити зростанням забур'яненості полів сівозмін, а також ущільненням ґрунту.

Найвища продуктивність сівозміни зафіксована у зернопросапній на фоні мінеральної системи удобрення, що становить 8,8 т/га к. од. Органо-мінеральна система удобрення у зернопросапній сівозміні мала лише тенденцію до зниження продуктивності сівозміни.

За результатами фактичної урожайності культур і продуктивності короткоротаційних сівозмін за різних систем удобрення, проведено розрахунок балансу валових форм поживних речовин у 0–30 см шарі ґрунту

За літературними даними І. Г. Захарченка та ін. [169] для чорноземних ґрунтів рекомендовано рівень повернення у ґрунт із добривами для азоту 80%, фосфору – 130–150 % і калію – 80–100%. Науковий і практичний інтерес становить інформація, одержана у результаті розрахунків структури плодозмінної сівозміни, про рівень адекватності продуктивності ріллі. За зернопросапної сівозміни – оптимальний за мінеральної, неістотно занижений у орґано-мінеральної та істотно занижений рівень адекватності а орґанічній системі удобрення. Оптимальний рівень адекватності відзначено за орґанічній системі удобрення просапної сівозміни. За орґано-мінеральної й мінеральної систем удобрення просапної і зернопросапної спеціалізованої сівозміни, фактична продуктивність ріллі істотно занижена, порівняно з ресурсно забезпеченою.

Отже, критерієм раціонального вибору варіантів систем удобрення мають стати досягнення біокліматично, екологічно й економічно обґрунтованої продуктивності ріллі, забезпечення відтворення родючості ґрунту, – це стабільний розвиток галузі землеробства.

Здатність будь-якого ландшафту підтримувати стабільність свого балансу, природне самовідновлення та стійкість до антропогенного навантаження визначається, насамперед, його різноманітністю та просторовою варіабельністю [451]. Стабільність землеробства

розраховується за формулою:

$$C\% = 100 - \frac{S \cdot 100}{\bar{x}}, \quad (7.1)$$

де $C\%$ - стабільність землеробства,

S – стандартне відхилення,

\bar{x} – середній показник за період спостережень.

Шкала оцінок стабільності: $C \geq 90\%$ – висока, $C = 89 \div 80\%$ – середня і $C < 80\%$ – низька.

Також розраховано показники стабільності (рис. 7.5).

Вирощування кукурудзи за зернопросапної спеціалізованої сівозміни

характеризується найвищою стабільністю, де С% у середньому по культурі становить 83–86 % – середня стабільність.

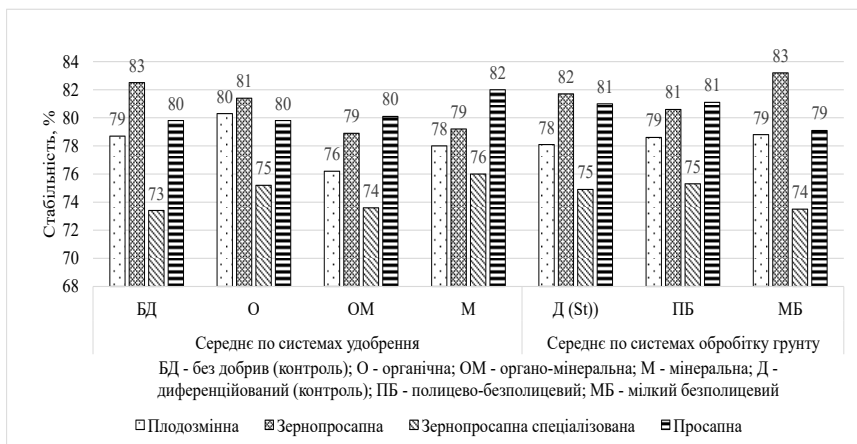


Рис. 7.5 Стабільність систем удобрення і обробітку ґрунту в сівозмінах, % за 2012–2021 рр.

Вирощування гречки в плодозмінній і зернопросапній сівозмінах супроводжувалося низькою стабільністю, або у середньому 57–66 %.

У середньому серед систем удобрення найвищою стабільністю вирізнялися органічна і мінеральна системи удобрення відповідно із показниками стабільності 81 % і 82 %.

На неудобреному варіанті зернопросапної сівозміни стабільність знаходилася на нижчому рівні – 73 %. Серед систем обробітку ґрунту за полицево-безполицевого і диференційованого варіантів – стабільність вища.

Мілкий безполицевий обробіток призводив до зниження стабільності.

Найвища стабільність характерна зернопросапній сівозміні, у середньому 79–83 %. Вирощування культур у зернопросапній спеціалізованій сівозміні призводило до істотного зниження стабільності.

7.3. Якість продукції

Для одержання продукції з високими якісними показниками необхідно упродовж усього вегетаційного періоду забезпечувати культури сівозміни поживними елементами в оптимальній кількості, а також на високому рівні підтримувати біологічну активність ґрунту, поліпшувати його фізичні й водні властивості.

Системи удобрення впливають не лише на величину врожаю сільськогосподарських культур, а й на його хімічний склад, якість і біологічну цінність.

За внесення мінеральних добрив у продукції рослинництва змінюється вміст азоту, що впливає на нагромадження сирого протеїну. Застосуванням добрив регулюється режим живлення калієм, фосфором та іншими мікроелементами і макроелементами. Це відображається на їхньому вмісті у товарній і нетоварній частині врожаю, розподілі по окремих органах та частинах рослин, це призведе до зміни хімічного складу і впливає на якість продовольчої продукції [69].

Таблиця 7.5

Розрахунок адекватності фактичної продуктивності ріллі її ресурсному забезпеченню в системах удобрення у короткочасних сівозмінах

Система удобрення	Ресурсна продуктивність, код. т/га	Фактична продуктивність, т/га, х	Відхилення, т, х	Стандартне відхилення, т/га, S	Коефіцієнт адекватності, K_a	Рівень адекватності
Плодозмінна сівозміна						
Органічна	3,9	4,9	+1,0	1,4	0,71	неістотно завищений
Органо-мінеральна	6,3	6,5	+0,2	2,0	0,1	оптимальний
Мінеральна	6,3	7,0	+0,7	2,0	0,35	оптимальний
Зернопросапна сівозмін						
Органічна	9,2	6,0	-3,3	1,8	-1,8	істотно занижений
Органо-мінеральна	8,8	7,2	-1,6	2,1	-0,8	неістотно занижений
Мінеральна	8,8	8,1	-0,7	2,6	-0,3	оптимальний
Зернопросапна спеціалізована сівозміна						
Органічна	6,7	4,9	-1,8	1,5	-1,2	істотно занижений
Органо-мінеральна	7,8	5,3	-2,5	1,6	-1,6	істотно занижений
Мінеральна	7,8	6,0	-1,8	1,9	-0,9	неістотно занижений
Просапна сівозміна						
Органічна	6,1	6,2	+0,1	1,8	0,1	оптимальний
Органо-мінеральна	9,0	6,4	-2,6	1,8	-1,4	істотно занижений
Мінеральна	9,0	7,5	-1,5	2,2	-0,7	неістотно занижений

Прмітка: 1. $K_a = \frac{x - \bar{x}}{S}$ [265]. 2. Шкала оцінки рівня адекватності: $K_a > 2$ – екстремально занижений; $-0,4 < -1$ – неістотно занижений; $0 \pm 0,3$ – оптимальний; $+0,4 \pm 1$ – неістотно завищений; $+1 \pm 2$ – істотно завищений; > 2 – екстремально завищений; -1 ± 2 – істотно занижений.

Ряд науковців, серед яких Е. Г. Дегодюк та ін. [59] вважають, що запорукою одержання урожаїв з високою якістю стає не відмова від застосування мінеральних добрив, а оптимальне мінеральне живлення рослин.

Надходження азоту до рослин можна регулювати не лише мінеральними добривами, а й біологічними способами, пріорюючи масу сидеральних культур.

Водночас О. М. Бердніков [26] через заорювання люпину багаторічного на 24–25 см під картоплю, озимі зернові дослідив, що азот, вивільнений за рахунок мінералізації, до рослин надходить не лише у період колосіння, а й після цвітіння у фазу молочної стиглості, що позитивно впливає на нагромадження в ендоспермі зернівки клейковинних білків.

Завищені норми добрив можуть призвести до нагромадження надлишку калію в зеленій масі і коренеплодах, нітратів, зниженню сухої речовини в урожаї та інших небажаних якісних змін продукції рослинництва.

Підвищення урожайності й поліпшення якості зерна визначає максимальне використання енергетичного потенціалу ґрунту, генетичних властивостей гібридів і сортів, агроєкологічних умов. Найвища продуктивність і висока якість зерна створюються завдяки регулюванню агротехніки, добрив, сорту, захисту рослин від шкідливих організмів і нерегульованих – опадів, температури, сонячної радіації, факторів на всіх етапах росту та розвитку рослин. За факторів, які позитивно або негативно впливають на урожайність, значно зменшується шкідливий вплив метеорологічних умов, хоча найприйнятніші фактори, контрольовані людиною. За різних фаз розвитку рослини потребують співвідношень умов середовища і чим ближчі такі співвідношення до оптимальних значень, тим вірогідніші передумови високої продуктивності зерна [439].

Якісні показники пшениці озимої, залежно від удобрення і обробітку ґрунту вивчали в плодозмінній сівозміні (табл. 7.6).

Упродовж періоду досліджень встановлено позитивний вплив застосування добрив на продуктивність озимої пшениці. Застосування добрив сприяло істотному зростанню маси 1000 зерен, вмісту білка й клейковини порівняно з варіантом без добрив. Також відбулося підвищення склоподібності та натурі зерна. На варіантах із внесенням мінеральних добрив їхні показники істотно переважали контрольний варіант. Внесення азотних добрив на мінеральній системі удобрення зумовило підвищення вмісту білка у зерні пшениці озимої на 14,4–16,9 %, порівняно з контрольним варіантом. Це призводило до зростання склоподібності зерна 50,4 % на варіанті без добрив, до 52–52,4 % у варіантах, де вносили органічні добрива. На варіанті із застосуванням мінеральних добрив склоподібність зерна переважала на 14%, порівняно з контролем.

Застосування добрив призводило до зростання сирової клейковини від 22,6 % на контролі до 28 % у варіанті з орґано-мінеральною системою удобрення. Мінеральна система удобрення забезпечила зростання вмісту сирової клейковини в зерні пшениці озимої на 5,2–6,3 %, порівняно з контрольним варіантом.

Отже, мінеральна система удобрення поліпшує показники зерна пшениці озимої.

Меншим впливом характеризується органо-мінеральна система удобрення, за якої якість показників пшениці озимої істотно переважає показники органічної системи.

Варіанти обробітку ґрунту виявили певний вплив на якісні показники зерна пшениці. Полицево-безполицевий обробіток ґрунту суттєво не впливав на масу 1000 зерен.

Досліджені варіанти обробітку ґрунту не мали істотного впливу на натурну масу зерна пшениці озимої, різниця знаходилася в межах похибки дослідю.

Таблиця 7.6

Якість зерна пшениці озимої залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту, за 2016–2020 рр.

Система удобрення	Варіант обробітку ґрунту	Маса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Склопо-дібність, %	Вміст у зерні	
					білка	сирої клейковини
Без добрив	1	36,0	685	50,4	12,4	23,8
	2	37,0	687	50,0	12,3	23,9
	3	35,2	681	44,1	11,8	22,6
Органічна	1	37,6	714	52,4	12,8	24,9
	2	37,6	716	51,7	12,9	24,7
	3	36,8	710	46,2	12,2	23,6
Органо-мінеральна	1	39,0	719	57,3	13,8	28,0
	2	38,9	720	56,5	13,9	27,4
	3	38,1	717	50,4	13,2	26,1
Мінеральна	1	39,0	722	64,6	14,5	29,7
	2	39,4	721	64,0	14,2	29,1
	3	38,2	719	57,5	13,5	28,9
НІР ₀₅ для удобрення		0,55	4,7	2,3	0,47	0,34
НІР ₀₅ для обробітку ґрунту		0,38	F _φ <F ₀₅	2,6	0,53	0,46

Примітка: 1 – Диференційований (контроль); 2 – Полицево-безполицевий; 3 – Мілкий безполицевий.

Стосовно скловидності зерна, за мілкого безполицевого обробітку ґрунту зафіксовано суттєве зменшення цього показника. За полицево-безполицевого обробітку ґрунту скловидність зерна була майже однаковою з диференційованим варіантом.

На варіантах полицево-безполицевого і диференційованого обробітку ґрунту вміст білка відзначено майже однаковим. Вміст білка у зерні пшениці за мілкого безполицевого обробітку ґрунту призводив до зниження на 4,3-6,8 % порівняно з контролем.

Достатня кількість азоту у ґрунті та поліпшення умов живлення озимої пшениці за полицево-безполицевого і диференційованого обробітків ґрунту позитивно позначилися на процесах формування білка у зерні.

Вміст клейковини у зерні пшениці озимої суттєво зріс за полицево-безполицевого і диференційованого обробітку ґрунту.

Вміст клейковини у зерні пшениці за мілкого безполицевого заходу суттєво знизився на 2,7–6,7 %, порівняно з диференційованим обробітком ґрунту.

У проведених дослідженнях Л. В. Центило [516], встановлено підвищений вміст білка (на 1,4–3,5 %) у зерні пшениці озимої за орано-мінеральної і мінеральної систем удобрення, тоді як мілкий безполицевий обробіток ґрунту призводить до зниження цього показника (на 4,3 %), порівняно з контролем. За мілкого безполицевого обробітку ґрунту вміст клейковини у зерні суттєво знижувався порівняно з контролем на 4,7 %.

Одержано максимальні значення вмісту білка і клейковини у зерні пшениці за мінеральної системи удобрення, порівняно з варіантом без удобрення [11].

Отже, застосування мінеральних добрив під пшеницю озиму сприяло поліпшенню якісних її показників у плодозмінній сівозміні. Стосовно якісних показників зерна пшениці озимої за полицево-безполицевого обробітку ґрунту простежується тенденція до зростання, порівняно з контролем.

Одним з основних критеріїв продуктивності буряків цукрових визнано цукристість, що значною мірою залежить від системи удобрення, обробітку ґрунту, попередників у сівозміні й типу ґрунту.

Через регулювання мінерального живлення можна змінити біохімічні процеси, пов'язані з синтезом цукрів і нагромадженням їх коренеплодах. Цифровий вираз ступеня впливу мінерального живлення на цукроутворення, одержаний при статичному числі дослідних даних, становить 53–58 % [360].

У дослідях І. К. Дементьєва [134] при підвищенні норми азотних добрив від 120 до 180 кг/га за діючою речовиною, цукристість коренеплодів знизилася на 0,1–0,4 %. У дослідях Ю. А. Тонкаля та Н. К. Шиманської [470] азот зумовив підвищення врожаю коренеплодів на 4–5 т/га, або на 8–12 %, порівняно з фосфорно-калійним фоном, за, навпаки зниження вмісту цукру на 0,3–0,7 %.

Важливу роль у живленні рослин відіграє фосфор, який знаходиться у формі органічних і неорганічних сполук. Завдяки реакції фосфорилування здійснюється зв'язок між фосфорним обміном і диханням, а також вуглецевим та азотним обміном. Фосфорна кислота у формі фосфоорганічних сполук виступає активатором синтезу цукрів [325].

Технологічна якість цукрових буряків у короткоротаційних сівозмінах залежала від системи удобрення (табл. 7.7).

Доброякісність нормально очищеного соку найбільше зростає за неудобреного варіанта – 89,78 %. При застосуванні орано-мінеральної системи удобрення доброякісність нормально очищеного соку виявляла тенденцію до

зменшення на 0,28% порівняно з неудобреним варіантом.

Вихід цукру на заводі найвищим зафіксовано за неудобреного варіанта.

Зростання вмісту поживних речовин у ґрунті призводить до зменшення виходу цукру на заводі, із найбільшим зниженням цукру за мінеральної системи удобрення.

Органо-мінеральна система удобрення забезпечила підвищення вмісту цукру в коренеплодах, порівняно з мінеральною системою.

Отже, підвищені норми добрив супроводжуються зниженням виходу цукру на заводі.

Таблиця 7.7

Вплив сівозмін і систем удобрення на технологічну якість буряків цукрових, за 2016–2021 рр.

Система удобрення	Доброякісність соку, %	Витрати цукру в мелясі, %	Вихід цукру на заводі, %	Збір цукру, т/га
Без добрив	89,78	2,5	13,71	4,09
Органо-мінеральна	89,50	2,2	13,67	5,61
Мінеральна	89,76	2,3	13,16	5,36

Системи удобрення впливали на хімічний склад зеленої маси люцерни (табл. 7.8). Визначено вплив систем удобрення на фоні диференційованого обробітку ґрунту.

Таблиця 7.8

Хімічний склад люцерни залежно від систем удобрення, % сухої речовини за 2017–2020 рр.

Система удобрення	Клітковина	Протеїн	Жир	Зола	Співвідношення		
					Ca:P	K:Na	K:(Ca+Mg)
Без добрив	26,3	15,5	2,3	6,2	1,54	12,31	1,90
Органічна	24,9	16,7	2,7	7,9	1,42	16,76	6,57
Органо-мінеральна	25,7	15,8	2,5	7,0	1,43	17,02	5,80
Мінеральна	25,0	16,5	2,7	7,8	1,37	18,88	6,88

На варіантах полищевого-безполищевого та диференційованого обробітків ґрунту вміст білка тримався майже однаковим. Вміст білка у зерні пшениці за мілкового безполищевого обробітку ґрунту зазнавав до зниження на 4,3–6,8 % порівняно з контролем.

Застосування мінеральної системи удобрення попередника сприяло зростанню вмісту сирого протеїну на 6,4 %, порівняно з контролем. Органічна система удобрення з насиченням 11 т/га органічних добрив на 1 га сівозмінної площі сприяла зростанню вмісту сирого протеїну на 7,7 %, порівняно з варіантом без добрив. Вміст сирого протеїну за орґано-мінеральної системи удобрення знаходився на одному рівні з контролем.

Вміст сирого жиру в зеленій масі люцерни за органічної і мінеральної систем удобрення знаходився на одному рівні – 2,7 %.

Застосування добрив на варіантах досліді сприяло зниженню вмісту клейковини у зеленій масі люцерни, що позитивно позначилося на перетравності корму. Вміст клітковини за мінеральної системи удобрення знизився на 4,9 %, порівняно з контролем. Найнижчий вміст клітковини у люцерни зазначено за орґано-мінеральної системи удобрення.

Найвищий вміст золи виявився за органічної і мінеральної систем удобрення.

Перетравний протеїн слугує важливим показником поживності корму за його збалансованістю. Корм збалансований за перетравним протеїном тоді, коли на одну кормову одиницю його припадає 95–100 г [393].

Отже, сприятливі якісні показники люцерни формувалися за орґано-мінеральної й органічної систем удобрення.

7.4. Моделювання продуктивності сівозмін залежно від чинників екологічного середовища

Останнім часом застосування математичних методів у сільському господарстві, зокрема під час екологічного оцінювання ґрунт, моделювання його родючості та врожайності сільськогосподарських культур, значною мірою поширено на практиці. Як правило, математичні моделі використовують для пояснення тих чи інших властивостей об'єкта та процесів, що відбуваються в ньому. Однак унаслідок складної структури агроєкосистем побудова математичних моделей, які описують у них перебіг усього комплексу процесів, є доволі складним завданням. Розглядаючи процес виробництва сільськогосподарської продукції із загальносистемних критеріїв відзначають, що це процес взаємодії соціальних, біологічних, технічних підсистем, націлених на отримання кінцевого результату [29].

Подібне пов'язано з відсутністю опрацьованих методик аналізування та прогнозування сільськогосподарських даних на різних рівнях управління, відсутністю у аграріїв навичок застосування інтегрованих методів аналізу і засобів сучасних інформаційних технологій [28]. Основними труднощами за моделювання різних процесів в агроєкосистемі визнано необхідність обліку і математичного описування значної кількості хімічних, біологічних і фізичних процесів за розроблення моделей.

В агроєнозах наявні доволі складні зв'язки і взаємодії, які дедалі частіше не прогнозованими внаслідок змін параметрів кліматичної системи і можуть

впливати на збалансованість усіх складників агроєкосистеми, що знижує продуктивність і адаптивність до змін клімату [458].

Метеорологічні умови в роки досліджень різко коливаються відносно їх багаторічних значень, що впливає на ефективність використання матеріально-технічних ресурсів рослинництва. Подібне стосується кількості опадів та їх розподілу в часі, динаміки температури. Мінливість метеорологічних умов, навіть у межах однієї кліматичної зони, відіграє вирішальну роль у підвищенні врожайності [395, 226].

За період проведення спостережень було використано багаторічні дані за кількістю опадів і температурою повітря за місяць, упродовж 2012-2021 рр.

Загальна продуктивність короткоротаційних сівозмін значно залежить від гідротермічних показників, що склалися у роки досліджень (табл. 7.9).

Середньодобова температура повітря за рік та сума опадів за вегетаційний період мали істотний обернений середній зв'язок на продуктивність сівозмін упродовж двох ротацій.

Таблиця 7.9

Кореляційна залежність продуктивності короткоротаційних сівозмін від гідротермічних показників

Показник	Сівозміна			
	плодозмін-на	зернопросапна	зернопросапна спеціалізована	просапна
Середньодобова температура, °C за рік	$r=-0,45$	$r=-0,41$	$r=-0,26$	$r=-0,36$
Сума опадів за вегетаційний сезон, мм	$r=0,44$	$r=0,43$	$r=0,45$	$r=-0,30$

Важливою зерновою культурою України виділяється пшениця озима, тому експериментальні дані, отримані за її вирощування, аналізувалися досить детально. За визначення рівня залежності урожайності пшениці від впливу погодних умов, зокрема вологозабезпечення і температурного режиму, встановлено, що зумовлений дією цих чинників, в основні періоди вегетації Відзначено зростання інтенсивності впливу температурного режиму в червні ($r^2=0,866$) та у листопаді ($r^2=0,74$) (табл. 7.10).

Встановлено реакцію дослідженої культури на умови зволоження та визначено середню залежність рівня її врожайності від кількості опадів у січні ($r=-0,37$, $r^2=0,14$), березні ($r=0,41$, $r^2=0,16$), квітні ($r=0,57$, $r^2=0,33$), травні ($r=0,45$, $r^2=0,21$), червні ($r=0,52$, $r^2=0,26$). Практично не впливали на формування її врожаю умови зволоження липня, серпня, листопада і грудня, про ще свідчать коефіцієнти кореляції та детермінації.

Також проведено кореляційно-регресійний аналіз, який розроблено на базі експериментальних даних 2012-2021 рр., розраховано математичні моделі впливу метеорологічних умов на врожайність, що достовірні на 0,05%

значущості за критерієм Ст'юдента та Фішера (табл. 7.11).

У дослідженнях встановлено суттєвий прямий зв'язок між якісними показниками пшениці озимої і внесеною дозою мінеральних добрив у плодозмінній сівозміні (табл. 7.12).

Таблиця 7.10

Залежність рівня врожайності пшениці озимої плодозмінної сівозміни від середньомісячної кількості опадів і середньомісячної температури повітря, за 2012–2021 рр.

Місяць	Середньомісячна кількість опадів		Середньомісячна температура повітря	
	коефіцієнт кореляції, r	коефіцієнт детермінації, r^2	коефіцієнт кореляції, r	коефіцієнт детермінації, r^2
Січень	-0,37	0,14	0,77	0,59
Лютий	-0,136	0,019	-0,60	0,362
Березень	0,41	0,165	-0,59	0,347
Квітень	0,57	0,33	0,60	0,367
Травень	0,45	0,210	0,66	0,443
Червень	0,52	0,266	0,93	0,866
Липень	-0,16	0,435	0,56	0,320
Серпень	0,08	0,008	-0,61	0,375
Вересень	0,26	0,067	0,22	0,050
Жовтень	-0,37	0,13	0,56	0,32
Листопад	-0,079	0,006	0,86	0,74
Грудень	-0,007	0,001	0,17	0,030

Таблиця 7.11

Математичні моделі впливу погодних умов на урожайність культур плодозмінної сівозміни за 2012–2021 рр.

Культура	Рівняння регресії*	Множинний коефіцієнт кореляції, r	Коефіцієнт детермінації, r^2
Люцерна	$y=11,41+(-0,01x_1)+0,08 x_2$	0,42	0,274
Пшениця озима	$y=4,26+0,00x_1+0,03 x_2$	0,53	0,280
Буряки цукрові	$y=40,17+(-0,10x_1)+0,16 x_2$	0,45	0,212
Соняшник	$y=2,35+0,00x_1+0,01 x_2$	0,65	0,401
Гречка	$y=0,79+0,00x_1+0,01 x_2$	0,32	0,170
Ячмінь	$y=3,07+0,00x_1+0,01 x_2$	0,56	0,307

Примітка: y – урожайність; x_1 – кількість опадів, мм; x_2 – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$.

*Рівняння розраховані на базі середньорічних даних кожного року досліджень.

Відначено від'ємний кореляційний зв'язок між якісними показниками пшениці озимої і кількістю опадів у травні й червні. Зливові дощі на період дозрівання пшениці озимої призводять до стікання зерна. На період молочної і воскової стиглості зерно стає шуплим, невивповненим, урожай знижується. Дощі змінюють потреби фізіологічних процесів – відбувається гідроліз раніше накопиченого крохмалю, знижується приплив асимілянтів, продукти вимиваються дощовою водою, що негативно позначається на накопиченні сухих речовин.

Встановлена обернена середня залежність між якісними показниками пшениці озимої та кількістю бур'янів.

Водночас виявлено прямолінійну середню кореляційну залежність між внесеними органічними добривами і доброякісністю соку у коренеплодах буряків цукрових (табл. 7.13). Неістотний прямолінійний зв'язок встановлено між внесеними органічними добривами та цукристістю.

Таблиця 7.12

Кореляційні зв'язки між якісними показниками зерна пшениці озимої та екологічними умовами її вирощування

Аргумент	Функція				
	Маса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Скловидність, %	Білок, %	Клейковина, %
Кількість опадів за травень, мм	$r = -0,38 \pm 0,29$	$r = -0,32 \pm 0,29$	$r = -0,51 \pm 0,27$	$r = -0,39 \pm 0,29$	$r = -0,55 \pm 0,26$
Кількість опадів за червень, мм	$r = -0,73 \pm 0,21$	$r = -0,83 \pm 0,17$	$r = -0,52 \pm 0,27$	$r = -0,68 \pm 0,23$	$r = -0,67 \pm 0,23$
Кількість бур'янів	$r = -0,69 \pm 0,27$	$r = -0,50 \pm 0,32$	$r = -0,69 \pm 0,27$	$r = -0,64 \pm 0,28$	$r = -0,56 \pm 0,31$
Доза мінеральних добрив	$r = 0,81 \pm 0,18$	$r = 0,81 \pm 0,22$	$r = 0,87 \pm 0,15$	$r = 0,88 \pm 0,15$	$r = 0,95 \pm 0,09$

Істотний обернений кореляційний зв'язок відзначено між внесеними мінеральними добривами і цукристістю. Доведено, що підвищені норми мінеральних добрив знижують вміст цукру в коренеплодах буряків цукрових.

Таблиця 7.13

Кореляційні плеяди між якісними показниками буряків цукрових і чинниками екологічного середовища

Аргумент	Функція	
	доброякісність очищеного соку, %	цукристість, %
Органічні добрива	$r = 0,66 \pm 0,75$	$r = 0,28 \pm 0,95$
Мінеральні добрива	$r = -0,06 \pm 0,99$	$r = -0,89 \pm 0,44$
Урожайність	$r = -0,44 \pm 0,89$	$r = -0,66 \pm 0,75$

Встановлено середній кореляційний зв'язок між урожайністю коренеплодів буряків цукрових та їх якісними показниками. Кореляційними зв'язками доведено, що зниження маси урожаю коренеплодів супроводжується підвищенням вмісту в них цукру.

Отже, застосування під цукрові буряки $N_{120} P_{120} K_{150}$ добрив на тлі 8 т/га сівозмінної площі гною цукристість знижується.

Розроблені математичні моделі свідчать, що урожайність пшениці озимої значною мірою залежить від метеорологічних умов упродовж років досліджень, що підтверджується величиною коефіцієнта кореляції $r=0,53$.

Отже, застосування мінеральної системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах сприяє до зростання урожайності культур. Органо-мінеральна система удобрення не призводить до істотного зниження урожайності культур сівозмін 0,3 т/га, при $НР_{05} = 0,22$ т/га. За цим показником органічна система удобрення істотно поступалася перед мінеральною на 30%. Полицево-безполицевий обробіток ґрунту зумовлює до неістотно зростання урожайності культур сівозмін порівняно з диференційованим обробітком. Милкий безполицевий обробіток ґрунту сприяв суттєвому зниженню врожайності буряків цукрових порівняно до контролю на 18 %.

Найбільший збір кормових одиниць з 1 га (8,8 т/га) одержано за застосування мінеральної системи удобрення. Органічна система удобрення за застосування лише природних ресурсів із внесенням на 1 га гною та нетоварної частини урожаю, маси післяжнивних сидератів призвела до суттєвого зниження на 22,5 % продуктивності ріллі, порівняно з мінеральною системою.

Розрахунки коефіцієнта адекватності свідчать про неістотно завищений за органічної і мінеральної систем удобрення у плодозмінної сівозміні.

У зернопросапній сівозміні стабільність зросла до 79–83 %. Стабільність землеробства у зернопросапній спеціалізованій сівозміні призвела до істотного зниження.

Застосування мінеральної системи удобрення попередника сприяло зростанню вмісту сирого протеїну на 6,4 %, порівняно з контролем. Органічна система удобрення сприяла зростанню вмісту сирого протеїну на 7,7 %, порівняно з варіантом без добрив. Полицево-безполицевий обробіток ґрунту виявляв тенденцію до підвищення якості зерна пшениці озимої.

8. ЕНЕРГЕРТИЧНЕ, ЕКОНОМІЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ КОРТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН

8.1 Енергетична ефективність сівозмін

Дослідження і моделювання напрямів біоенергетичних потоків у сільському господарстві та аналіз їх перетворення дає можливість оцінити перспективи розвитку агротехнологій [456, 460].

На сьогодні використання енергоресурсів набуває все більшої актуальності, розвиток сільського господарства характеризується постійним збільшенням використаної енергії за обробітку ґрунту, засобів захисту, органічних і мінеральних добрив, збиранні врожаю. У структурі витрат сільського господарства на такі припадає до 5 %. За нестачі ресурсів та їх здорожчання зростають енергетичні витрати у сучасних технологіях вирощування, що призводить до зниження рівня рентабельності. Створення жодної додаткової одиниці врожаю неможливе без збільшення вкладень енергії, носієм якої слугують усі фактори родючості, що суттєво впливають на ріст, розвиток і формування продуктивності сільськогосподарських культур.

Актуальним постає питання оптимального використання та розрахунку енергії за збільшення виробництва продукції [419]. Зростання енерговитрат у сільськогосподарському виробництві може призвести до негативних наслідків. Для оцінки ефективності досліджуваних сівозмін застосовано енергетичний аналіз, який значно доповнює економічний.

У заходах, направлених на зменшення сукупних витрат енергії важлива роль відводиться обробітку ґрунту. Всіх трудових витрат на вирощування культур сівозміни на обробіток припадає 30–40 % [252].

Витрати на обробіток ґрунту залежно від його способу зменшуються за оранки від 3,6–3,7%, за поверхневого – 0,8–1,9 % [478].

Дослідження впливу системи обробітку ґрунту й удобрення на енергетичну ефективність виконувалися в короткоротаційних сівозмінах. Було обрано коефіцієнт енергетичної продуктивності (K_{ec}), як основний показник енергетичної оцінки. Він слугує узагальнюючим показником і характеризує співвідношення енергоємності врожаю за загальних витрат на вирощування.

За визначення енергетичної ефективності застосування у сівозмінах добрив використовували загальноприйнятну методику із визначення енерговитрат енергетичного балансу за методикою [296, 459].

Оцінювали 1 кг діючої речовини добрив такої кількості енергії: азотних – 86,8, фосфорних – 12,6, калійних – 8,3, органічних добрив – 0,42 ГДж.

Витрати, які складаються з витрат на паливо, добрива, технологічні операції, збір врожаю, енергоємність зернової одиниці становить 20,0 – 26,5 ГДж. Такі дані дають можливість розрахувати коефіцієнт енергетичної ефективності у короткоротаційних сівозмінах, за систем удобрення і обробітку ґрунту, відношення загальної кількості одержаної енергії до її витрат.

Енергетичний аналіз показав, що плодозмінна суттєво підвищує вихід

енергії як за органо-мінеральною, так і за мінеральною системами удобрення (табл. 8.1). Від застосування органо-мінеральної системи удобрення вихід енергії з урожаєм становить 104,5 ГДж, що значно більше від зернопросапної на 13,8 ГДж, зернопросапної спеціалізованої на 39,8 ГДж і просапної на 29,3 ГДж.

Таблиця 8.1

Показники енергетичної ефективності короткоротаційних сівозмін, за 2012–2021 рр.

Сівозміна	Середнє по системах обробітку і удобрення ґрунту	Вихід енергії з урожаєм, ГДж/га	Всього витрат, ГДЖ/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності (К _{еє})
1	2	3	4	5
Плодозміна	Диференційований (конт)	89,1	20,8	4,4
	Полицево-безполицевий	88,9	20,7	4,4
	Мілкий безполицевий	84,8	19,6	4,8
	Без добрив	65,4	15,1	4,6
	Органічна	81,2	16,3	4,7
	Органо-мінеральна	104,5	24,4	4,1
	Мінеральна	99,3	25,7	4,7
Зернопросапна	Диференційований (конт.)	87,0	19,4	4,9
	Полицево-безполицевий	86,6	19,9	5,0
	Мілкий безполицевий	71,2	18,7	4,3
	Без добрив	60,7	12,8	5,6
	Органічна	75,2	15,1	5,7
	Органо-мінеральна	90,7	25,1	3,7
	Мінеральна	99,8	24,4	4,1
Зернопросапна спеціалізована	Диференційований (конт)	63,1	20,2	3,6
	Полицево-безполицевий	62,9	20,3	3,6
	Мілкий безполицевий	54,7	19,7	3,3
	Без добрив	49,2	14,4	4,1
	Органічна	57,0	16,3	4,3
	Органо-мінеральна	64,7	24,1	2,8
	Мінеральна	70,1	25,4	2,7
Просапна	Диференційований (конт)	80,0	21,1	4,7
	Полицево-безполицевий	79,7	20,8	4,7
	Мілкий безполицевий	70,0	20,5	4,4
	Без добрив	66,0	15,6	4,6
	Органічна	73,2	16,2	5,8
	Органо-мінеральна	78,2	25,8	3,4
	Мінеральна	88,7	25,6	3,7

У міру збільшення норми мінеральних добрив зростає вихід енергії з врожаєм у всіх сівозмінах зростає.

Від застосування мінеральної системи удобрення вихід енергії у зернопросапній сівозміні досягає 99,8 ГДж, плодозмінної – 99,3 ГДж, що зумовлено впливом біологічного азоту, який підвищує вихід продукції рослинництва й вихід енергії.

На тлі застосування органо-мінеральної системи удобрення за зернопросапної сівозміни одержано 90,7 ГДж енергії у вигляді продукції рослинництва, що вище від зернопросапної спеціалізованої на 26 ГДж, просапної на 12,5 ГДж.

Застосування на варіантах лише органічних добрив спостерігається суттєве зниження виходу енергії в усіх чотирьох сівозмінах. Так, вихід енергії за плодозмінної сівозміни становив 81,2 ГДж, зернопросапної – 75,2 ГДж, зернопросапної спеціалізованої – 57,0 ГДж і 73,2 ГДж – просапної сівозміни.

У короткоротаційних сівозмінах вихід енергії залежав від системи удобрення.

Найвищий вихід енергії у середньому по сівозмінах зафіксовано за плодозмінної – 87,6 ГДж/га, за зернопросапної менше на 6 ГДж/га, за зернопросапної спеціалізованої – на 27,4 ГДж/га і за просапної менше на 11,1 ГДж/га порівняно з плодозмінною сівозміною.

У плодозмінній сівозміні на фоні диференційованого обробітку вихід енергії становив 89,1 ГДж/га, що на 2,1 ГДж/га більше від зернопросапної, на 26 ГДж/га від зернопросапної спеціалізованої і на 9,1 ГДж/га від просапної сівозміни. Найнижчий вихід енергії у всіх сівозмінах спостерігали за мілкого безпліцевого обробітку ґрунту, що пов'язано із зниження врожаю.

Органо-мінеральна система, яка заснована на застосуванні мінеральних і органічних добрив (гній, сидеральна маса, побічна продукція) за енергоємністю виявилася орієнтовно такого самого рівня, як і за застосування лише мінеральних добрив і 8 т гною у сівозмінах.

Енерговитрати більшою мірою у вигляді технічних засобів і пального пов'язані з органічними й мінеральними добривами, що вказує на досить високу енергетичну ціну.

Важливим показником виділяється порівняння вмісту енергії в урожаї культури, з витраченою енергією на вирощування. Коефіцієнт енергетичної ефективності культур змінювався щорічно.

У сівозмінах його показник змінювався упродовж двох ротацій. За економічність енерговитрат ефективнішим серед систем удобрення виявився варіант із внесення лише органічних добрив.

Коефіцієнт енергетичної ефективності за органічної системи удобрення у просапній сівозміні становив 5,8, що на 56,7% більше від мінеральної системи удобрення.

У зернопросапної спеціалізованої сівозміні за органічної системи удобрення коефіцієнт енергетичної ефективності становив 4,3, що на 59,2%

перевищив мінеральну систему удобрення (див. табл. 8.1)

Енергетично ефективними виявилися варіанти диференційованого та полицево-безполицевого обробітків. Мілкий безполицевий обробіток енергетично менш ефективний, що пояснюється нижчою урожайністю досліджених культур у всіх короткоротаційних сівозмінах.

Згідно із класифікацією Ю. О. Тараріко [459], за коефіцієнта енергетичної ефективності > 8 – ефективність дуже висока; $6,8$ – висока; $4-6$ – середня; $2-4$ ефективність низька; < 2 – виробництво неефективне.

Вирощування культур плодозмінної, зернопросапної і просапної сівозміни за всіх варіантів обробітку ґрунту характеризується як середньоєфективне, за зерно-просапної спеціалізованої – як низькоєфективна.

Вирощування сільськогосподарських культур у плодозмінній і зернопросапної сівозмінах за всіх систем удобрення характеризується як середньоєфективне.

У просапній і зернопросапній спеціалізованої сівозміні за органо-мінеральної і мінеральної системи удобрення вирощування культур характеризується як низькоєфективне.

Коефіцієнт енергетичної ефективності на варіантах систем удобрення із збільшенням енерговитрат зменшується.

Подібне означає, що маловитратні варіанти удобрення (гній, сидерати, побічна продукція) будуть енергетично вигідними, тоді як більше витратні із застосуванням засобів захисту, мінеральних добрив – енергоємні. Кожна одиниця додаткових витрат окупається все меншою віддачою у вигляді енергії врожаю.

Найвищий вихід енергії забезпечує плодозмінна сівозміна, у структурі якої люцерна становить – 20 %, сояшник – 10, буряки цукрові – 10 %, у середньому по сівозміні – 87,6 ГДж на 1 га ріллі.

Дещо нижчий вихід енергії забезпечила зернопросапна сівозміна, у структурі якої на сою припадає 20%, сояшник – 20, ячмінь – 20%; у середньому по сівозміні – 84,6 ГДж/га.

Ефективність агротехнологій значно залежить від направленості й збалансованості енергетичних потоків у ґрунті [181].

Створення позитивного балансу енергії ґрунту забезпечує стабільність енергетичного балансу в агроценозах, що сприяє зростанню енергетичної ефективності технологій вирощування [427].

Утворюється дефіцитний баланс гумусу й елементів живлення за внесення недостатньої кількості добрив, що призводить до скорочення їхнього вмісту в ґрунті та зниження його родючості. У загальному балансу енергії варто врахувати в агроценозах відкладених витрат на відновлення енергопотенціалу ґрунту.

Зростання енергетичного потенціалу ґрунтів за сучасних технологій можна досягти шляхом біологізації системи удобрення застосуванням сидеральних культур та побічної продукції [456].

За даними В. Р. Волобуєва та С. О. Алієва теплотворна здатність 1 г гумусу для чорнозему типового становить 4 Ккал/г.

Енергопотенціал чорнозему типового упродовж двох ротаций п'ятирічних сівозмін визначали як суму змін його енергоемності ($\Delta E_{\text{гум}}$ —енергії органічної речовини ґрунту) та енергетичних еквівалентів азотних (ΔE_{N}), фосфорних (ΔE_{P}) і калійних (ΔE_{K}) мінеральних добрив, які потрібні для бездефіцитного балансу елементів живлення.

Аналіз енергетичного стану чорнозему типового демонструє, що лише за використання достатньої кількості органічних добрив (у межах 11–11,5 т/га сівозмінної площі) можливе досягнення позитивного балансу енергії, що акумульована в гумусових сполуках.

Із використанням систем удобрення й обробітку ґрунту певні показники чорнозему типового можуть як погіршуватися, так і поліпшуватися. Тому енергетична ефективність варіантів досліду повинна враховувати зміни енергопотенціалу ґрунту ($K_{\text{сер}}$).

Дослідженнями з'ясовано, що за застосування системи удобрення й обробітку ґрунту в плодозмінній сівозміні їхня енергетична ефективність з урахуванням змін родючості чорнозему типового ($K_{\text{сер}}$) не істотно відрізнялися від звичайного показника $K_{\text{сє}}$ без урахування впливу варіантів досліду на ґрунтовий енергопотенціал (рис 8.1).

За мінеральної системи удобрення середній рівень енергетичної ефективності технологій становив $K_{\text{сер}}=2,3$.

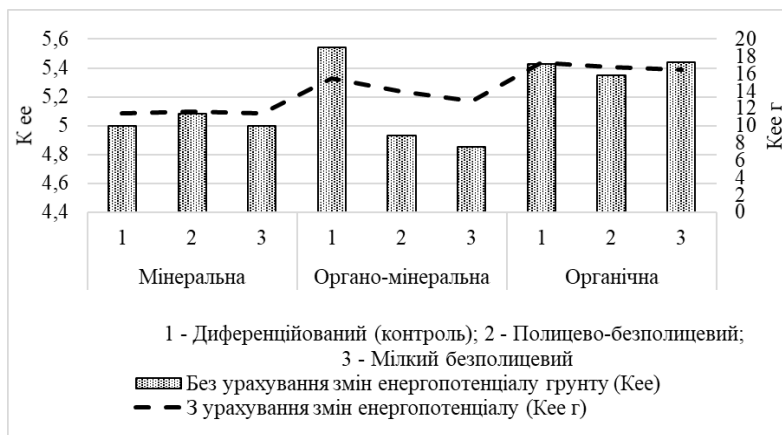


Рис. 8.1 Енергетична ефективність системи удобрення і обробітку ґрунту плодозмінної сівозміни за 2012–2021 рр.

За цієї системи удобрення формування енергії врожаю здійснюється за незначних страт енергії ґрунту.

Енергетично ефективнішою виявилася органічна система удобрення, за

внесення на 1 га ріллі 8 т гною та 3 т маси післяжнивних сидератів, нетоварної частини урожаю, забезпечило найвищий рівень енергетичної ефективності технологій за показником $K_{\text{сер}} = 16,9$, що на 2,8 вище за органо-мінеральну і на 5,4 вище, ніж за мінеральної системи удобрення.

Зростанню енергетичної ефективності системи удобрення сприяло зниження енергетичних витрат, що пов'язано із внесенням гною, заробляння у ґрунт маси сидеральних культур порівняно з мінеральними. За впливом на еколого-енергетичний стан ґрунту з найвищою ефективністю відзначився диференційований варіант обробітку ґрунту на тлі органічної системи удобрення ($K_{\text{сер}}=16,8$). Мінеральна система удобрення за всіх обробітків зумовила зниження енергопотенціалу чорнозему типового. Переважно внаслідок зменшення надходження за цієї системи удобрення органічних добрив у ґрунт, відбулося зниження енергопотенціалу чорнозему типового.

Водночас встановлено, що органічна й органо-мінеральна системи удобрення на фоні полицево-безполицевого і диференційованого обробітків, сприяють накопиченню ґрунтової органічної речовини, що призводить до зростання енергоємності ґрунту та сталості агроєкосистеми. За використання запасів ґрунтової енергії без її поновлення ґрунти деградують, знижується енергетичний потенціал, а відтак продуктивність ріллі.

Отже, рівень енергетичної ефективності технологій зріс на тлі диференційованого і полицево-безполицевого обробітків за органо-мінеральної та органічної систем удобрення.

Для оцінки енергетичної ефективності системи удобрення й обробітку ґрунту використовували, крім $K_{\text{сер}}$, показник біологічної акумуляції енергії (БАЕ), який є сумою додатково накопиченої до контролю енергії органічної речовини ґрунту $\Delta E_{\text{гум}}$ та енергії врожаю $\Delta E_{\text{в}}$: $\text{БАЕ} = \pm \Delta E_{\text{гум}} \pm \Delta E_{\text{в}}$.

Ефективність при БАЕ <50 ГДж/га низька, 50-100 – середня, >100 – висока.

За біологічно активної енергії мінеральна система удобрення характеризується як екологічно несприятлива, оскільки пов'язано це із зростанням дегуміфікаційних процесів (табл. 8.2).

Органо-мінеральна система удобрення на фоні диференційованого обробітку, впливала, позитивно вплив на підвищення енергоємності ґрунту і була ефективніша, ніж органічна й мінеральна системи удобрення на цьому обробітку ґрунту.

Накопичення біологічно акумульованої енергії за органо-мінеральної системи удобрення на фоні диференційованого обробітку виявилось більшим на 13,9 ГДж/га порівняно з мінеральною системою.

Органічна система удобрення призводила до зменшення енергоємності ґрунтового покриття і біологічно акумульованої енергії. Заробляння побічної продукції, маси сидеральних культур перетворюється на високоефективний захід лише у поєднанні з мінеральними добривами. За органо-мінеральної

системи удобрення додавання свіжої органічної речовини побічної продукції надає можливість підвищити надходження $C_{орг}$ до ґрунту і ефективно регулювати C:N.

Отже, показник БАЕ характеризує вплив добрив на гуміфікаційні й мінералізаційні процеси, тобто відбуваються зміни як потенційної, так і ефективної родючості чорнозему типового. Чим вища величина біологічної акумуляції енергії, тим раціональніше застосування добрив і тим меншою стає негативна дія на ґрунтову систему. Показник біологічної акумуляції енергії характеризує збалансованість продуктивності культур і рівня родючості ґрунтів. БАЕ слугує важливим критерієм екологічної рівноваги всієї екологічної системи.

Таблиця 8.2

Вплив систем удобрення і обробітку ґрунту агроценозу пшениці озимої, плодозмінної сівозміни на БАЕ, ГДж/га за 2012–2021рр.

Система удобрення	Варіант обробітку ґрунту	ΔE_r	ΔE_v	$BAE = \Delta E_r + \Delta E_v$
Мінеральна	Диференційований (контроль)	12,8	145,5	158,3
	Полицево-безполлицевий	12,8	148,1	160,9
	Мілкий безполлицевий	12,1	137,6	149,7
Органо-мінеральна	Диференційований (контроль)	10,3	159,4	169,7
	Полицево-безполлицевий	10,4	143,4	153,8
	Мілкий безполлицевий	10,4	133,2	143,6
Органічна	Диференційований (контроль)	5,4	93,6	99,0
	Полицево-безполлицевий	5,4	91,2	96,6
	Мілкий безполлицевий	5,4	89,2	94,6

Таким чином системи удобрення на фоні диференційованого і полицево-безполлицевого обробітків ґрунту можна вважати енергетично прибутковим.

Найперспективнішою визнана органо-мінеральна система удобрення ($K_{сер} = 14$).

8.2 Економічна ефективність сівозмін

Економічний аналіз систем удобрення свідчить, що чистий прибуток, вартість валової продукції та рентабельність залежали від норм застосування органічних, мінеральних добрив. На суму витрат впливали вартість органічних та мінеральних добрив у короткоротаційній сівозміні, витрати на технологічні операції.

Вирощування продукції у сівозмінах має бути направлено на одержання чистого прибутку з високим рівнем рентабельності [35].

Аналіз і синтез економічних явищ і процесів проводиться за допомогою цілого набору статистичних та математичних засобів, в саме математично-статистичних, економіко-статистичних, математичного програмування.

На основі технологічних карт наводяться дані грошових витрат на 1 га сівби культур сівозмін. Розрахунки виконано за цінами, що скалися на 2022 рік.

У плодозмінній сівозміні від внесення мінеральних добрив за полицево-безполицевого обробітку ґрунту умовно чистий дохід становить 17654 грн/га, рентабельність 119,9%, собівартість 1 тони урожаю 1389 грн/т (табл. 8.3).

Доведення норми добрив до 222 кг мінеральних добрив на 1 га сівозмінної ґрунту площі на диференційованому і полицево-безполицевому обробітках призводить до зростання рентабельності через збільшення урожайності культур сівозміни.

Із внесенням органо-мінеральних добрив чистий дохід і рівень рентабельності залежали від приросту врожаю, а також витрат на його збирання і вартості мінеральних та органічних добрив. Так, найвищий чистий дохід з 1 га 14336 грн, рентабельність – 93,6 % за полицево-безполицевого обробітку ґрунту. Собівартість 1 тони продукції за полицево-безполицевого обробітку ґрунту становила 4350 грн. У зернопросапній сівозміні чистий дохід залежав передусім від врожайності сільськогосподарських культур у сівозміні (табл 8.4).

Таблиця 8.3

Економічна ефективність плодозмінної сівозміни за 2012–2021 рр.

Фактор		Вартість продукції з 1 га, грн	Виробничі витрати на 1 га, грн	Собівартість 1т урожаю, грн	Умовно чистий дохід з 1 га, грн	Рівень рентабельності, %
А	В					
БД	1	17838	12028	5431	5810	49,5
	2	18522	11997	5060	6525	55,2
	3	14614	11315	6206	3299	30,1
О	1	22343	14812	5385	7531	51,4
	2	22373	14407	5318	7966	57,0
	3	18972	13828	6119	5144	36,3
ОМ	1	27948	14985	4503	12964	87,1
	2	29262	14926	4350	14336	93,6
	3	23910	15060	5427	8850	56,9
М	1	30745	15176	4005	15569	107,5
	2	32697	15043	3789	17654	119,9
	3	27333	15344	4723	11989	80,7

Примітка: Фактор – А: БД – без добрив; О – органічна; ОМ – органо-мінеральна; М – мінеральна, фактор – В: 1 – диференційований (контроль); 2 – полицево-безполицевий; 3 – мілкий безполицевий.

Найефективнішим виявився полицево-безполицевий обробіток ґрунту на фоні застосування 240 кг мінеральних добрив на 1 га сівозмінної площі, що становить чистий дохід 13334 грн, рентабельність – 81 %.

Застосування органо-мінеральної системи удобрення призвело до зниження чистого доходу на 2541 грн/га і рентабельності на 113 % за полицево-безполицевого обробітку ґрунту порівняно з мінеральною системою.

Зниження прибутку відзначено і за органічної системи удобрення на фоні полицево-безполицевого обробітку – 3643 грн/га порівняно з органо-мінеральною системою.

Таблиця 8.4

**Економічна ефективність зернопросапної сівозміни,
за 2012–2021 рр.**

Фактор		Вартість продукції з 1 га, грн	Виробничі витрати на 1 га, грн	Собівартість 1т урожаю, грн	Умовно чистий дохід з 1 га, грн	Рівень рентабельності, %
A	B					
БД	1	17892	12358	509	5534	45
	2	18152	12084	4787	6068	50
	3	14272	11244	5733	3028	27
О	1	21676	15113	4973	6563	43
	2	21680	14530	4842	7150	48
	3	18376	13956	5380	4420	31
ОМ	1	25680	15731	4401	9949	62
	2	26344	15551	4237	10793	68
	3	22136	15774	4819	6862	44
М	1	28988	16123	4164	12865	79
	2	29452	16118	4073	13334	81
	3	24468	15915	4648	8553	53

Примітка: Фактор – А: БД – без добрив; О – органічна; ОМ – органо-мінеральна; М – мінеральна, фактор – В: 1 – диференційований (контроль); 2 – полицево-безполицевий; 3 – мілкий безполицевий.

У зернопросапній спеціалізованій сівозміні найвищий рівень рентабельності 82% одержано за мінеральної системи удобрення (табл. 8.5).

Найнижчу рентабельність спостерігали за органічного та неудобреного варіантів. За цих систем удобрення відбулося зниження урожайності культур сівозміни, внаслідок чого дохід зменшився.

Застосування мілкого безполицевого обробітку ґрунту призводить до істотного зниження рівня рентабельності у зернопросапній спеціалізованій сівозміні.

У просапній сівозміні від застосування в нормі 234 (N₈₄P₇₆K₈₀) мінеральних добрив на 1 га сівозмінної площі рівень рентабельності виявився найвищий 79,3 % (табл. 8.6).

За зниження норми мінеральних добрив до 107 кг (N₃₉P₃₇K₃₁) і 11,5 т органічних добрив на 1 га сівозмінної площі спостерігається зниження чистого

прибутку на 3309 грн/га і рентабельності на 20,3 % на фоні диференційованого обробітку ґрунту порівняно з мінеральною системою удобрення.

Таблиця 8.5

Економічна ефективність зернопросапної спеціалізованої сівозміни, за 2012–2021 рр.

Фактор		Вартість продукції з 1 га, грн	Виробничі витрати на 1 га, грн	Собівартість 1т урожаю, грн	Умовно чистий дохід з 1 га, грн	Рівень рентабельності, %
A	B					
БД	1	18443	12717	7664	5727	43
	2	19495	12570	7080	6925	54
	3	16882	12158	7908	4723	38
О	1	21513	15163	7837	6351	40
	2	21813	14889	7651	6924	45
	3	19973	14283	8136	5690	38
ОМ	1	23898	15417	7074	8481	54
	2	25287	15425	6700	9862	62
	3	20542	15378	8301	5164	32
М	1	27468	15544	6160	11924	76
	2	28452	15548	5933	12904	82
	3	23295	15675	7396	7620	48

Примітка: Фактор – А: БД – без добрив; О – органічна; ОМ – органо-мінеральна; М – мінеральна, фактор – В: 1 – диференційований (контроль); 2 – полищево-безполищевий; 3 – мілкий безполищевий.

Таблиця 8.6

Економічна ефективність просапної сівозміни, за 2012–2021 рр.

Фактор		Вартість продукції з 1 га, грн	Виробничі витрати на 1 га, грн	Собівартість 1т урожаю, грн	Умовно чистий дохід з 1 га, грн	Рівень рентабельності, %
A	B					
БД	1	20120	13396	5279	6724	50,1
	2	20680	13244	5045	7436	56,1
	3	18720	12348	5165	6372	51,4
О	1	22180	15064	5405	7116	47,4
	2	22880	14688	5196	8191	56,2
	3	19780	13870	5850	5960	43,8
ОМ	1	24000	15482	5149	8517	55,7
	2	23580	15512	5272	8068	52,4
	3	19740	14274	5949	5465	38,7
М	1	27440	15613	4498	11876	76,0
	2	27960	15617	4407	12343	79,3
	3	24360	15612	6079	8748	56,1

Примітка: Фактор – А: БД – без добрив; О – органічна; ОМ – органо-мінеральна; М – мінеральна, фактор – В: 1 – диференційований (контроль); 2 – полищево-безполищевий; 3 – мілкий безполищевий.

Собівартість 1 тони продукції встановлена найбільшою за застосування органо-мінеральної системи удобрення на фоні мілкого безполицевого обробітку ґрунту – 5949 грн/т.

Отже, найрентабельнішою – 68,8 % виявилася плодозмінна сівозміна. Рентабельнішою стала мінеральна система удобрення. Від застосування мілкого безполицевого обробітку ґрунту знижується чистий прибуток за всіх сівозмін.

8.3 Екологічне оцінювання сівозмін

Застосування органічних і мінеральних добрив викликають зміни балансу як макро, так і мікроелементів у системі ґрунт – рослина. Подібне може знизити якість рослинницької продукції через зростання вмісту мікроелементів у побічній та основній продукції.

Досить часто це залежить від чергування культур у сівозміні, застосування добрив, фізико-хімічних особливостей ґрунтів, виносу поживних речовин врожаєм, способів обробітку ґрунту. Засвоювані рослинами, вони можуть нагромаджуватися далі потрапляти в організм людини [190].

Поведінка важких металів у системі ґрунт – рослина визначається багатьма факторами, а саме: їх концентрацією і формою в ґрунті, механічним і мінералогічним складом останнього вмістом гумусу, біологічними особливостями рослин, рН, рівнем окислювально-відновного потенціалу [204].

Під впливом обробітку ґрунту і добрив, що не властиво природним ґрунтам, група забруднюючих речовин активно впливає на верхню частину орного шару, призводить до трансформації мікроелементів у ґрунті.

Спостерігається значне зниження урожайності: зернових культур на 20-30%, картоплі – на 47 %, буряків цукрових – на 35 % [300].

Одним із важливих напрямів агроекологічної науки стає вивчення вмісту важких металів, які надходять у ґрунт за застосування його обробітку, чергування культур, системи удобрення, що дає змогу розробити прогноз вмісту важких металів в агроландшафті [251, 624].

Важливу роль у таких дослідженнях відіграють стаціонарні польові досліді, моніторингові спостереження за вмістом важких металів, їх нагромадженням за час освоєння сівозміни.

За органо-мінеральної системи удобрення упродовж десяти років на чорноземі типовому вміст цинку зріс на 1,0 – 1,5 мг/кг ґрунту (табл. 8.7). За застосування органічної системи удобрення упродовж двох ротаций сівозміни його кількість становили 8,0 мг/кг ґрунту, що було на 1,1 мг/кг ґрунту більше, порівняно з початку першої ротатії. Пояснюється це особливостями внесених добрив та виносом їх рослинами сівозміни.

Свинець для людей і тварин надзвичайно шкідливий, доза антропогенних його домішок (Pb) у ґрунті потребує особливої уваги. Згаданий елемент здатний викликати різні патологічні зміни в організмі людей і тварин [4].

На варіанті без добрив вміст свинцю знаходився на одному рівні, тоді як

під впливом органічної і мінеральної він зріс на 2,2 і 1,8 мг/кг ґрунту порівняно з початком першої ротації сівозміни і становив, відповідно, 8,3 і 8,5 мг/кг ґрунту. Із застосуванням на варіанті 11,5 т органічних добрив і 110 кг (N₂₇ P₃₈ K₄₅) мінеральних добрив вміст свинцю підвищився на 0,4 мг/кг ґрунту.

Таблиця 8.7

Вміст мікроелементів в 0–30 шарі чорнозему типового залежно від системи удобрення упродовж двох ротацій плодозмінної сівозміни, мг/кг ґрунту

Система удобрення	Pb		Cu		Cd		Zn		Ni	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Без добрив	9,5	9,5	4,8	4,9	0,08	0,08	6,4	6,5	8,4	8,5
Органічна	6,1	8,3	4,5	4,9	0,05	0,06	6,9	8,0	6,7	7,4
Органо-мінеральна	6,5	6,9	4,7	5,0	0,04	0,05	6,6	7,6	6,5	7,2
Мінеральна	6,7	8,5	4,8	5,1	0,05	0,06	6,9	8,8	7,5	8,8
HP ₀₅	0,30	0,40	0,23	0,23	-	-	0,35	0,24	0,34	0,30

Примітка: 1 – початок першої ротації, 2012 р; 2 – закінчення другої ротації, 2021р.

Мідь визнано одним з екологічно небезпечних важких металів як для довкілля, так і для живих організмів. Забруднення довкілля міддю призводить до деструкції природних екосистем. Катіон Cu²⁺ є металом комбінованої дії за своїм негативним ефектом на клітини мікроорганізмів. Одночасно мідь виступає як метал-замісник, так і метал- окиснювачем [77].

Упродовж двох ротації систем удобрення вміст Cu в ґрунті істотно не змінюється. Разом із тим, якщо на варіанті без застосування добрив вміст елемента знаходився у межах 4,8 мг/кг ґрунту, то в кінці другої ротації – 4,9 мг/кг, що пояснюється значнішим впливом кореневої системи рослин. За мінеральної системи удобрення вміст Cu підвищився на 0,3 мг/кг ґрунту до 5,1 мг/кг ґрунту. Застосування лише органічних добрив підвищило вміст міді на 0,4 мг/кг.

За даними Г. П. Жемела, Ю. М. Барат [159], вміст міді та свинцю зі збільшенням дози мінеральних добрив суттєво зростає.

Важкі метали, що містяться в добривах, у основній своїй масі потрапляють до ґрунту в концентраціях, що не перевищують ГДК і при цьому позитивно впливають на рослини, задовольняючи їхню потребу в мікроелементах [407].

За зниження кислотності ґрунту зростає мобільність кадмію і надходження його до рослини. Пригнічення рослин за нагромадження кадмію відбувається за низької кислотності, заходи з нейтралізації кислотності ґрунту можуть одночасно знижувати рухомість кадмію у ґрунті [574].

Із застосуванням 222 кг (N₆₈P₇₂K₈₂) мінеральних добрив на 1 га сівозмінної площі вміст кадмію не підвищився. За внесення 11,5 т органічних і 110 кг (N₂₇P₃₈K₄₅) мінеральних добрив на 1 га сівозмінної площі вміст кадмію

виявився найнижчим.

У дослідженнях проведених у Німеччині в агроценозах пшениці і буряків цукрових, під які застосовували 50–123 кг/га P_2O_5 фосфорних добрив, надходило 490 г Cd. За спостереженнями наприкінці досліду вміст згаданого елемента становив 0,03 мг/кг ґрунту.

Валовий вміст Ni за внесення органічних і мінеральних добрив у сівозміні зростав, відповідно, на 0,7 і 1,3 мг/кг ґрунту порівняно з початком першої ротації сівозміни, до 7 і 8,8 мг/кг ґрунту загалом. Внесення органічних добрив в нормі 11 т на 1 га сівозмінної площі збільшили вміст Ni на 0,7 мг/кг ґрунту порівняно з початковим вмістом.

Отже, із застосуванням органо-мінеральної системи удобрення у сівозміні на чорноземах типових підвищення вмісту міді не спостерігається, при неістотному збільшенні цинку, кадмію, нікелю і свинцю, що не здатне відчутно вплинути на загальний вміст згаданих елементів у ґрунті. Така система удобрення плодозмінної сівозміни є екологічно безпечною і вміст важких металів перевищуватиме ГДК орієнтовно лише через 100 років.

Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності забезпечували органічна і органо-мінеральна система удобрення. У середньому за роки досліджень K_{ee} у зернопросапній сівозміні становив 5,7, зернопросапній спеціалізованій – 4,3, просапній – 5,8. Полицево-безполицевий і диференційований обробітки ґрунту забезпечили коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні зернопросапній сівозміні 4,9 – 5,0, зернопросапна спеціалізована – 3,6, просапна – 4,7. Найбільший вихід енергії по мінеральному фону удобрення спостерігався у зернопросапній сівозміні – 99,8 ГДж/га, по органо-мінеральному у плодозмінній сівозміні – 104,5 ГДж/га.

За вмістом енергії ґрунту енергетично ефективнішою виявилась органо-мінеральна система удобрення на 13,9 ГДж/га порівняно з мінеральною системою.

Серед досліджених систем удобрення економічно ефективним за рентабельністю вирощування культур у плодозмінній сівозміні за полицево-безполицевого обробітку ґрунту становить – 119,9%, умовно чистий дохід – 17654 грн/га. У зернопросапній сівозміні найефективнішим виявився полицево-безполицевий обробіток ґрунту на фоні застосування 240 кг мінеральних добрив на 1 га сівозмінної площі, що становить чистий дохід 13334 грн, рентабельність – 81%.

За використання мінеральної й органо-мінеральної систем удобрення у плодозмінній сівозміні вміст важких металів у ґрунті упродовж двох ротацій сівозміни не підвищувався. За застосування органічної системи удобрення упродовж двох ротацій сівозміни кількість цинку становила 8,0 мг/кг ґрунту, що було на 1,1 мг/кг ґрунту більше, порівняно з початку першої ротації.

9. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ NO-TILL ТЕХНОЛОГІЙ

Світовий і вітчизняний досвід застосування технологій зумовили потребу у перегляді підходів до обробітку ґрунту, зокрема насамперед спрямування стосовно його мінімізації. Під виглядом сучасних інновацій на сьогодні досить часто здійснюється впровадження заходів, які не мають достатнього наукового обґрунтування й містять агрономічні та організаційні помилки.

Економічний і соціальний стан аграрного виробництва призводить, на жаль, до руйнування прийнятих сівозмін та необґрунтованого спрощення обробітку ґрунту замість його мінімізації. Згадані складові частини в сучасному контексті інтенсивно рекламованих технологій, зокрема «No-till», не відображаються як основна системи землеробства.

Нульовим технологіям притаманний ряд власних негативних наслідків, які обговорюються у наукових колах. Забруднення довкілля, зниження врожайності посилюються прямою залежністю від закордонного виробництва. Складається враження про сплановану політику впровадження недостатньо досліджених технологій, які однобоко висвітлюються у деяких виданнях і пропонуються посередниками виробників імпортової техніки і засобів захисту рослин – обов'язкових елементів технологій.

Причинність відмови від інтенсивного землеробства, яке панувало в країнах із добре розвинутою рослинницькою галуззю, впродовж останніх десятиліть ХХ століття, і спроба переходу на технології no-till полягала у зростанні прискореної ерозії орнопридатних земель внаслідок інтенсивного механічного обробітку ґрунту. За останніми повідомленнями, за всю історію землекористування людство втратило від цього майже 2 млрд гектарів у свій час родючих земель, а це більше за всю площу сучасного світового землеробства [633]. У нашій країні площа деградованих ґрунтів з цією ж причини щорічно зростає на 80 тис. га [412]. Виходом із ситуації стає розробка вченими-аграріями різних заходів мінімізації обробітку ґрунту, серед яких чи не найдієвіша повна відмова від цього технологічного елемента.

Англійський вчений-аграрій Х. П. Аллен, один із теоретиків мінімального обробітку ґрунту, до переваг такої технології відніс можливість одержати: економію часу, робочої сили, пально-мастильних матеріалів і грошових ресурсів, зведення до мінімуму непродуктивних втрат ґрунтової вологи; збереження гумусу у верхньому шарі та зменшення здатності до прояву вітрової і водної ерозії [211].

Значний вклад у розробку теоретичних основ мінімізації обробітку ґрунту за рахунок «No-till» технологій внесли вчені США, які позитивно оцінили згадану технологію. Для сільськогосподарського виробника вона забезпечує наступні вигоди [25]:

- підвищення вмісту органічних речовин; повніше збереження структури ґрунту, інтенсивніший перебіг оструктурування ґрунту, збереження корисної

грунтової фауни, поліпшення аерації ґрунту, а також вологозабезпеченості рослин, запобігання ерозії ґрунту, помітне зниження собівартості продукції, економію до 70% пального, зменшення витрат робочого часу у 3-5 разів.

Недоліки технології без механічного обробітку ґрунту за результатами аналізу сучасної літератури і власного досвіду наводять В. Ф. Сайко і А. М. Малієнко [414]. До нього вони відносять, що:

- за наявності на поверхні поля великої кількості рослинних залишків температура ґрунту навесні знижується на 3-5°C, у наслідок чого на 3-4 дні затримується досягання ґрунту, що шкодить ярим культурам, та призводить до перенесення строків сівби на пізніше;

- на технології no-till у “блюдцях” затримується тала вода на тривалий час, що шкодить розвитку пшениці озимої і багаторічним травам;

- через застій води на слабодренованих ґрунтах знижується їх біологічна активність;

- значно зростає вартість контролю за бур'янами порівняно з традиційною технологією;

- доводиться збільшувати норми ґрунтових гербіцидів, частини яких фіксується рослинними залишками;

- за тривалою ґрунтової посухи внесені у верхній шар добрива стають недоступними для рослин.

До цього списку Д. Р. Гриффит із колегами [121] додають, що врожай кукурудзи за технології no-till знижується проти традиційного на 14 %, соняшнику – на 8 %.

Щорічно площа під технологією no-till зростає у світі більше, ніж на 1 млн га, набуваючи значного поширення у різних країнах світу [40, 290]. Найзначніші площі під такою технологією у Західній Європі зосереджено в Іспанії та Франції, проте в цілому по Європі у структурі посівних площ частка земель під no-till не перевищує 3 % [153, 324].

За наявними даними, впровадження нульового обробітку в Україні на чорноземних ґрунтах дає можливість для оптимізації ґрунтоутворного процесу і розширеного відтворення ґрунтової родючості, що нереально за полицевого обробітку [24,74].

Надалі аналізуються наслідки застосування мінімізованих технологій обробітку ґрунту в трипільній зерновій сівозміні порівняно з найпоширенішими технологіями. Висвітлюється вплив згаданих технологій на зміну водно-фізичних властивостей ґрунту, фітосанітарний стан посівів.

Варто зауважити, що як визначальний критерій доцільності застосування мінімальних технологій береться рівень продуктивності сівозміни та економічна складови їх застосування.

9.1 Агрофізичні показники ґрунту залежно від технологій

Дослідження, проведені в США, тривале застосування нульового обробітку впродовж 30 років сприяло зниженню щільності складення ґрунту,

порівняно з полицевим обробітком [621]. Формується поняття про виключну роль відсутності обробітку у відновленні фізичних властивостей ґрунту до природного стану порівняно з традиційним обробітком. Природна рівноважна щільність відновлюється під дією природних факторів (висихання, розмерзання, зволоження, замерзання), що висвітлюється в наукових роботах закордонних вчених.

Відмова від суцільного обробітку з використанням технологій *no-till* сприяє поліпшенню водної, твердої, газової фаз ґрунту. Завдяки посиленню мікробіологічної діяльності у структурі ґрунту поліпшується поживний режим і вологозабезпеченість рослин упродовж періоду вегетації [630].

Від кліматичних умов залежить відновлення щільності. У районах із холодною зимою й глибоким промерзанням ґрунту під впливом замерзання та розмерзання згаданий процес перебігає повільно, упродовж кількох років [602]. За м'яких зим це відбувається ще повільніше. У США впродовж зимового періоду відновлення щільності шару 0–7 см спостерігається на рівні на 50 %, в орному – до 25 %. У провінції Онтаріо (Канада) надлишкове ущільнення шару 0–15 см протягом зимового періоду зменшилося на 40 % [614].

Застосування важкої техніки, що є особливістю аграрного виробництва в останні 50 років, швидше гальмуватиме самостійне розущільнення ґрунту після припинення обробітку. Використання лише посівної і збиральної техніки ущільнює ґрунт до 70% і більше.

Встановлено зростання щільності ґрунту після «*No-till*» обробітку, порівняно з оранкою [589, 609]. Існують дані, що щільність ґрунту вища за *no-till* лише у шарі 0–10 см, тоді як у шарі 0–20 см і 20–30 см – після полицевого обробітку [613].

Результати досліджень у чорноземній зоні Європи вказують на підвищення щільності ґрунту після застосування технології *no-till*, порівняно з полицевим обробітком [186]. Низка авторів [362], вважають, що застосування технології *no-till* викликає підвищення щільності упродовж вегетаційного періоду від 3,1 до 8,7 %, порівняно з оранкою.

Відомі дані про відсутність суттєвих відмінностей між технологіями без обробітку і використання заходів обробітку різного ступеня інтенсивності [103].

Проведені дослідження показали, що на щільність ґрунту істотно впливає спосіб його обробітку та умови, що складаються в осінньо-зимовий і впродовж вегетаційного періоду. Так, у середньому в роки досліджень щільність ґрунту в шарі 0–10 см у найкритичніші фази росту і розвитку сої (на початку вегетації) за дослідженими варіантами технологій обробітку ґрунту знаходилися в оптимальних межах від 1,04 до 1,15 г/см³ (табл. 9.1).

Із аналізу щільності в нижніх шарах ґрунту вивилося, що на варіанті, де проводилося дискування, в 10–20 см за рахунок дії дискових знарядь ґрунт переущільнювався. За оранки зростання щільності ґрунту спостерігалось в шарі 20–30 см.

У середині вегетації за дискування й оранки відбувалося значне зростання щільності ґрунту по всьому профілю одного шару. За технології no-till ця тенденція була виражена значно менше.

Перед збиранням на варіантах щільності ґрунту зроста і виходила за межі оптимальних значень для рослин сої. Істотних різниць між варіантами дослідів у згадані періоди не відзначено.

Використання будь-якого суцільного обробітку сприяло підтриманню щільності в 0–10 см шарі на рівні з контролем. Зменшення кількості та глибини обробітків призводило до її підвищення порівняно з полицевими обробітком у нижніх шарах, які не оброблялися.

Таблиця 9.1.

Зміни щільності ґрунту за вирощування сої залежно від технології обробітку, за 2018–2020 рр.

Варіанти технологій обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Щільність ґрунту, г/см ³			
		до промерзання ґрунту	перед сівбою	в фазу бутонізації	перед збиранням
Оранка ПОН-3-35 на 20-22 см (контроль)	0-10	0,85	1,04	1,16	1,21
	10-20	0,93	1,16	1,19	1,25
	20-30	1,14	1,22	1,23	1,28
Дискування АГ-2,1-20 на 10-12 см	0-10	1,00	1,08	1,18	1,20
	10-20	1,07	1,16	1,21	1,23
	20-30	1,18	1,18	1,24	1,29
Технологія no-till	0-10	1,10	1,15	1,23	1,24
	10-20	1,17	1,17	1,19	1,19
	20-30	1,19	1,18	1,21	1,31
НІР ₀₅		0,07	0,05	0,06	0,09

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень.

На думку В. В. Медведєва [290], системний обробіток у сізовміні в середньостроковій перспективі (через 4–5 років) має сприяти розуцільненню верхніх шарів ґрунту до оптимального рівня (1,15–1,25 г/см³) за локалізації в обмеженому ґрунтовому середовищі значної кількості органічного субстрату. При цьому очікується зниження щільності будови та опору ґрунту не тільки в орному шарі, й у підорному прошарку, що призведе до поступового руйнування плужної підшови.

Твердість ґрунту чинить механічний опір росту і розвитку кореневої системи рослин, досить часто зумовлює зниження схожості насіння, впливає на водний, повітряний і тепловий режими ґрунту, тяговий опір ґрунтообробних машин і знарядь [512].

Наразі тривають гострі дискусії між прихильниками традиційної та енергозберігаючих заходів обробітку ґрунту. Дослідження показали, що ефективність ресурсозберігаючого мінімального обробітку в різних зонах

неоднакова і залежить від ступеня окультурення ґрунту, погодних умов, механічного складу, засміченості посівів [283].

У результататами досліджень, проведених Н. Є. Борис [38] встановлено, що оранки сприяла зниженню твердості чорнозему типового.

Дослідження показали що твердість ґрунту залежала від способів обробітку (табл. 9.2).

На контролі твердість шару 0–10 см відзначена найменшою по варіантах досліджу – 3,4 кг/см², тоді як за дискування і нульового обробітку вона виявилася істотно вищою – 1,3 і 4,6 кг/см² відповідно.

У глибших шарах чорнозему типового відбувалося зростання твердості ґрунту на всіх досліджуваних варіантах обробітку. Так, за оранки в шарі 10–20 см показник збільшився на 13,3, у шарі 20–30 см – на 19,9 кг/см² відносно верхнього шару 10 см. Застосування дискування на 10–12 см і технології по-till обробітку істотно збільшувало відповідний показник відносно контролю.

Таблиця 9.2.

Зміни твердості чорнозему за вирощування сої залежно від технології обробітку ґрунту, кг/см², за 2018–2020 рр.

Варіанти технологій обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
Оранка ПОН-3-35 на 20-22 см (контроль)	3,40	16,70	23,30	14,50
Дискування АГ-2,1-20 на 10-12 см	4,70	22,40	33,00	20,00
Технологія по-till	8,00	25,40	34,60	22,70
НІР ₀₅	0,54	0,72	3,20	1,91

Варто зауважити, що за застосування дискування на глибині 10–12 см і технології обробітку по-till відзначена достовірна різниця в напрямі збільшення твердості ґрунту за відсутності його обробітку за всіма дослідженнями шарами. Відповідно зменшення інтенсивності обробітку ґрунту істотно посилили його твердість.

Разом із тим Л. В. Центилю і О. А. Цюк [512] встановили, що застосування мілкокого безполицевого обробітку викликає зростання твердості в нижній частині орного шару ґрунту. Відмінності за твердістю найзначніше виражені восени, відразу після проведення основного обробітку, тоді як у весняно-літній період вони знівельовуються і, як правило, не досягають критичних значень для вирощування культур.

Виявлено рівень ущільненого прошарку, що значно перешкоджає проходженню кореневої системи рослин та вологи. Глибина розташування плужної підшви за оранки знаходилась на рівні 20–24 см, за дискування 12–14 см.

За такої глибини виявлено значне підвищення за шарами ґрунту по його

твердості із величиною до 9–10 кг/см², що становило третину загальної величини згаданого показника.

Переваги технології no-till за вирощування сої, не встановлено за відсутності чіткого характерного ущільненого прошарку. Стійка тенденція до підвищення сили опору ґрунту після технологій no-till обробітку викликала негативні зміни стану чорнозему типового порівняно з оранкою та дискуванням.

Структура ґрунту має важливе агрономічне значення і впливає на цілий ряд властивостей ґрунту: щільність, пористість, поживний режим.

На вищі темпи відновлення структури ґрунту за технологією no-till обробітку вказують низка закордонних і вітчизняних дослідників [522, 640]. Одним з аргументів наводиться ґрунтозахисний ефект, що пов'язаний створенням мульчувального шару, який істотно зменшує ерозійні втрати ґрунту, захищає поверхню ґрунту від поверхневого стоку, за довготривалого використання такої технології [89, 634].

У проведених дослідженнях С. П. Танчик і В. Ю. Ямковий [449], відзначають суттєве зростання коефіцієнта структурності після технології «No-till» порівняно з традиційним обробітком майже у 1,3 раза. Вміст агрономічно-цінних агрегатів знаходився в межах 78,7–81,6 %.

За аналізом впливу способів обробітку ґрунту на структурно-агрегатний склад виявлено, що найбільша кількість агрономічно цінних агрегатів була за технології no-till – 84–87 %, що відповідає за шкалою П. У. Бахтіна як відмінний стан (рис. 9.1). Оранка на 20–22 см, через підвищення брилуватості, особливо у нижніх шарах ґрунту, знижувала згаданий показник до доброго стану.

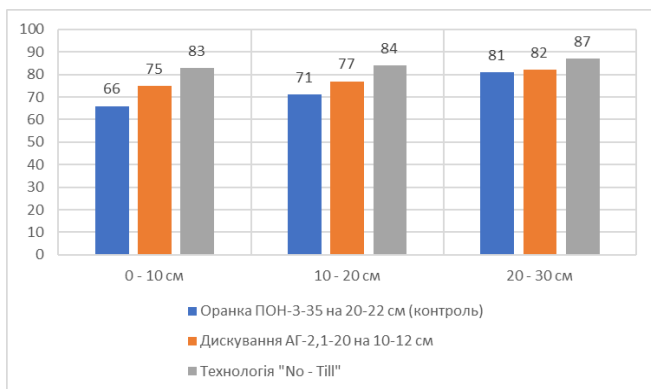


Рис. 9.1 Вміст агрономічно цінних агрегатів чорнозему типового залежно від технологій обробітку ґрунту, % за 2018–2021 рр.

У шарі 0–10 см за дискування на 10–12 см і оранки на 20–22 см вміст агрономічно цінних агрегатів відзначено меншим – 9,0 і 20,0 %, у шарі 10–20 см – на 15 і 8 %, порівняно з варіантом технології no-till. У нижніх шарах орного шару вміст агрономічно цінних агрегатів значно не відрізнявся між дослідженими варіантами

Запровадження технології no-till під сою дещо поліпшувало ґрунтурно-агрегатний склад чорнозему типового, знижуючи його брилуватість.

Отже, можна стверджувати, що технології вирощування певною мірою впливали на коефіцієнт ґрунтурності. На варіанті з технологією no-till останній виявився вищим порівняно з оранкою.

За дослідженнями досліджень вмісту водотривких агрегатів за різних технологій обробки ґрунту одержані наступні результати (рис. 9.2).

При цьому варто вказати на інтенсивне відновлення кількості водотривких агрегатів за технології no-till. Найнебезпечніший для ґрунтурно-агрегатного складу полицевий обробіток викликав незначне розпилення ґрунтових агрегатів. На цьому варіанті спостерігали тенденцію до зниження кількості водостійких агрегатів у 0–10 см шарі ґрунту порівняно з технологією no-till.

Застосування дискування на глибину 10–12 см сприяло відновленню згаданого показника, із зростанням порівняно з оранкою на 2,2 %. За технології no-till виявлено найвищий вміст водотривких агрегатів у шарі 0–10 см на 28,8 %, і у шарі 10–20 см на 50,0 %, порівняно з оранкою.

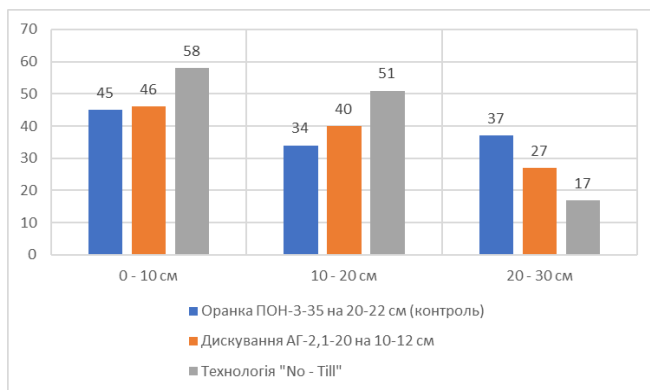


Рис.9.2 Водотривкість ґрунту перед початком вегетації сої, % за 2018–2021 рр.

Із використанням технології no-till на чорноземі типовому водотривкість у шарах 0–10 і 10–20 см відновилася до доброго стану, що вказує на поступове наближення такої до природного. Водночас С. П. Танчик і В. Ю. Яковий [449], встановили на чорноземах типових зростання кількості водотривких агрегатів після технології no-till, порівняно з оранкою.

Отже, технології no-till і дискування на 10–12 см підвищували вміст водотривких агрегатів, що сприяє успішній водоутримуючій здатності ґрунту.

7.2 Вміст і запаси гумусу

Одним із головних завдань основного обробітку ґрунту вирізняється створення оптимальних умов мінерального живлення рослин та поповнення його елементами живлення. Інтенсивний глибокий обробіток чорноземних ґрунтів значною мірою перешкоджає втратам гумусу [384].

Низка авторів [93] засвідчують, що за глибокого полицевого обробітку значно інтенсивніше перебігають процеси мінералізації органічних сполук ґрунту, суттєво поліпшується азотний режим та накопичується азот у доступній для рослин формі. Інші автори проведеними дослідженнями щодо запасів загального гумусу в орному шарі ґрунту підтверджують накопичення останнього при прямій сівбі [133].

У процесі обробітку ґрунту відбувається посилення його аерації, руйнується структура, що в результаті призводить до переходу органічної речовини в доступні для рослин форми.

Вміст валового гумусу в ґрунті характеризує потенційну родючість, тоді як вміст лабільних форм органічної речовини визначає ефективну родючість. Вплив на ґрунт ґрунтообробними знаряддями викликає зменшення кількості лабільних гумусових речовин. Подібне зумовлює, зниження ефективної родючості ґрунту навіть за високого вмісту валового гумусу [387].

У дослідженнях із визначення вмісту гумусу залежно від технологій обробітку ґрунту одержано наступні результати (рис. 9.3).

Під час дослідів використання ресурсоощадних технологій обробітку ґрунту сприяло помітному збільшенню вмісту гумусу, порівняно з контролем. Так, упродовж десяти років досліджень за застосування поверхневого обробітку щодо полицевого відбулося зростання вмісту гумусу на 0,43% відносно полицевого обробітку.

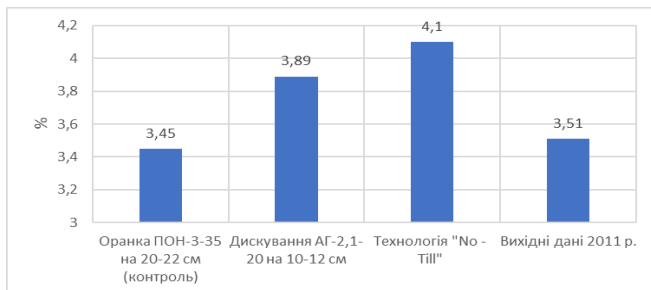


Рис. 9.3 Вміст гумусу в 0–20 см шару чорнозему типового залежно від технологій обробітку ґрунту, % за 2011–2021 рр.

Із застосуванням технологій no-till зростання вмісту гумусу виявилось ще значнішим і становило до контролю 0,64 %. Варто зауважити, що за застосування дискування і технології no-till зростає диференціація орного шару ґрунту за вмістом гумусу.

Для фундаментальних висновків і рекомендацій, крім відносного порівняння з контролем, необхідно надати оцінку і стосовно вихідного стану. Якщо порівняти варіанти ресурсозаощадних технологій обробітку ґрунту з ґрунтом 2011 року, то ресурсозаощадні технології обробітку ґрунту сприяли зростанню вмісту гумусу в шарі 0-20 см відповідно за дискування на 10-12 см на 0,43 %, за технологією no-till на 0,64 %. Застосування полицевого обробітку відзначалося зниженням вмісту гумусу щодо вихідного вмісту на 0,05 %. Подібне пояснюється посиленням мінералізації гумусових речовин за застосування полицевого обробітку ґрунту та виносом азоту з вищими врожайми культур сівозміни.

У дослідженнях щодо запасів гумусу в ґрунті одержано наступні результати (рис. 9.4).

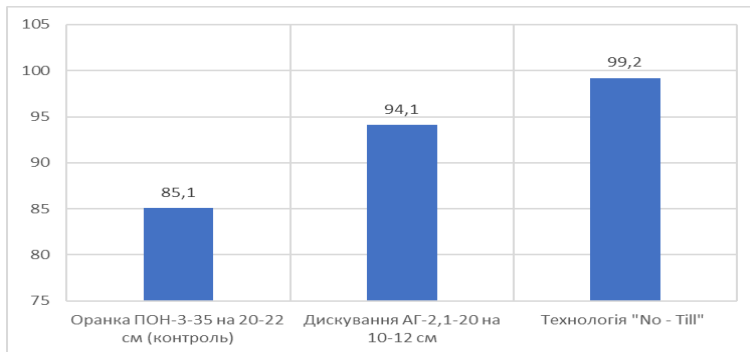


Рис. 9.4 Запаси гумусу в шарі 0-20 см за технологією обробітку ґрунту, т/га за 2011-2021 рр.

За варіанта оранки в шарі 0-20 см у ґрунті запаси гумусу відзначено найнижчими 85,1т/га. Це пов'язано з тим, що за оранки відбувається переміщення шарів ґрунту, за якого нижній шар піднімається у верхню частину, а верхній переміщується вниз.

Частина аеробних мікроорганізмів, потрапляючи у нижчий шар ґрунту гине, що призводить до зниження мікробіологічної активності, внаслідок чого відбувається уповільнення процесів накопичення гумусу.

Застосування технології no-till сприяло збільшенню запасів гумусу в 0-20 см шарі на 14,1 т/га, за дискування на 9,0 т/га порівняно з контролем.

На чорноземах звичайних М. О. Колос [207] встановив, що за оранки, при постійному її запровадженні упродовж шести років, відзначається зменшення

загального гумусу, особливо в шарі ґрунту 10-20 см (на 0,12%). Пряма сівба без обробітку ґрунту за період досліджень дала змогу зупинити втрати гумусу в орному шарі, за появи тенденції до його збільшення, особливо в шарі ґрунту 0-10 см (на 0,06%).

Отже, за технологією no-till встановлено зростання вмісту і запасів гумусу в шарі 0-20 см на 0,64% і 14,1 т/га порівняно з полицевим обробітком.

7.3 Чисельність дощових черв'яків

Система основного обробітку ґрунту становить невід'ємну частину технології вирощування сільськогосподарських культур. Однак для організмів, які використовують ґрунт як основне місце існування, будь-яке порушення його верхнього шару призводить до змін майже всіх компонентів мікроекосистеми середовища, у тому числі й проживання дощових черв'яків. Для збереження і відновлення родючих ґрунтів необхідно встановити шляхи вдосконалення існуючих технологій, які сприяли б розвитку корисної ґрунтової фауни.

Для досягнення такої мети необхідно працювати в напрямі оптимізації системи основного обробітку, які повинні управляти поживними залишками за різних способів обробітку [580, 661].

Дощові черв'яки залишаються одними з найважливіших організмів, які беруть активну участь у ґрунтотворних процесах. Від рівня їх активності залежить властивість ґрунту поліпшувати поживний режим, структуру ґрунту і вміст органічної речовини [143].

Обробіток ґрунту може по-різному впливати на види дощових черв'яків залежно від їх поведінки у процесі життєдіяльності. Технологія обробітку із застосуванням зубців та дискових знарядь, які не перевертають шар ґрунту, а також інші мінімальні системи обробітку останнього спрямовані на поліпшення його фізичних властивостей, збільшення вмісту ґрунтової органічної речовини, а також розширення біорізноманіття та зменшення виробничих витрат. Ущільнення ґрунту від обробітку може стати згубним для дощових черв'яків оскільки це обмежує їхньою здатність самостійно прокладати ходи [588, 628, 652].

За спостереженнями розвитку популяції дощових черв'яків у 0-30 см шарі ґрунту одержано наступні результати (табл. 9.3).

Найбільшу чисельність черв'яків відзначено весною за всіх технологій обробітку ґрунту. На період збирання сої чисельність черв'яків зменшувалася від 2 до 10 разів порівняно з весняним відбором. За технології «No-till» спад їхньої популяції спостерігався менш різким порівняно з полицевим обробітком. За технологією «No-till» чисельність дощових черв'яків на період збирання сої у шарі 0-10 см становила 106 шт./м², що у 2,0 раза менше порівняно з періодом сівби. За дискування ґрунту чисельність черв'яків в шарі 0-10 см зменшилася на 42 шт./м² порівняно з технологією «No-till».

За оранки встановлено різке коливання чисельності черв'яків, коли

показник зменшувався у 2,5 раза. Це пояснюється тим, що за оранки відбувається значна втрата вологи, а пряме сонячне світло призводить до нагрівання верхнього шару ґрунту до підвищених температур, що у свою чергу негативно впливає на популяцію дощових черв'яків [448].

Таблиця 9.3

Кількість дощових черв'яків в 1 м² за різних технологій обробітку ґрунту в агроценозі сої, за 2017-2021 рр.

Варіанти технологій обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Період відбору		Середнє
		травень	вересень	
Оранка ПОН-3-35 на 20-22 см (контроль)	0-10	90	32	61
	10-20	51	5	28
	20-30	10	0	5
Дискування АГ-2,1-20 на 10-12 см	0-10	115	64	89
	10-20	62	22	42
	20-30	12	0	6
Технологія no-till	0-10	213	106	159
	10-20	76	38	57
	20-30	15	1	8
НІР ₀₅	0-10	21	16	
	10-20	9	12	
	20-30	8	0,5	

Як показав розподілу черв'яків за шарами ґрунту, за технології «No-till» у шарі 0-10 см їх знаходилося в межах 70-73% від загальної кількості; у шарі 10-20 см – 26% і у 20-30 см – 4,9%; за дискування розподіл таких за шарами становив 60,32 і 6% відповідно та за оранки – 59%, 33 і 6% відповідно за шарами ґрунту.

Існують різні погляди дослідників щодо впливу обробітку ґрунту на дощових черв'яків. За деякими зменшена інтенсивність обробітку ґрунту сприяє зростанню чисельності дощових черв'яків та різноманіттю їхніх видів [661]. На переконання інших полицевий обробіток ґрунту може позитивно впливати на ендемічні види, збільшуючи для них доступність органічної речовини [600].

Отже, за технології no-till обробітку чорнозему типового в агроценозі сої кількість дощових черв'яків зросла у 2,3 раза, за дискування – у 1,7 раза порівняно з оранкою. Можна підтвердити гіпотезу, що застосування традиційного обробітку ґрунту погіршує стан ґрунтової біоти, зокрема зменшується кількість дощових черв'яків.

9.4 Забур'яненість посівів

Проблеми контролю забур'яненості посівів польових культур, які виникають унаслідок заміни оранки безполіцевими обробітками, заклали

основу прогнозування ще більших проблем при освоєнні мінімального і нульового обробітків ґрунту. Широке впровадження «No-till» технологій у світовій практиці передбачало обов'язкове застосування гербіцидів, переважно суцільної дії.

Одним із провідних заходів регулювання бур'янового компонента в агроценозах визнано обробіток ґрунту [447], який повинен базуватися на принципах мінімізації.

Безпозащадний обробіток забезпечує високий ґрунтозахисний ефект, сприяє деякому поліпшенню водного режиму ґрунту і скороченню енерговитрат, проте в іншому створює несприятливу диференціацію за родючістю оброблюваного шару, ущільнює й підкислює ґрунт, погіршує загальний фітосанітарний стан ґрунту та посівів. У США здійснення безпозащадного обробітку обов'язково супроводжується застосуванням системи відповідних гербіцидів [222].

Широке застосування технології нульового обробітку посилило екологічні проблеми, пов'язані з підвищенням кількості хімічних обробок, що стало наслідком прояву резистентності бур'янів до внесення гербіцидів. Стійкими видами виділяються злакові і деякі зимуючі рослини, що спонукало до пошуку нових форм контролю через поєднання кількох гербіцидів і підвищення крайності обробок [650, 651].

На сьогодні за застосування нульового обробітку ґрунту, який спрямований на екологізацію технологій, особливо в країнах Латинської Америки, успішно розвивається фітоценотичний спосіб контролювання забур'яненості посівів, чергування культур у сівозмінах та активного провадження покривних рослин [191, 463].

Культури, що вирощуються на сидерат або мульчувальний матеріал у системах no-till технологій, здатні впливати на бур'яни як під час росту, так і після завершення їх вегетації. Покривні рослини, що добре розвинуті, рослини пригнічують бур'яни, які ростуть одночасно з ними [592].

Рослинні залишки впливають на проростання бур'янів у зв'язку з хімічним складом насіння та зміною сонячного випромінювання. Вони створюють умови до глибоких шарів ґрунту з перепадом температури та з відсутністю світла, що частково сповільнює проростання бур'янів. Відзначається перешкоджання залишками для проростання насіння [210], виділення патогенів, що пригнічують ріст бур'янів [64]. Встановлено, що для рослинних залишків характерна низька ефективність у боротьбі з багаторічними бур'янами [466].

У дослідженнях облік забур'яненості посівів проводили перед внесенням гербіцидів, (фаза 3-5 листків у сої) на 45 добу після внесення та перед збиранням урожаю.

За обліком забур'яненості посівів малорічними бур'янами визначена їхня кількість перед обробкою посівів гербіцидом (табл. 7.4). Найменшу кількість малорічних бур'янів виявлено за оранки. Серед видового складу переважали наступні бур'яни: гірчиця польова (*Sinapis arvensis* L.), лобода біла

(*Chenopodium album* L.), талабан польовий (*Thlaspi arvense* (L.)), мишій зелений (*Setaria viridis* (L.) Beauv), вівсюг звичайний (*Avena fatua* L.), просо куряче (*Echinochloa crus galli* (L.)), трапляння грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik).

Застосування дискування на 10-12 см і технології «No-till» призводило до неістотного збільшення кількості малорічних бур'янів відносно контролю.

Причиною значної кількості бур'янів за дискування на 10-12 см порівняно з технологією no-till слугують дискові знаряддя, що створюють провокаційний фон для проростання насіння бур'янів. На варіанті дискування видовий склад бур'янів представлений гірчицею польовою, талабаном польовим, лободою білою, фіалкою польовою (*Viola arvensis* L.), просом курячим, мишієм зеленим. Також у незначній кількості спостерігався підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.). За обліком бур'янів при нульовому обробітку ґрунту встановлено видові зміни у напрямі збільшення зимуючих видів. На цьому варіанті у значній кількості зустрічалися талабан польовий і фіалка польова. Подібне пов'язано з вільним розвитком коренів зимуючих бур'янів за технологій no-till. Однак за дискування, і особливо за оранки, відбувалося їхнє виснаження та механічне знищення.

Після внесення гербіцидів відзначена зниження чисельності бур'янів на всіх варіантах дослідів. Найменша кількість виявлена за оранки, трохи більше за дискування ґрунту (табл. 9.4).

Технологія зумовила неістотне зростання забур'яненості посівів порівняно з оранкою. Внаслідок нерівномірної появи сходів сої, чого не відбувалося за оранки і дискування.

Перед збиранням врожаю чисельність малорічних бур'янів дещо зросла на всіх варіантах дослідів, і проте істотних різниць між ними не встановлено.

Таблиця 9.4

Забур'яненість агроценозу сої залежно від різних технологій обробітку ґрунту, шт/м² за 2012-2021 рр.

Варіанти технологій обробітку ґрунту	Період обліку забур'яненості посівів		
	до обробітку агроценозів гербіцидом	після обробітку агроценозу гербіцидом	перед збиранням врожаю
Оранка ПОН-3-35 на 20-22 см (контроль)	19/2,0	2/1,0	6,0/2
Дискування АГ-2,1-20 на 10-12 см	41/3,0	3,0/2,0	7,0/3,0
Технологія no-till	24/5,0	6,0/3,0	9,0/3,0
НП ₀₅	6,5/2,1	3,0/0,5	3,8/1,1

Примітка. Чисельник – кількість малорічних бур'янів; знаменник – кількість багаторічних бур'янів.

Отже, до обробки агроценозів гербіцидами застосування дискування призводило до істотного зростання забур'яненості посівів порівняно з оранкою.

Після обробки і перед збиранням урожаю статистично достовірних різниць не встановлено. Застосування гербіцидів упродовж вегетації культури ефективні для контролю малорічних бур'янів незалежно від технології обробітку ґрунту.

За обліком багаторічних бур'янів у посівах сої встановлено, що до застосування гербіцидів за оранки їхня кількість була найменшою, за дискування ґрунту – неістотно перевищувала оранку (див. табл. 9.4). У видовому складі присутні осот польовий (*Sonchus arvensis* L.) і берізка польова (*Convolvulus arvensis* L.). Із застосуванням технологій «No-till» забур'яненість агроценозу сої багаторічними бур'янами на початку вегетації зросла у 2,5 раза.

У період після застосування гербіцидів відбулося зниження чисельності багаторічних бур'янів на всіх досліджених варіантах.

Найменшу кількість таких спостерігали за оранки. Застосування дискування ґрунту і нульового обробітку призводило до істотного зростання чисельності багаторічних бур'янів.

На період збирання врожаю істотної різниці за варіантами дослідів за кількістю багаторічників не відзначено.

Облік повітряно сухої маси бур'янів показав, що за полицевого обробітку вона була меншою (рис. 9.5). Із застосуванням дискування суха маса бур'янів дещо зросла у межах помилки дослідів. За технології no-till суха маса бур'янів істотно підвищилася порівняно з оранкою та незначною мірою стосовно дискування ґрунту.

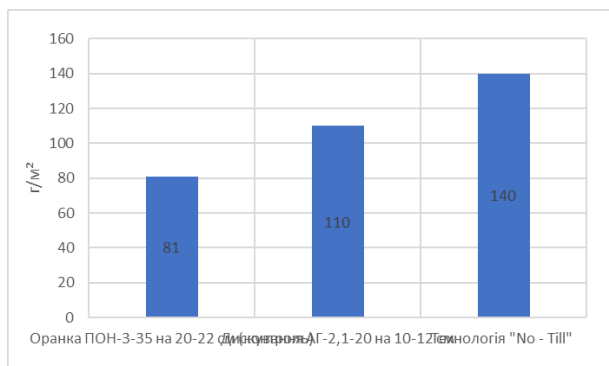


Рис. 9.5 Маса сухих бур'янів перед збиранням сої залежно від технології обробітку, г/м² за 2012-2021 рр. НІР₀₅=31

Отже, суха маса бур'янів залежала від заходу обробітку ґрунту. За нульового обробітку вона відзначена вищою порівняно з дискуванням і оранкою.

Звідси, найсприятливіший фітосанітарний стан посівів забезпечувала оранка, тоді як поверхневий обробіток і особливо технології no-till, зумовили суттєве збільшення кількості та маси бур'янів.

9.5 Урожайність культур та ефективність мінімальних технологій

Зміна урожайності культур після застосування технології no-till і мінімального обробітку ґрунту стала не лише поштовхом до поширення цих технологій у світовому масштабі, а й стримуючим фактором для їх запровадження.

У науковій літературі наявні дані про швидкоплинний позитивний ефект із зростанням виробництва в результаті застосування нульового та мінімального обробітків, викликаючи зацікавленість виробників. Результати дослідження виявляють неоднозначність відносно підвищення продуктивності культур сівозміни.

На думку R. Cannel [587], найпридатнішими культурами в Канаді і США для вирощування за технологією no-till є кукурудза, соя та пшениця озима на ґрунтах із задовільними агрохімічними й агрофізичними показниками та за сприятливих агрокліматичних умов для згаданих культур.

Відзначаються й об'єктивні негативні наслідки на фоні позитивних змін урожайності цих культур. Так, зафіксовано зниження урожайності кукурудзи за технологією no-till на 5% порівняно з полицевим обробітком [581]. У працях Д. Р. Грифорит та ін. [121] стверджується, що урожайність кукурудзи на зерно за нульового обробітку знижується проти полицевого обробітку на 14%, соняшнику на 8%.

У дослідженнях В. О. Єщенко [153] визначено, що вирощування ячменю і пшениці озимої, а також невисока залежність урожайності соняшнику і бобових культур від зміни полицевого обробітку мінімальним.

За результатами досліджень А. М. Малієнко і С. О. Гаврилова [258] встановлено неоднозначний вплив нульового обробітку за вирощування зернобобових і зернових культур. Відзначається зниження їхньої урожайності від 30 до 70% на чорноземах типових порівняно з оранкою.

Дослідження проведені В. В. Медведєвим і Т. Е. Линдіною [289], засвідчили підвищення врожайності після нульового обробітку ґрунту порівняно з полицевим обробітком.

У зв'язку з неоднозначністю існуючих думок щодо цього питання дослідження у згаданому напрямку становлять значний інтерес.

Урожайність культур трипільної сівозміни за технологією обробітку ґрунту виявилася наступною (табл. 9.5).

За оранки в агроценозі пшениці озимої урожайність за роки досліджень становила 5,01 т/га, що на 5,6 % менше порівняно з технологією no-till. Урожайність пшениці озимої у вологі роки за оранки відзначена вищою порівняно з мінімальним та нульовим обробітком ґрунту.

При різних умовах зволоження (вологі роки 2012, 2016, 2017, 2020, і посушливі 2015, 2019, 2021) виявлена однакова залежність врожайності зерна пшениці озимої від різних технологій обробітку ґрунту, проте з різним ступенем різниці такої відносно полицевого обробітку. За вищої врожайності за

сприятливих умов зволоження у 2012, 2014, 2017, 2018 роки спостерігалось її зменшення на варіанті з дискуванням та за технології no-till. У посушливі роки відмічалось зниження урожайності пшениці озимої за застосування оранки. Натомість у посушливі роки урожайність пшениці озимої зросла не істотно за мінімального обробітку ґрунту і технології no-till.

Таблиця 9.5

Урожайність культур сівозміни залежно від технологій обробітку ґрунту, т/га за 2012-2021 рр.

Варіанти технологій обробітку ґрунту	Культури					
	пшениця озима	+/- % до контролю	соняшник	+/- % до контролю	соя	+/- % до контролю
Оранка ПОН-3-35 на 20-22 см (контроль)	5,01	0	2,8	0	2,2	0
Дискування АГ-2,1-20 на 10-12 см	4,56	-8,9	2,56	-8,6	2,08	-5,4
Технологія no-till	5,31	5,9	2,63	-6	2,19	-0,45
НІР ₀₅	0,47	9,4	0,31	11,6	0,29	13,4

За висновками більшості вчених соя позитивно реагує на технології no-till.

Подібне підтверджується в наукових працях Т. М. Манушкіна та ін. [264], де урожайність пшениці озимої за технологією no-till у середньому за два роки становила 4,54 т/га, сої – 2,24 т/га, соняшнику – 2,71 т/га. Прибавка врожайності сільськогосподарських культур 14,3- 22,9% за технологією no-till дозволяє зробити висновок про оптимізацію показників родючості ґрунту в посушливих умовах порівняно із традиційними інтенсивними технологіями.

Урожайність сої у середньому за роки досліджень істотно за технологіями обробітку ґрунту не відрізнялася. Так, за застосування дискування урожайність сої знизилася на 5,4% не істотно порівняно з оранкою. За технологією no-till урожайність отримана на одному рівні з оранкою.

Низка науковців, серед яких Р. А. Вожегова, та ін. [63], зазначили, що за системи диференційованого, різноглибинного безполицевого та мілкого одноглибинного обробітку формується продуктивність сої на одному рівні, тоді як використання нульового обробітку зменшує врожайність на 0,75 т/га, або на 20,1 %.

Урожайність соняшнику найзначніше знизилася після дискового обробітку. Підвищення кількості багаторічних бур'янів після тривалого його застосування призвело до втрати врожаю цієї культури на 18 %. Деяко менші втрати відбулися на варіанті з технологією no-till, де було використано внесення раундапу навесні за два тижні до сівби соняшнику. На варіанті з

технологією no-till урожайність соняшнику зменшилась порівняно з оранкою на 6%.

На думку Я. Погромської [374], створюються несприятливі умови для відмови від обороту пласта за посушливих умов. У такому випадку за технології no-till катастрофічно втрачається врожайність аж на 80 %, за безполицевого – до 20 %. Але якщо поточний рік зволожений (кількість опадів понад 300 мм і спекотний із сумою температур повітря 3500°C, то за безполицевого обробітку отримано навіть перевищення врожайності порівняно з оранкою до 15%, за no-till – за 27 %.

Отже, упродовж десяти років досліджень у трипільній сівозміні на чорноземах типових, істотної різниці в урожайності культур за технологією no-till не відзначено порівняно з оранкою. Застосування дискового обробітку виявляє лише тенденцію до зниження урожайності культур порівняно з технологією no-till та оранкою.

На основі результатів досліджень 2012–2021 рр. встановлено слабку і середню кореляційну залежність між урожайністю пшениці озимої, сої і кількістю опадів, що випали упродовж вегетації рослин (табл. 9.6).

Найвищий коефіцієнт кореляції (r) зафіксовано між урожайністю культур і кількістю опадів, що випали у травні і липні. Коефіцієнт регресії (d_{yx}) показує, наскільки зростає залежна ознака урожайність за збільшення факторіальної ознаки на одиницю виміру. Найзначніше зростання урожайності пшениці озимої розраховано за технологією no-till у травні місяці.

Таблиця 9.6

Кореляційні показники урожайності пшениці озимої і сої за різних технологій обробітку ґрунту від кількості опадів

Кількість опадів за місяць	Оранка		Дискування		Технологія no-till	
	r	d_{yx}	r	d_{yx}	r	d_{yx}
Пшениця озима						
Квітень	0,23	0,054	0,37	0,14	0,18	0,032
Травень	0,45	0,12	0,47	0,13	0,57	0,19
Червень	0,07	0,006	0,13	0,001	0,22	0,001
Липень	0,42	0,17	0,4	0,16	0,17	0,013
Соя						
Квітень	0,34	0,019	0,29	0,001	0,3	0,089
Травень	0,38	0,004	0,44	0,19	0,42	0,015
Червень	0,17	0,006	0,23	0,002	0,38	0,015
Липень	0,15	0,002	0,2	0,041	0,22	0,046
Серпень	-0,15	0,003	0,21	0,043	0,26	0,001

Так, коефіцієнт кореляції у травні становив $r=0,52$; $d_{yx}=0,19$, на 10 мм

опадів у травні ріст урожайності на варіанті технології no-till виявився вищим на 0,11 т/га порівняно з дискуванням.

9.6 Енергетична і економічна оцінка ефективності технологій обробітку ґрунту

Підвищення врожайності сільськогосподарських культур – це лише один із аспектів досягнення цілей в галузі продовольчої безпеки. Для досягнення стійкості сільськогосподарського виробництва та рекомендації того чи іншого агротехнічного заходу необхідна їх всебічна оцінка, де поряд із господарською ефективністю необхідно враховувати енергетичну та економічну складові технології вирощування.

Економія енергії, коштів і часу для виробника стає значно вагомішою причиною впровадження нульової технології, ніж відновлення структури та збереження родючості ґрунтів.

Деякі іноземні вчені вважають зниження собівартості виробництва за технології no-till рушійною силою високих темпів її впровадження. Так, у Бразилії, США, Аргентині згадана технологія переважно застосовується за вирощування сої та кукурудзи [606].

Натепер відповідно до результатів впровадження технології no-till рівень рентабельності вирощування згаданих культур підвищився на 3,6 % [603].

З економічних позицій система no-till за вирощування кукурудзи поступається перед традиційною системою підготовки ґрунту і сівби. Пояснюється це необхідністю за підвищеної забур'яненості агроценозів кукурудзи потребує значних фінансових вкладень у технологію за рахунок зростання обсягу пестицидів, придбання дорогої посівної техніки [553].

На думку О. І. Цилюрника [522], вагомим фактором, який перешкоджає реалізувати потенціал технологій no-till в площині економічної ефективності виробництва, стає диспаритет цін між засобами захисту рослин, добрив, техніки та вартістю сільськогосподарської продукції. Пряма сівба кукурудзи та пшениці озимої забезпечила порівняно з контролем економію палива (14,4-40,6 л/га) і скорочення витрат праці на 1,0-2,1 люд- год/га. Проте зростають амортизаційні відрахування і додаткові витрати на гербіциди за нульового обробітку. При цьому підвищується собівартість 1 т зерна та знижується рентабельність (на 2,0-11,0 %).

Найбільш рентабельною культурою за використання технології no-till виявилася пшениця озима.

В Італії прибуток за вирощування пшениці озимої за технології no-till на 17% вищий, ніж за традиційної технології [647]. В умовах Сходу України відмічається висока ефективність технології no-till за вирощування пшениці озимої, проте за розміщення її після чистого пару [150].

У досліді з вивчення технології обробітку ґрунту у сівозміні соя–пшениця озима–соняшник, заходи обробітку ґрунту за оранки включали у середньому 4-5 прийомів, виконуючи сівбу. Економія витрат часу з 2,4 люд-год/га, за

використання полицевого обробітку, на 0,7 люд-год/га після поверхневого обробітку у 4 рази після технології no-till. Заробітна плата, за виконання обробітку ґрунту значно менша порівняно з іншими складовими частинами [61].

Суттєву статтю витрат становлять пально-мастильні матеріали, які за застосування технології no-till можуть зменшуватися порівняно з полицевим обробітком у 3 рази [186]. У досліді витрати палива на весь обробіток ґрунту, збиральні роботи не враховувалися. Після заміни полицевого обробітку дискуванням вони зменшилися на 25 %, після технології no-till у 5 рази.

Скорочення витрат палива за технології no-till сприяли економії коштів порівняно з полицевим обробітком. За дискування економія коштів становила 265 грн/га, за технології no-till – 2436 грн/га (табл. 9.7).

Використання дискового обробітку в досліді спонукало до зростання витрат на застосування гербіцидів для контролю забур'яненості посівів культур. Так, за поверхневого обробітку вони підвищилися порівняно з полицевим обробітком на 262 грн/га, за технології no-till, навпаки, витрати скоротилися на 451 грн/га, порівняно з оранкою.

Таблиця 9.7

Структура основних складових частин витрат на проведення технології обробітку ґрунту в сівозміні

Варіанти технологій обробітку ґрунту	Витрати та їх параметри							
	паливо на основний обробіток, л/га	основного обробітку ґрунту, грн/га	паливо на всю технологію обробітку ґрунту, л/га	вартість технології обробітку, грн/га	вартість гербіцидів, грн/га	вартість наймання, грн/га	витрати всього, грн/га	витрати до контролю, %
Оранка ПОН-3-35 на 20-22 см (контроль)	24	4079	42,4	6263	1907	1800	22054	100
Дискування АГ-2,1-20 на 10-12 см	10,1	1688	30,8	5998	2169	1800	18355	83,2
Технологія no-till	-	-	18,3	3827	1456	1800	12900	54,4

Застосування мінімальних технологій в сівозміні за роки досліджень зумовили суттєве скорочення витрат порівняно з полицевим обробітком.

Такі витрати виявилися не надто значними порівняно з економією часу й палива. Застосування поверхневого обробітку сприяло економії 3699 грн/га, або

16,8 %, технології no-till – 9154 грн/га, або 41,6 % порівняно з оранкою.

Вартість насіння була однією з основних складових частин витрат, яка виявилася за всіх технологій обробітку ґрунту однаковою.

Розрахунки енергетичних витрат свідчать, що на пально-мастильні матеріали припадає значно менша питома вага у структурі витрат загальних. На контролі витрати енергії на всі заходи обробітку ґрунту становили 22,4 %. Із застосуванням поверхневого обробітку ця складова частина зменшилася порівняно з полицевим обробітком на 5,1 %, із технологією no-till на 17,5 %.

Рівень рентабельності середньому по сівозміні за дискового обробітку виявився більшим, порівняно з оранкою, на 20,4%, чистий прибуток зріс на 289 грн/га, або 1,4 %, при цьому коефіцієнт енергетичної ефективності зменшився на 0,10 % (табл. 9.8).

Як найефективніша виділяється технологія no-till. На цьому варіанті відбулося істотне скорочення витрат, підвищення продуктивності сівозміни упродовж десяти років досліджень, рівня рентабельності на 133,6 %, зростання умовно чистого прибутку на 8777 грн/га порівняно з оранкою. Коефіцієнт енергетичної ефективності за технології no-till зріс відносно контролю на 15,2 %.

Проведені дослідження вказують на перевагу технології no-till над іншими заходами, у тому числі над оранкою і дискуванням дисковими знаряддями. Період й обсяги застосування цієї технології залежать від структури посівних площ і попередників, фізичного стану ґрунтів, фітосанітарного стану агроценозів та інших показників.

Таблиця 9.8

Енергетична та економічна ефективність технологій обробітку ґрунту в сівозміні за 2012-2021 рр.

Показник	Варіант технології обробітку ґрунту		
	Оранка ПОМ-3-35 (контроль)	Дискування АГ-2,1-20 на 10-12 см	Технології no-till
Вартість продукції, грн./га	42666	39256	42289
Витрати загальні, грн/га	22054	18355	12900
Умовно чистий прибуток, грн/га	20612	20901	29389
Рівень рентабельності, %	93,4	113,8	227,0
Вміст енергії в основній продукції, МДж/га	65060	59830	65800
Прямі витрати енергії в основній продукції, МДж/га	24130	23064	20652
Коефіцієнт енергетичної ефективності	2,69	2,59	3,1

Отже, застосування технології no-till та мінімального обробітку ґрунту

призводить до зростання щільності ґрунту від 3,1 до 8,7 % порівняно з оранкою. Найзначніше підвищення щільності спостерігали в 20-30 см шарі ґрунту за мінімальних обробітків.

Із заміною полицевого нульовим та мінімальним обробітками зростає опір ґрунту. Твердість у шарі ґрунту 0-30 см після дискового обробітку відзначена вищою від оранки на 5,5 кг/см², після технології no-till – на 8,2 кг/см².

Застосування технології no-till сприяло підвищенню вмісту агрономічно цінних агрегатів у посівному та орному шарах ґрунту відповідно на 25,7 % і 16,5 %, порівняно з оранкою. За нульового обробітку виявлено найвищий вміст водотривких агрегатів у 0-10 см шарі на 28,8 %, і у 10-20 см на 50,0 %, порівняно з оранкою.

Ресурсоощадні технології обробітку ґрунту сприяли зростанню вмісту гумусу в 0–20 см шарі ґрунту відповідно за дискування на 10-12 см на 0,43%, за технології no-till на 0,64 %. Застосування оранки відзначається зниження вмісту гумусу щодо вихідного вмісту на 0,05 %.

За технології no-till на чорноземі типовому кількість дощових черв'яків, зростає у 2,3 раза, за дискування у 1,7 раза порівняно з оранкою. Застосування традиційного обробітку ґрунту погіршують стан ґрунтової біоти, із зменшенням кількості дощових черв'яків.

Найсприятливіший стан посівів забезпечувала оранка, тоді як застосування дискового обробітку і, особливо, технології no-till зумовили суттєве зростання кількості та маси бур'янів.

Найвищу врожайність зерна пшениці озимої одержали на варіанті технології no-till – 5,31 т/га, за оранки – 5,01 т/га, за дискування – 4,56 т/га.

Застосування технології no-till сприяло скороченню загальних витрат на 45,6 % порівняно з технологією на основі оранки. Рівень рентабельності за технології no-till зріс на 133,6 %, умовно чистий прибуток на 8777 грн/га порівняно з традиційною технологією. Коефіцієнт енергетичної ефективності за технології no-till зріс відносно контролю на 15,2 %.

ВИСНОВКИ

У монографії викладено теоретичне обґрунтування та експериментально встановлено нове розв'язання наукової і практичної проблеми ефективного використання чорнозему типового глибокого малогумусного з відтворенням його родючості за допомогою сівозмін, систем удобрення та обробітку ґрунту в Правобережному Лісостепу України.

1. За застосування органічної й органо-мінеральної систем удобрення поліпшуються агрофізичні показники оброблюваного шару чорнозему типового глибокого малогумусного. Так, у плодозмінній сівозміні щільність ґрунту становила 1,11–1,31 г/см³, пористість 49 %, вміст водотривких агрономічно цінних агрегатів – понад 0,25 мм у шарі ґрунту 10–20 см, що на 5,4 % більше порівняно з мінеральною системою. Із застосуванням мілкого безполицевого обробітку відзначено ущільнення шару ґрунту 0–30 см на 0,03–0,07 г/см³ порівняно з диференційованим. На кінець вегетації культур пористість ґрунту зменшилася на 2,5–3,5 % за диференційованого і полицево-безполицевого обробітків, на 1,5–2,3 % за мілкого безполицевого розпушування.

2. Найвищими запасами доступної вологи у шарі ґрунту 0–30 см на початку цвітіння соняшнику виявилися полицево-безполицевий та мілкий обробітки на фоні мінеральної системи удобрення – на 6 % порівняно з контролем. На період збирання соняшнику запаси доступної вологи у шарі ґрунту 0–100 см значно зменшилися порівняно з початковим періодом вегетації культури. Запаси доступної вологи вищі на 11,2 % за мінеральної системи удобрення порівняно з контролем. За органічної системи удобрення відмічено зниження запасів доступної вологи на 2,0–5,0 % порівняно з мінеральною та органо-мінеральними системами удобрення. Сприятливі умови для накопичення і збереження доступної в агрофітоценозі соняшнику вологи спостерігались за мілкого безполицевого та полицево-безполицевого обробітків ґрунту.

Витрати вологи на період збирання соняшнику були найбільшими у просапній сівозміні – 4956 м³, тоді як за зернопросапної і зернопросапної спеціалізованої сівозміни – на 356 і 240 м³ менше.

3. Нагромадження рослинних залишків у ґрунті відбувається за вирощування культур у сівозміні за органічної та органо-мінеральної систем удобрення, що зумовлювало збільшення їхньої кількості і, як результат – поповнення природних запасів поживних речовин ґрунту порівняно з неудобреним варіантом.

Розширене відтворення гумусу досягається у зернопросапній сівозміні (+0,59 т/га), зернопросапній спеціалізованій (+0,47 т/га) та плодозмінній (+0,42 т/га). У цих сівозмінах надійшла найбільша кількість органічних речовин завдяки рослинним і післяжнивним решткам, соломі, сидерату, гною. За просапної сівозміни обсяг органічних речовин становив 0,22 т/га, що менше на 62,7 % від зернопросапної сівозміни.

4. За орґано-мiнеральної й орґанiчної систем удобрeння у зернопросапнiй сiвозмiнi вiмст гумусу пiдвищився на 0,23 i 0,16 % в орному шарi ґрунту, а його рiвень досягав 4,19 i 4,18 %. За орґано-мiнеральної системи удобрeння у просапнiй сiвозмiнi кiлькiсть гумусу впродовж двох ротаций в орному шарi ґрунту становили 3,85 i 3,93 %, прирiст збiльшився на 0,08 %. За мiнеральної системи удобрeння вiмст гумусу в орному шарi ґрунту зменшився у всiх короткопильних сiвозмiнах. Найзначнiше пiдвищення вiмсту гумусу у шарi ґрунту 0–10 см вiдбулося за полицево-безполицевого – 13,0 % i мiлкого безполицевого – на 13,4 % обробiткiв ґрунту порiвняно з контрольним варiантом.

Спiввiдношення Сгк : Сфк iстотно не змiнилося, тип гумусу залишився характерним для чорнозему типового.

Орґано-мiнеральна система удобрeння i полицево-безполицевий обробiток ґрунту сприяють збереженню та накопиченню енергетичного потенцiалу орґанiчної речовини, тодi як мiнеральна система удобрeння призводить до витрат енергiї гумусу чорнозему типового.

5. Найвищий вiмст лужногiдролiзованого азоту зафиксовано за мiнеральної системи удобрeння зернопросапнiй сiвозмiнi. Застосування орґано-мiнеральної системи удобрeння призводить до неiстотного зниження у вiмсту лужногiдролiзованого азоту в чорноземi типовому порiвняно з мiнеральною ситемою. За просапнiй сiвозмiнi вiмст лужногiдролiзованого азоту в ґрунтi виявився найнижчим.

6. Вiмст мiнерального азоту в агроценозi соняшнику за мiнеральної системи удобрeння значно зменшився за плодозмiннiй сiвозмiнi – на 1,3 мг/кг ґрунту, зернопросапнiй – на 3,2, зернопросапнiй спецiалiзованої – на 0,1 i на 0,8 мг/кг ґрунту за просапнiй сiвозмiнi порiвняно з орґанiчною. Орґано-мiнеральна система удобрeння виявляла iстотну перевагу за його вiмстом у ґрунтi порiвняно з мiнеральною ситемою.

Найвищий вiмст нiтратного азоту формується за орґано-мiнеральної i мiнеральної систем удобрeння соняшнику, коли врiвноважуються процеси нiтрификацiї й мобiлiзацiї азоту. На перiод збирання соняшнику вiмст нiтратного азоту зменшився у 2–2,5 раза порiвняно iз перiодом сходiв. Найвищий вiмст NO₃ спостерiгали за плодозмiннiй i зернопросапнiй сiвозмiн.

7. Фосфатний фонд чорнозему типового у короткоротацiйних сiвозмiнах полiпшується та пiдається регулюванню залежно вiд системи удобрeння. Iстотних змiн за вiмстом рухомого фосфору в орному й пiдорному шарi ґрунту впродовж вегетацiї соняшнику за обробiтками не виявлено. Встановлено лише тенденцiю до зростання вiмсту рухомого фосфору в шарах ґрунту 0–25 см i 25–50 см за мiлкого безполицевого обробiтку порiвняно з диференцiйованим.

Застосування мiнеральної й орґано-мiнеральної систем удобрeння у сiвозмiнах сприяє бiльшому використанню рухомого фосфору сiльськогосподарськими культурами короткоротацiйних сiвозмiн i формуванню

у чорноземі типовому високого вмісту фосфатів. Підвищений вміст рухомого фосфору відзначено за плодозмінної і зернопросапної сівозмін – на 10,5–11,0 % відповідно порівняно із зернопросапною спеціалізованою. Просапна сівозмінна призводила до зниження вмісту рухомого фосфору у чорноземі типовому на 11,2 % порівняно з плодозмінною сівозмінною.

8. Формування калійного фонду чорнозему типового залежить від системи удобрення та наявності калію у ґрунтовобирному комплексі. Вміст обмінного калію на період сходів сояшнику в орному шару за органо-мінеральної системи удобрення у плодозмінній сівозміні зріс на 69 %, у мінеральній – на 73 % порівняно з контролем. У фазу досягання сояшнику вміст обмінного калію знижувався порівняно з періодом сходів через використання його рослинами на 11–39 %. Подібне зумовлено використанням калію, а також переходом його в необмінний фіксований стан. Органічна система удобрення призводила до істотного зниження вмісту калію в орному (на 23–39 % і підорному (на 20–35 %) шарах ґрунту порівняно з мінеральною системою.

Вміст обмінного калію у ґрунті зменшився у просапній сівозміні на 17,7 %, у зернопросапній спеціалізованій – на 6,7 %, порівняно з плодозмінною сівозмінною.

9. За органо-мінеральної й мінеральної систем удобрення культур сівозмін забезпечується формування позитивного балансу фосфору. Дефіцитний баланс азоту за плодозмінної сівозміни становив 29,8 кг/га, зернопросапної – 63,6, зернопросапної спеціалізованої – 24,0 і просапної – 70,6 кг/га. За органічної системи удобрення баланс азоту, фосфору і калію виявився від'ємним внаслідок низького рівня їхнього надходження у ґрунт.

10. Встановлено вплив факторів на забур'яненість агроценозів сояшнику в короткоротаційних сівозмін на початку сходів, що залежить від систем удобрення, на 39 %, систем обробітку ґрунту – на 52 %. Застосування мілкого безполицевого обробітку в короткоротаційних сівозмінах призводить до різкого зростання забур'яненості посівів сояшнику з перевагою однодольних бур'янів, тоді як за полицево-безполицевого обробітку – дводольних. За полицево-безполицевого обробітку ґрунту у посівах сояшнику відбулося зниження маси бур'янів на 8,2–17,9 % порівняно з контрольним диференційованим обробітком. Мілкий безполицевий обробіток ґрунту викликав істотне збільшення забур'яненості полів сівозміни. За мінеральної системи удобрення спостерігали істотне зменшення маси бур'янів порівняно з контролем без удобрення.

11. Внесення під буряки цукрові $N_{120}P_{120}K_{150}$ кг/га д.р. мінеральних добрив забезпечило істотне зниження розвитку церкоспорозу на культурі. Використання полицевого обробітку ґрунту під буряки цукрові сприяло зниженню розвитку церкоспорозу рослин буряків цукрових. Застосування безполицевого обробітку ґрунту викликало зростання розвитку церкоспорозу буряків цукрових на 4,1–4,9 % порівняно з диференційованим обробітком.

12. Органо-мінеральна система удобрення активізує біологічні процеси ґрунту, що проявляється у посиленні виділення ним вуглекислого газу, підвищенні целюлозолітичної активності. Емісія CO₂ ґрунтом істотно збільшилася – на 2,7–6,6 % за орґано-мінеральної системи удобрення і на 5,1–6,7 % за мінеральної системи порівняно з контролем. Найнижча біологічна активність чорнозему типового у посівах соняшнику за мілкого безполицевого обробітку ґрунту становила на 30–33 мг/м² менше порівняно з диференційованим і полицево-безполицевим обробітками ґрунту.

У плодозмінній сівозміні за застосування 11,5 т/га орґанічних добрив на 1 га сівозмінної площі і мінеральних добрив N₈₀P₈₀K₈₀ під соняшник кількість амоніфікаторів у ґрунті на час сходів відзначена на 54,6 % більше, порівняно з контролем. У зернопросапній сівозміні на період сходів соняшнику спостерігається найбільша чисельність фосфорних бактерій – 8,4 млн в 1 г ґрунту, найменша зафіксована за просапної сівозміні – 4,4 млн в 1 г ґрунту. За орґано-мінеральної системи удобрення чисельність мікроорґанізмів збільшилася на 3,3–14,1 % порівняно з неудобренным варіантом. Чисельність бактерій, які здатні використовувати мінеральний азот, істотно зростала за плодозмінної, зернопросапної і зернопросапної спеціалізованої сівозмін – на 5,0–28 % порівняно з контролем.

13. Зерно пшениці озимої, вирощене за мінеральної й орґано-мінеральної систем удобрення, вирізняється значно вищими показниками якості. За орґанічної системи такі показники виявилися істотно гіршими, як наслідок дефіциту азоту.

За полицево-безполицевого обробітку ґрунту відзначена тенденція до підвищення якості зерна пшениці озимої. Застосування мілкого безполицевого обробітку ґрунту істотно знижувало показники якості зерна пшениці озимої.

Застосування під буряки цукрові мінеральних добрив N₁₂₀P₁₂₀K₁₅₀ на фоні 8 т/га ґною знижувало цукристість, доброякісність соку. Орґано-мінеральна система удобрення забезпечила підвищення в коренеплодах вмісту цукру на 3,8 %, порівняно з мінеральною системою.

Застосування мінеральної системи удобрення сприяло зростанню вмісту у люцерні сирого протеїну на 6,4% порівняно з неудобренным варіантом. Орґанічне удобрення з насиченням 11 т/га орґанічних добрив на 1 га сівозмінної площі сприяло зростанню вмісту сирого протеїну на 7,7 %, порівняно з неудобренным варіантом.

Вміст сирого жиру в зеленій масі люцерни за орґанічної і мінеральної систем удобрення виявився однаковим. Застосування добрив на варіантах досліду сприяло зниженню вмісту клітковини у зеленій масі люцерни, що позитивно позначилося на перетравності корму.

14. Використання мінеральної системи удобрення у зернопросапній сівозміні забезпечило найбільший збір кормових одиниць з 1 га (8,1 т/га), адекватний біокліматичному потенціалу (8,8 т/га). Застосування орґано-мінеральної системи удобрення зумовило неістотне зниження продуктивності

культур усіх короткоротаційних сівозмін. За органічної системи удобрення відбувається істотне зниження – на 22,5 % порівняно з мінеральною системою. Найвищу продуктивність у сівозмінах відзначено за полицево-безполицевого обробітку ґрунту, що на 1,1 % більше порівняно з контролем. Мілкий безполицевий обробіток зменшував продуктивність на 13,3 % порівняно з контролем.

15. За мінеральної системи удобрення сумарна енергія врожаю та сумарні витрати енергії за вирощування у досліді зафіксовано найвищими у зерноросапній сівозміні – 99,8 ГДж/га, зернопросапній спеціалізованій – 70,1, просапній – 88,7 ГДж/га. Органічна система удобрення зменшувала сумарну енергію врожаю та сумарні витрати енергії в усіх чотирьох сівозмінах. За ефективністю енерговитрат найраціональнішою виявилася органічна система удобрення в усіх короткоротаційних сівозмінах.

Енергетично ефективними відзначено варіанти диференційованого й полицево-безполицевого обробітків ґрунту, менш ефективним – мілкий безполицевий обробіток.

Поєднання органо-мінеральної системи удобрення з полицево-безполицевим обробітком ґрунту в плодозмінній сівозміні визнано кращим варіантом порівняно з контролем.

16. Найкращі показники економічної ефективності п'ятипільних сівозмін отримано за плодозмінної сівозміни за 10 % насичення соняшником. Сівозміна забезпечує 17654 грн з 1 га сівозмінної площі прибутку. За рентабельністю вирощування культур сівозмін найуспішнішою виявилася мінеральна система удобрення, серед варіантів обробітку ґрунту – полицево-безполицевий. Плодозміна сівозміна виявилася найрентабельнішою – 68,8 % порівняно з іншими сівозмінами.

17. Застосування no-till технології та мінімального обробітку ґрунту призводить до зростання щільності ґрунту порівняно з оранкою. Твердість ґрунту в шарі 0–30 см після дискового обробітку виявилася вищою від оранки на 5,5 кг/см², після технології no-till – на 8,2 кг/см².

Застосування no-till технології сприяло підвищенню вмісту агрономічно цінних агрегатів у посівному на 25,7 % та в орному – на 16,5 % шарах ґрунту порівняно з оранкою. За нульового обробітку виявлено найвищий вміст водотривких агрегатів у шару ґрунту 0–10 см на 28,8 % і у 10–20 см – на 50 % порівняно з оранкою.

Вміст гумусу в шарі ґрунту 0–20 см підвищився за технології no-till на 0,64 %, за дискування – на 0,43 % порівняно з оранкою.

Найвищу урожайність зерна пшениці озимої одержано за технології no-till – 5,31 т/га, значно менше за оранки – 5,01, за дискування – 4,56 т/га. Застосування технології no-till сприяло скороченню загальних витрат на 45,6 % порівняно з технологією на основі оранки. Рівень рентабельності за технології no-till зріс на 133,6 %, умовно чистий прибуток – на 8777 грн/га порівняно з традиційною технологією.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для відтворення родючості чорнозему типового глибокого за вирощування сільськогосподарських культур і продуктивністю ріллі 10 т/га кормових одиниць потрібно впроваджувати:

- зернопросапну сівозміну з часткою: соняшник – 20 %, зернові – 60, бобові – 20 % із внесенням на 1 га ріллі 11,5 т/га органічних (8 т/га – гній, 3,5 т/га – побічна продукція, маса сидеральних культур) і мінеральних 116 кг ($N_{38}P_{40}K_{38}$) добрив;

- формувати плодозмінну сівозміну з часткою: зернові – 40 %, соняшник – 10, технічні – 30, кормові – 20 % із внесенням на 1 га ріллі 11,5 т/га органічних (8 т/га – гній, 3,5 т/га – побічна продукція, маса сидеральних культур) і мінеральних 110 кг ($N_{27}P_{38}K_{45}$) добрив;

- за такого ресурсного наповнення технологій зернопросапної сівозміни індекс екологізації 10,0 (116:11,5), плодозмінної 9,5 (110:11,5) свідчать про стан екологічного землеробства;

- у плодозмінній і зернопросапній сівозмінах рекомендовано систему полицево-безполицевого обробітку ґрунту, яка полягає у поєднанні оранки один раз за ротацію під соняшник і буряки цукрові та чизельного розпушування і дискування під решту культур.

2. Для розширеного відтворення родючості чорнозему типового глибокого малогумусного, а також економії матеріально-технічних і енергетичних затрат під сою і соняшник на проведення основного обробітку ґрунту рекомендовано замінити оранку технологією no-till – на початковому етапі (3–років) виділяти не менше третини площі ріллі під технології no-till.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамень Ф. Ф., Вергунов В. А., Лазер П. Н., Вергунова И. Н. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине. Київ.: *Аграрна наука*, 2006. 456 с.
2. Адамень Ф. Ф. Азотфіксація та основні напрямки поліпшення азотного балансу ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 2. С. 9-16.
3. Александрова Л. Н. Гумусовые вещества почвы образование, состав, свойства и значение в почвообразовании и плодородии. Зап. Ленинград. с.-х. ин-та. Ленинград, 1970. Т. 42. 242 с.
4. Алексеева Т. М. Ґрунтово-рослинний покрив як показник забруднення атмосферного повітря важкими металами. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2014. № 14. С. 16-22.
5. Алиев С. А. Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества почв. Баку : ЭЛМ, 1986. 242 с.
6. Андreyuk K. I., Gutinska G. O., Antipchuk A. F., Valagurova O. V., Koziritska V. E., Ponomarenko S. P. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. Київ : Обереги, 2001. 240 с.
7. Андрієнко В. О., Марчук І. У., Яценко Л. А. Калійний режим дерново-підзолистих та сірих опідзолених ґрунтів і його вплив на продуктивність сільськогосподарських культур в умовах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 10. С. 12–14.
8. Андрійчук Л. В., Порудєєв В. О. Оптимізація попередників для озимих культур у сівозмінах короткої ротації Південного Степу України. *Наукові праці Чорноморського державного університету ім. Петра Могили комплексу державного комплексу «Києво-Могилянська державна академія»*. Київ, 2014 Т. 232, Вип. 220. С. 67-70.
9. Апарин Б. Ф. Эволюция почв и проблемы управления их плодородием. *Вестник с.-х. науки*. 1989. № 9. С. 74–80.
10. Асанішвілі Н. М., Буслаєва Н. Г., Шляхтурова С. П. Вплив агрохімічного навантаження на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. Вип. 32. С. 9-19.
11. Астахова Я. В. Якість зерна пшениці озимої залежно від строків сівби та удобрення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. №4. С. 28-34.
12. Бакума А. В. Баланс вологи в посівах соняшника за різних систем основного обробітку ґрунту. *Зб. наук. пр. Ін-ту землеробства УААН*. Київ, 2001. Вип. 1-2. С. 69-74.
13. Балаєв А. Д. Сутність родючості ґрунту та оцінка її видів. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 8. С. 17–20.

14. Балаєв А. Д., Піковська О. В., Тонха О. Л. Вміст гумусу та лабільних органічних речовин за різного використання чорнозему типового. Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство» 2019. п. 286, С. 173-179.
15. Балаєв А. Д., Тонха О. Л., Піковська О. В., Гаврилюк М. В., Шеметун К. І. Гумусовність і фізико-хімічні властивості чорноземів Лісостепу за мінімалізації обробітків і біологізації системи удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 11. С. 24-31.
16. Балюк С. А., Верніченко Г. А. Концентрація екологічного ризику деградації ґрунтового покриву України. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 6. С. 3-11.
17. Балюк С. А., Носко Б. С., Скрильник Е. В. Сучасні проблеми біологічної деградації чорноземів і способи збереження їх родючості. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 1. С. 11-17.
18. Балюк С.А., Носко Б.С., Шимель В.В., Стеревська Л.В., Момот Г.Ф. Оптимізація живлення рослин у системі факторів ефективної родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 3. С.12-19.
19. Барштейн Л.А., Шкаредний І.С., Якименко В.М. Результати вивчення сівозмін на Білоцерківській дослідно-селекційній станції. Система землеробства у буряківництві. Київ.: *Аграрна наука*, 1997. 258 с.
20. Барштейн Л.А., Шкаредний І.С., Якименко В.М. Сівозміни, обробіток ґрунту та удобрення в зонах бурякосіяння. *Наукові праці ІЦБ*. Київ.: ІЦБ, 2002. 480 с.
21. Бацула О. О., Скрильник Е. В., Кравець Т. Ф. Вплив добрив і рослинних решток на гумусовий стан ґрунтів. *Агротехніка і ґрунтознавство*. Київ.: Аграрна наука, 2002. № 59. С. 115-121.
22. Бегей С. С., Карасевич Н. В. Вплив основного обробітку ґрунту на його щільність та вологість у посівах жита озимого на схилі землях передкарпаття. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70. (1). С. 34-48.
23. Безкровний Ю. Г. Особливості водного режиму в зернобуряковій сівозміні. *Землеробство: респ. міжвід. темат. наук. збірник*. 1969. Вип. 20. С. 30-34.
24. Безуглий М., Гаврилюк М., Адамчук В. Пошук об'єктивної оцінки систем обробітку ґрунту в Україні. *Аграрний тиждень. Україна*. 2007. №39. URL: http://a7d.com.ua/501poshuk_obKtivnaocnki_sistem.obrobitku_gruntu_v_ukran.html
25. Бейкер С. Д., Състон К. Е. Природа ризику в No-till. Посев по технології No-till в рамках почвозащитного земледілля: перев. с. англ. Днепропетровск, 2007. С. 33-47.
26. Бердніков О. М., Никитюк Ю. А. Роль сидерації в сучасному землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2004. Вип. 3. С. 12-15.

27. Бердніков О. М., Потапенко Л. В., Дацько Л. В., Дацько М. О. Вплив системи удобрення на запаси сполук азоту в дерново-підзолистих ґрунтах. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 6. С. 21-26.
28. Біднюк П. І., Терентьев О. М., Просянкіна-Жарова Т. І. [та ін.] Прогнозне моделювання нелінійних нестационарних процесів у рослинництві з використанням інструментів SAS ENTERPRISE MINER. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2017. № 1. С. 24-36.
29. Біднюк П.І., Терентьев О. М., Просянкіна-Жарова Т.І. Прикладна статистика. Вінниця : ТД «Едельвейс і К», 2013. 288 с.
30. Бовсуновський А. М. Вплив побічної продукції та сидерату на гумусний стан світло-сірого ґрунту. *Землеробство : Міжвід. темат. наук. зб.* Київ, 2009. Вип. 81. С. 47-51.
31. Бойко В. П. Ефективність доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.04 «Агрохімія». Умань, 2020. 17 с.
32. Бойко П. І., Бородань В. О., Коваленко Н. П. Екологічно збалансовані сівозміни – основа біологічного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 2. С. 9-13.
33. Бомба М. Я. Агроекологічні основи обробітку ґрунту в західному Лісостепу України : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: спец. 06.00.01 «Загальне землеробство». Дніпропетровськ, 1996. 41 с.
34. Бомба М.Я. Біологічне землеробство: стан та перспективи розвитку. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 59. С. 9–18.
35. Бондар В. С Резерви підвищення ефективності виробництва цукрових буряків. *Вісник цукровиків України*. 2008. № 3. 24 с.
36. Брошак І.С., Гевко Р. Б., Никеруй С. С., Вітровий А. О. та ін. Моніторинг ґрунтів, шляхи покращення родючості та екологічної безпеки земель тернопільської області: монографія/ Тернопіль : Видавн.-поліграф. центр «Еконо-мічна думка», 2013. 160 с.
37. Бондаренко В. М., Заришняк А. С., Комбачук Т. В., Шикирява О. В. Використання соломи пшениці озимої як органічного добрива під цукрові буряки. *Цукрові буряки*. 2005. № 6 (48). С. 6-7.
38. Борис Н. Є. Регулювання та оптимізація агрофізичних властивостей ґрунту. *Пропозиція*. 2019. №11. URL: propozitsiya.com/ua/regulirovanie-i-optimizacia-agrofizicheskikh-svostv-pochvy.
39. Борко Ю. П., Дегодюк С. Е., Дегодюк Е. Г., Патица М. В., Літвінова О. А. Особливості формування мікробного ценозу сірого лісового ґрунту за різних систем удобрення в агроценозі пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 4. С. 14-22.
40. Бородін А. Л. Агрофізичні властивості посівного шару ґрунту перед сівою ярих культур. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2016. Вип. 85. С. 96-99.

41. Броннікова Л. Ф. Формування азотного поживного режиму ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 8. С. 53-61.
42. Буджерак А. І., Кривда Ю. І. Азотний фон і гумусний стан чорноземів реградованих при різних рівнях застосування добрив. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 9. С. 15-19.
43. Будьонний Ю. В., Шевченко М. В. Ґрунтозахисна ресурсозберігаюча система основного обробітку ґрунту під культури в польових сівозмінах для умов Лівобережного Лісостепу України. *Вісн. Львів. ДАЦ. Серія «Агрономія»*. 2004. № 8. С. 67-72.
44. Булаткин Г. А. Оптимизация продуктивности агроценозов. *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1990. № 4. С. 30–37.
45. Булигін С. Ю., Величко В. А., Демиденко О. В. Агрогенез чорнозему. Київ : *Аграрна наука*, 2016. 356 с.
46. Булигін С. Ю., Дегтярьов В. В., Крохін С. В. Гумусовий стан чорноземів України. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 2. С. 13-16.
47. Бутов В. М. Вплив режимів живлення і зрошення на урожай і якість коренеплодів цукрових буряків у південній зоні України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.02. Херсон, 2006. 16 с.
48. Буткалюк Т. О., Вергелес П. М., Ватаманюк О. В. Забур'яненість посівів кукурудзи на зерно та ефективний її контроль в умовах дослідного поля ВНАУ. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 8. С. 91-98.
49. Буць О. В., Філоненко С. В. Особливості технологій вирощування висад-ків цукрових буряків у виробничих підрозділах буряконасінницького господарства. *Наукові тенденції формування агротехнологій*. Полтава, 2019. С. 21-27.
50. В'ялий С. О., Косолап М. П., Танчик С. П., Кротінов О. П. Формування бур'янового компоненту вґрофітоценозу кукурудзи залежно від систем землеробства. *Захист і карантин рослин*. Міжвід. темат. наук. зб. 2005. С. 121-132.
51. Вавринович О. В., Качмар О. Й. Вплив сівозмінного фактора на гербологічний стан посівів сої. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (1) С. 8-21.
52. Вахній С. П. Продуктивність культури плодозмінної сівозміни залежно від основного обробітку ґрунту. *Цукрові буряки*. 2007. 4. С. 16-17.
53. Вега Н. І. Зміна вмісту лужногідролізованого азоту в темно-сірому опідзоленому ґрунті під впливом мінерального удобрення ячменю ярого. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. Вип. 83. С. 100-104.
54. Величко В. А., Демиденко О. В., Кривда Ю. І. Гумусний стан чорноземів типових Лівобережного Центрального Лісостепу України та відтворення їхньої родючості. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 7. С. 20-25.

55. Величко В. А., Мартин А. Г., Новаковська І. О. Моніторинг ґрунтів України проблеми землевпорядного ґрунтознавчого та наукового забезпечення. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 7. С. 5-16.
56. Вернадский В. И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. 250 с.
57. Бегей С. С., Васюрко І. В., Карасевич Н. В. Порівняльна оцінка різних способів основного обробітку ґрунту під ярі зернові в умовах Передкарпаття. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2020. Вип. 68(2). С. 24-36.
58. Вильямс В.Р. Травопольная система земледелия. 2-е изд. Воронеж: *Облиздат*, 1949. 240 с.
59. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Дегонюк Е. Г., Сайко В. Ф., Корнійчук М. С. та ін. / За ред. Е. Г. Дегодюка, Київ : *Урожай*, 1992. 320 с.
60. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. Київ : «Оранта», 1998. 700 с.
61. Вітвіцький В. В., Музика П. М., Кисляченко М. Ф. та ін. Нормативи живої та уречевленої праці на виробництво зернових культур. Київ : *Украгропромпродуктивність*, 2010. 352 с.
62. Вітвіцький С. В., Вітвіцька О. І. Органічна речовина чорнозему типового в природних і культурних екосистемах. *Вісник ХНАУ*. 2013. № 1. С. 73-77.
63. Вожегова Р. А., Малярчук А. С., Кительников Д. І., Резніченко Н. Д. Вплив основного обробітку ґрунту та сидерації на урожайність сої в сівозміні на зрошенні півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. 118. С. 66-73.
64. Вожегова Р. А., Малярчук А. С., Котельников Д. І., Резніченко Н. Д. Забур'яненість пшениці озимої за мінімальної та нульової системи основного обробітку ґрунту, удобрення та сидерації. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 5-9.
65. Вожегова Р., Гальченко Н., Котельников Д., Малярчук В. Енергетична ефективність технології вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях півдня України. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2021. № 28. (47). С. 272-281.
66. Вожегова Р. А., Димов О. М. Застосування добрив як запорука збереження родючості ґрунтів і стійкого розвитку сільськогосподарського виробництва. *Таврійський науковий вісник*. 2016. № 96. С. 21-35.
67. Вожегова Р. А., Ісакова Г. М., Малярчук А. С., Котельников Д. І., Гальченко Н. М. Продуктивність кукурудзи за мінімізованого обробітку ґрунту та органо-мінеральних систем удобрення на зрошенні півдня України. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 123-127.
68. Войтова Г. П. Вплив обробітку ґрунту на забур'яненість культур. *Цукрові буряки*. 2002. № 4. С. 6-7.
69. Волкогон В. В., Бердніков О. М., Лопушняк В. І. Екологічні аспекти систем удобрення сільськогосподарських культур / за ред. В. В.

Волкогона. Київ : *Аграрна наука*, 2019. 264 с.

70. Волкогон В. В., Дімова С. Б., Сасіна Т. С., Волкогон К. І., Шевченко Л. А., Штанько Н. П., Земська І. А. Ефективність збагачених мікроорганізмами добрив за вирощування картоплі. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2022. 36. С. 3-12.

71. Волкогон К. І., Бердніков О. М., Потапенко Л. В. Особливості трансформації азоту в системі ґрунт-мікроорганізми-рослини ячменю ярого за використання мікробного препарату Мікрогуміну. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвид. темат. наук. зб.* Чернівці, 2009. Вип. 9. С. 59-67.

72. Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Іутинська Г. О., Титова Л. В., Дубинська О. Д. Ландшафтно-екологічний стан та шляхи відтворення одegradованих земель південного степу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 14-23.

73. Балюк С.А., Тимченко Д.О., Гичка М.М. Концепція охорони ґрунтів від ерозії в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 2. С. 5–10.

74. Волох П. Найкращий шлях до мінімального обробітку ґрунту – екологічне землеробство. *Техніка АП: наук.-техн. жур.* 2008. № 5. С. 5-9.

75. Воронкова Н. А. Влияние приемов биологизации на запасы продуктивной влаги в почве. *Земледелие*. 2009. № 1. С. 11-12.

76. Вплив системи удобрення на відтворення родючості ґрунту в польових сівозмінах Лісостепу і Полісся / Е. Г. Дегодюк, Л. В. Бобер, Н. В. Штупин, І. І. Чернищенко, Л. П. Веселовська. *Землеробство : міжвідом. тематич. наук.* 1998. Вип. 72. С. 11-19.

77. Гаврилюк О. А., Говоруха В. М., Ташірев О. Б. Стійкість мікроорганізмів чорноземного ґрунту до розчинних сполук міді. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2018. № 23. 43 с.

78. Гаврилюк Ю. В. Вплив системи обробітку ґрунту на його агрофізичний стан. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 3. С. 73-77.

79. Гаврилюк Ю. В., Конопля М. І. Вплив обробітку ґрунту в сівозміні на його водно-фізичні якості. *Наук. вісн. Луган. НАУ. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2012. № 36. С. 38-40.

80. Гавришко О. С., Олімів Ю. М., Партика Т. В., Буслаєва Н. Г. Кореляційний аналіз залежності продуктивності сівозміни від фізико-хімічних, агрохімічних показників ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за тривалого сільськогосподарського впливу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68(1). С. 67-81.

81. Галицька М. А., Писаренко П. В., Кулик М. А. Гуміфікаційно – мінералізаційні процес як показник акумуляції карбону в ґрунтах. *Таврійський науковий вісник*. 2018. 102. С. 130-136.

82. Гамаюнова В. В., Дворецький В. Ф., Касаткін Т. О., Глушко Т. В. Формування поживного режиму чорнозему південного під впливом мінеральних

добрив за вирощування ярих зернових культур. *Наукові горизонти*. 2019. 1(74). С. 18-24.

83. Гамаюнова В. В. Застосування добрив – основа збереження родючості ґрунтів та формування продуктивності сільськогосподарських культур в умовах зрошення. *Наукові праці: науково-методичний журнал*. 2008. Т. 81. С. 35-38.

84. Гладюк М. М. Основи агрохімії. Хімія в сільському господарстві. Київ, Ірпінь : Перун, 2003. 288 с.

85. Гангур В. В., Лень О. І., Гангур М. В. Вплив різних систем обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАА*. 2022. № 1. С. 38-44.

86. Гангур В. В., Космінський О. О., Лень О. І., Тоцький В. М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 50-56.

87. Гангур В. В., Котляр Я. О. Вплив попередників на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 122-127.

88. Греков В. О., Тараріко О. Г., Панасенко В. М. та ін. Адаптація національної системи охорони ґрунтів до проекту рамкової директиви ЄС та Ради Європи /Збірник наукових статей Охорона родючості ґрунтів : Київ, 2008. С. 56-60.

89. Гассен Д., Гассен Ф., Прямой посев – дорога в будущее. Днепропетровск: Корпорация «Агросоюз», 2004. 206 с.

90. Гебрин-Байди Л. В. Визначення та оцінювання кількісних показників родючості ґрунтів методами дистанційного зондування землі. *Геоінформатика*. 2017. № 3 (63). С. 67-74.

91. Гентош Д. Г., Глим'язний В. А. Довгострокове прогнозування кореневих гнилей гороху. *Пропозиція*. 2010. № 7. С. 88-90.

92. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні; за ред. М. К. Шикуди, Київ : Оранта. 1998. 390 с.

93. Глушак Н. М., Щербак Н. Е. Обработка почвы, гумус и урожай в южной степи Украины. *Почвоведение*. 1984. № 8. С. 78-89.

94. Глущенко Л. Д., Хоменко Л. В., Дорошенко Ю. Л., Алейнікова Т. Л., Артеменко Л. В., Вакуленко В. М. Динаміка агрохімічних показників чорнозему типового в залежності від різних систем удобрення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 1. С. 27-30.

95. Глущенко Л.Д., Хоменко Л.В., Дорошенко Ю.Л., Артеменко Л.В., Алейнікова Т.Л., Вакуленко В.М., Біланович О.Л. Вплив антропогенних і природних факторів на твердість ґрунту, вологоспоживання та продуктивність культур Полтавщини. *Вісник ПДАА*. 2010. № 3. С. 35-38.

96. Гордієнко В. П. Ґрунтова волога. Сімферополь: «Предприятие Феникс», 2008. 368 с.

97. Гордієнко В. П., Крохмаль А. М. Уміст рухомого фосфору в ґрунті за різних систем удобрення й обробітку в сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 9. С. 9-11.
98. Годулян И. С. Озимая пшеница в севооборотах. Днепропетровск, 1974. 175 с.
99. Голик В. С. Создание сортов яровой мягкой и твердой пшеницы с высокими хлебопекарными и макаронными свойствами в Институте растениеводства им. В.Я. Юрьева. *Наукові основи стабілізації виробництва продукції рослинництва*. Харків, 2001. С. 19-28.
100. Гончар В. В., Космінський О. О., Лень О. І., Тоцький В. М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. *Вісник ПДАА*. 2022. № 2. С. 50-56.
101. Гончар Л. В., Кузик Н. В. Вплив систематичного внесення органічних та мінеральних добрив у польовій сівозміні на родючість. *Агрономія і ґрунтознавство : міжвід. темат. наук. зб. Спецвипуск: Ґрунти-основа доброти держави, турбота кожого*. Харків, 2006. Кн. 3. С. 30-34.
102. Гончаров А. Чаще – хуже? Подсолнечник и плодородие почвы. *Зерно*. 2016. № 9. С. 30-44.
103. Горбатенко А., Судак В., Чабан В., Кушик А., Безсусідня Ю. Сівба по стерні: *Пропозиція*. 2019. №9. propozitsiya.com/ua/sivba-po-sterni.
104. Горбатенко А. І., Горобець А. Г., Циліорик О. І. Вплив способів основного обробітку чистого пару на агрофізичний стан ґрунту і урожайність озимої пшениці. *Бюл. Ін-ту зернов. господарства*. 2010. № 38. С. 40-45.
105. Горобець А. Г., Циліорик О. І., Горбатенко А. І. та ін. Вирощування озимої пшениці за технологією No-till у Степу. *Агроном*. 2010. № 3. С. 52-54.
106. Городній М. М., Мельник С. І., Маліновський А. С., Бондар О. І., Бикін А. В., Сердюк А. Г., Каленський В. П., Волкодав В. В., Гончар О. М., Мовчан М. М. Агрохімія. Київ : *ТОВ «Алефа»*, 2003. 778 с.
107. Городній М. М., Яригіна Н. Я., Козлов М. В. Теоретичні основи фіксації молекулярного азоту і шляхи практичного вирішення цього питання у землеробстві України. *Науковий вісник НАУ*. 1998. № 5. С. 114-129.
108. Господаренко Г. М. Основні принципи побудови системи удобрення в польовій сівозміні. *Агрохімія і ґрунтознавство (спецвипуск)*. Харків, 2002. Кн. 3. С. 200-203.
109. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Невлад В. І., Бойко В. П. Баланс калію у ґрунті та ефективність калійдефіцитної системи удобрення. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. №2. С. 42-46.
110. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив (монографія). Київ : *Нічлава*, 2002. 344 с.
111. Господаренко Г. М. Розробка та обґрунтування інтегрованої системи удобрення в польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому

правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: спец.: 06.01.04. «Агрохімія». Київ : 2001. 39 с.

112. Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л., Притуляк Р. М. Агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за різних доз азотних добрив і їх поєднання з іншими видами мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 18-22.

113. Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Возіян В. В. Хлібопекарські властивості зерна опельти залежно від удобрення. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 1. С. 11-16.

114. Господаренко Г. М., Трус О. М. Вплив тривалого застосування добрив на показники родючості чорнозему опідзоленого та продуктивність польової сівозміни. *Вісник Полтавської державної академії*. 2011. №1. С. 17-21.

115. Господаренко Г. М., Трус О. М., Прокопчук І. В. Умови збереження вмісту гумусу в ґрунті польової сівозміни. *Біологічні системи*. 2012. Т. 4. Вип. 1. С. 31-34.

116. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Бойко В. П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3 (107). С. 35-44.

117. Грант С. Улучшение управления питательными веществами сельскохозяйственных культур. *Агроном*. 2009. № 1. С. 16-24.

118. Гаськевич О. В. Фізична деградація ґрунтів Гологоро-Кременецького горбогір'я. *Вісник Львівського університету*. 2013. Вип. 46. С. 85-92.

119. Гриник І. В., Бакун Ю. О., Бакун О. І. Вплив добрив і засобів захисту рослин на продуктивність сівозмін Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2002. №5. С. 29-32.

120. Гриник І. И., Бакун Ю. О. Біологізація землеробства в Поліссі. *Зб. наук. праць Інституту землеробства УААН*. 2004. Спецвипуск. С. 187-197.

121. Гриффит Д. Р., Монкриф Д. Ф., Эккерт Д. Д. та ін. Реагування культури на системи обробітку ґрунту. Системи і методи раціонального землевпорядкування. Iowa Export-Import, 1998. С. 42-53.

122. Грінченко Т. О., Швидь О. Ф. Моніторинг родючості ґрунтів Полтавської області України. *Охорона родючості ґрунтів*. 2006. Вип. 2. С. 36-37

123. Гродзинский А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. Киев : *Наук. думка*, 1965. 198 с.

124. Гумінові речовини – безпечні регулятори екосистеми. / Ящук В. У., Корецький А. П., Ковбасенко Р. В., Дмитрієв О. П., Ковбасенко В. М. Київ : 2016. 89 с.

125. Гумусовий стан чорнозему за різних способів обробітку в агроценозах Лівобережного Лісостепу України / О. В. Демиденко,

І. С. Шаповал, М. І. Блашук та ін. *Посібник українського хлібороба*. 2016. Т. 1. с. 173-176.

126. Гутянський Р. А., Попов С. І., Костромітін В. М., Кузьменко Н. В., Глибокий О. М. Вплив основного обробітку ґрунту та удобрення на забур'яненість посівів соняшнику. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 1. С. 60-68.

127. Дегодюк Е. Г. Агрохімічна наука України в контексті соціальних і кліматичних викликів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2010. Спец. вип. Кн. 3. С. 248-249.

128. Дегодюк Е. Г., Бацула О. О. Органічна речовина ґрунтів і її регулювання. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. Київ : *Урожай*, 1992. С. 42-44.

129. Дегодюк С. Г., Бобер Л. В., Вербицька О. А. Вплив тривалого застосування добрив на відтворення органічної речовини сірого лісового ґрунту. *Інститут землеробства УААН. Зб. наук. праць*. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. Вип. 3. С.18-21.

130. Дегтярьов В.В. Колоїдально-хімічна характеристика гумусовоакумулятивного ґрунтоутворення і родючості природних аерогенних чорноземів Лівобережного Лісостепу та Степу України : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Київ, 2010. 45 с.

131. Дегтярьов В. В. Характеристика гумусу цілих і орних чорноземів Лівобережного Лісостепу і Степу України. *Вісник ХНАУ. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»*. Харків, 2008. № 1. С. 85-102.

132. Дегтярьов В. В., Козлова О. І., Усата Р. Ю. Груповий і фракційний склад гумусу лучно-чорноземних ґрунтів Правобережжя України за різних систем удобрення в умовах глобальних змін клімату. *Вісник ХНАУ*. 2018. № 1-2. С. 7-14.

133. Дегтярьов В. В. Гумус чорноземів Лісостепу і Степу. Харків.: *Майдан*, 2011. 360 с.

134. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт-рослина / за ред. А. І. Фатєєва, В. П. Самохвалової. Харків : КП «Міськдрук», 2012. 146 с.

135. Демиденко О. В. Кореляційні зв'язки фізіологічних груп мікроорганізмів з показниками родючості чорнозему опідзоленого за різних систем удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 4. С. 20-27.

136. Демиденко О. В. Ґрунтоутворення в агроценозах при мінімальному обробітку чорноземів. *Посібник українського хлібороба*. 2010. С. 108-113.

137. Демиденко О. В. Післяживні рештки в ґрунтозахисному землеробстві як енергетика ґрунтоутворення в агроценозах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Черкаського інституту агропромислового виробництва: Міжвід. темат. зб. наук. пр.* Черкаси, 2005. Вип. 5. С. 13-26.

138. Демиденко О. В. Системний принцип відтворення родючості чорноземів при ґрунтозахисному обробітку. *Збірник наукових праць*

Національного аграрного університету водного господарства та природокористування. 2004. Ч. 1, Вип. 4 (28). С. 30-41.

139. Демиденко О. В. Щільність будови чорнозему опідзоленого за різних систем удобрення і обробітку. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 6. С. 5-15.

140. Демиденко О. В., Тонха О. Л., Величко В. А. Біогенність чорнозему типового за різного обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 1. С. 20-23.

141. Демиденко О. В., Шикуча М. К. Агрохімічні властивості структурних агрегатів чорнозему в умовах ґрунтозахисного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 12. С. 16-23.

142. Демиденко О. В., Шикуча М. К. Гумусний стан чорнозему типового в умовах лівобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 2. С. 5-11.

143. Діденко Н. О., Коновалова В. М. Вплив обробітку ґрунту на кількість дощових черв'яків та величину мікробної біомаси в умовах інтенсивного землеробства. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2021. Вип. 33. С. 72-80.

144. Задорожна Д.П. Основні принципи раціонального використання і збереження родючості земельних угідь. Збірник тез і доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції Тернопіль, 2008. 284 с.

145. Демиденко О. В. Рециркуляційне відновлення фізико-хімічних і агрофізичних властивостей у процесі ґрунтоутворення чорнозему типового лівобережного Лісостепу. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2013. Вип. 1-2. С. 26-37.

146. Домарацький Є. О., Добровольський А. В. Особливості водоспоживання соняшника за різних умов мінерального живлення. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. №1. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2017_1_13

147. Дорошенко В. А., Власенко С. Л., Коновалови Н. В. Забур'яненість посівів цукрових буряків у різних умовах живлення. *Цукрові буряки*. 2014. № 6. С. 5-6.

148. Дорошенко В. А. Заходи контролю бур'янів на посівах цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2000. № 1. С. 10-11.

149. Доценко О. В. Гумусний стан чорнозему типового під впливом тривалого внесення добрив. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 12. С. 75-76.

150. Дранищев Н. И., Токаренко В.С., Тимошин Н. Н. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от способа основной обработки почвы под чистый пар. *Науковий вісник Луганського НАУ*. 2009. № 7. С. 59-62.

151. Дудка О. А. Вплив систем землеробства та обробітку ґрунту на його загальну пористість за вирощування пшениці ярів в правобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 124. С. 40-46.

152. Ермолов А. С. Организация полевого хозяйства. Системы земледелия и севообороты. 5-е изд., пересмотренное и значительно дополненное. СПб : Издание А.Ф. Девряна, 1914. 719 с.
153. Єщенко В. О. No-till технологія: її сьогодення та майбутнє. *Вісник Уманського Національного університету садівництва*. 2013. № 1/2. С. 4-9.
154. Євтушенко Т. В., Тонха О. Л. Уміст і запаси гумусу залежно від удобрення і обробітку чорнозему типового. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2017. № 269. С. 168-176.
155. Єщенко В. О. До методики визначення біологічної активності ґрунту. *Збірн. наук. праць Уманського національного університету садівництва*. 2011. № 77. Ч. 1. Агрономія. С. 21-26.
156. Єщенко В. О. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. *Землеробство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Київ : ВП «Едельвейс», 2015. Вип. 1. С. 23-27.
157. Єщенко В. О. Характер зміни структури ґрунту у польових зерно-буракових сівозмінах різної спеціалізації. *Землеробство*. Київ, Урожай, 1988. Вип. 63. С. 23-25.
158. Жемела Г. П., Бараболя О. В., Нечитайло В. М. [та ін.]. Токсичні елементи та їх вміст у ґрунті і зерні ярої твердої пшениці залежно від удобрення. *Зб. наук. праць Уманського ДАУ*. Умань, 2007. Вип. 65. С. 69-73.
159. Жемела Г. П., Барат Ю. М. Вміст важких металів у ґрунті та зерні ярого ячменю залежно від внесення мінеральних добрив. *Вісник ПДАА*. 2008. №4. С. 36-38.
160. Жеребко В. М., Жеребко Ю. В. Закономірність формування видової заbur'яненості агрофітоценозу сої. *Наукові праці НАУ*. Київ, 1995. С. 8-15.
161. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті / О. О. Бацула, Е. А. Головачов, Р. Г. Дерев'янка та ін.; за ред. О. О. Бацули. Київ : Урожай, 1987. 128 с.
162. Загорча К. А. Оптимізація системі удобрення в польових сівооборотах. Кишинев : *Штица*, 1990. 288 с.
163. Заришняк А. С., Балюк С. А., Лісовий М. В., Комариста А. В. Баланс гумусу і поживних речовин у ґрунтах України. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 1. С. 28-32.
164. Заришняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах / за ред. А. С. Заришняка. Київ : *Аграрна наука*, 2015. 207 с.
165. Заришняк А. С., Іваніна В. В. Влияние удобрений на продуктивность зерносвекловичного севооборота. *Агрехимия*. 2013. 9. С.40-46.
166. Заришняк А. С., Руцька С. І., Шиманська Н. А., [та інші] Добрива, сівозміни і продуктивність. *Цукрові буряки*. 2004. № 5. С. 8-9.
167. Заришняк А. С., Савчук К. А. Добрива – головний фактор підвищення продуктивності цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2005. № 4. С. 4-5.

168. Захарченко І. Г., Медвідь Г. К., Шиліна А. І. та ін. Баланс поживних речовин у польовій сівозміні на чорноземах Лісостепу УРСР землеробство. Київ : Урожай, 1975. Вип. 40. С. 20-28.
169. Захарченко І. Г., Пирожко І. С., Шиліна Л. Н. Баланс поживних речовин в землеробстві України. *Земледіліє*. 1997. № 1. С. 35-40.
170. Захарченко І. Г., Предко І. Г. Водний режим ґрунту в зерно-буряковій сівозміні лівобережного Лісостепу Української РСР. *Землеробство: респ. міжвід. темат. наук. зб.* Київ, 1975. Вип. 41. С. 20-28.
171. Заяц А. Н., Стукало С. Г., Хижняк А. И. Эффективность разных способов минимализации обработки почвы под озимую пшеницу в условиях зернопаропропашного севооборота Лесостепи УССР. *Особенности интенсивных приемов в земледелии: сб. науч. тр.* Харьков, 1989. С. 10-18.
172. Застосування поліфункціонального комплексу біопрепаратів при вирощуванні ячменю ярого з удобренням ґрунту соломою / В. П. Патики, О. В. Шерстобоева, Я. В. Чабанюк [та ін.]. Київ, 2005. 13 с.
173. Зернобобові культури: сучасні технології вирощування / за ред. А. В. Черенкова. Дніпропетровськ : *Акцент ПП*, 2014. 110 с.
174. Зинченко В. И., Женченко К. Г., Угнивенко Н. В. Земледелию Крыма – почвозащитную агротехнику. *Земледіліє*. 1990. № 8. С. 34-36.
175. Зміни показників балансу гумусу у ґрунтах сільськогосподарських угідь Чернігівської області. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 3. С. 52-57.
176. Зубенко В. Ф., Барштейн Л. А., Дмитрієв І. О. та ін. Вплив культур бурякової сівозміни на водний режим ґрунту. *Землеробство: респ. міжвід. темат. наук. зб.* Київ, 1975. Вип. 41. С. 28-35.
177. Зубенко В. Ф., Оноприєнко В. Т., Барштейн Л. А. Накопление почвенной влаги после предшественников сахарной свеклы. *Вестник с.-х. наук*. 1979. № 5. С. 35-38.
178. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища : монографія // О. Г. Васенко, О. В. Рибалова, Н. С. Горбань [та ін.]. Харків : НУГЗУ, 2015. 419 с.
179. Іваніна В. В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах. Київ : *ЦП «Компріт»*, 2016. 328 с.
180. Іваніна В. В., Шиманська Н. К., Мазур Г. М. Біологізація системи удобрення у формуванні калійного режиму чорнозему типового вилугуваного. *Агробіологія*. 2013. № 10. С. 100-103.
181. Іваніна В. В., Енергетичний баланс чорнозему типового вилугуваного та ефективність агротехнологій залежно від системи удобрення. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 18. С. 99-101.
182. Іваніна В. В., Шиманська Н. К., Мазур Г. М. Заходи біологізації в формуванні фосфатного режиму чорнозему типового вилугуваного легкосуглинкового. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 12. С. 21-24.
183. Іванюк В. Я. Вплив способів обробітку ґрунту та системи

удобрення на продуктивність сівозмін в Східному Лісостепу. *Зб. наукових праць Інституту землеробства*. Київ, 2005. С. 14-17.

184. Іващенко О. О. Бур'яни в агрофітоценозах. Київ : Світ, 2001. 234 с.

185. Іващенко. О. О., Кунак. В. Д. Бур'яни. Чому зростає потенційна засміченість полів. *Захист рослин*. 1998. № 7. С. 24-25.

186. Ільченко В. Ю., Пономаренко Н. О., Пономаренко Р. Г., Бутенко Б. М. Переваги та недоліки No-Till системи. Конструювання виробництва та експлуатація сільськогосподарських машин. 2013. Вип. 43, Ч. II С. 101-108.

187. Іутинська Г. О., Ямборко Н. Я. Стійкість мікробних угруповань ґрунту та токсичної і мутагенної дії пестицидів за різних агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур. *Зб. наук. пр. Науковий вісник НАУ*. 2005. № 81. С. 21-25.

188. Іутинська Г. О. Шляхи регулювання функцій мікробних угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроecosystem. *Сільськогосподарська мікробіологія. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Чернівці, 2006. Вип. 3. С. 7-18.

189. Іщенко В. А., Томашина Г. П., Гемченко А. М. Поширеність гороху та ефективність елементів його вирощування в умовах північного Степу. *Вісник Степу*. 2013. Вип. 10. С. 49-53.

190. Канівець В. І. Життя ґрунту. Київ : Аграрна наука. 2001. 131 с.

191. Калегари А. Севооборот и покровные культуры в системе No-tillage. No-till – постепенная революция. *Сборник докладов VI конференции NT-SA*. 2008. С. 32-39.

192. Камінський В. Ф., Бойко П. І. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 6. С. 5-9.

193. Камінський В. Ф., Гангур В. В. Динаміка продуктивної вологи в ґрунті за вирощування пшениці озимої в сівозмінах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 11-14.

194. Канівець В. І., Черетвий С. М. Мінералізація та гуміфікація рослинних решток і гною в чорноземі вилугуваному легкосуглинковому. *Вісник аграрної науки*. 2001. Вип. 9. С. 9-12.

195. Карабач К. С. Вміст динаміки рухомих фосфатів у чорноземі типовому за застосування ґрунтозахисних технологій. *Наукові доповіді НУБіП*. 2010. 1(17). URL : <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-1/10kksct.pdf>.

196. Карасюк І. М. Физические свойства почвы и урожай сахарной свеклы и кукурузы в зависимости от способов зяблевой обработки почвы в южной зоне Лесостепи Украины. *Теоретические вопросы обработки почв*. Луцк : Гидрометеиздат, 1968. С. 49-84.

197. Карасюк І. М., Господаренко Г. М., Чорна Л. В. Зміна водостійкості структури ґрунту залежно від системи удобрення. URL : <http://lib.udau.edu.ua/bitstream/123456789/6236/1/2r.pdf>.

198. Карбівська У. М. Зміна показників родючості та целюлозолітична активність ґрунту за вирощування злакових травостоїв. *Plant and soil science*. 2020. Vol. 11. № 1. С. 33-34.
199. Каттон, Варрон, Копумелла. Плиний. О сільському господарстві. Москва : *Сельхозгиз*, 1937. 351 с.
200. Кирилюк В. П. Продуктивність гречки залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2014. Вип.. 17. С. 28-33.
201. Кирилюк В. П. Забур'яненість посівів ячменю ярого залежно від систем основного обробітку ґрунту. *Збірник наук. пр. Нац. наук. центру «Інститут землеробства УААН»*. Київ, 2010. Вип. 1-2. С. 22-31.
202. Кирилюк В. П. Урожайність пшениці озимої залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № 1 (58), Т. 1. С. 63-69.
203. Кисіль В. І. Вплив добрив на якість продукції. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 5. С. 12-15.
204. Ковальова С. П., Можарівська І. А., Концентрація важких металів у ґрунті при вирощуванні енергетичних культур на території радіоактивного забруднення. *Наукові горизонти*. 2020. № 3 (88). С. 121-126.
205. Кочик Г. М. Гумусний стан дерново-підзолистого ґрунту за різних систем основного обробітку ґрунту і удобрення. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Вип. 2. С. 47-57.
206. Колісник С. І., Панасюк О. Я., Петриченко Н. М. Особливості вирощування сої на насіння в беззмінних посівах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб.* Вінниця, 2004. Вип. 53. С. 116-120.
207. Колос М. О. Дослідження азотного режиму та гумусового стану чорноземів звичайних залежно від технології обробітку ґрунту. *Scientific journal "Science Rise"*. 2017. № 12. С. 26-29.
208. Купчик В. І., Іваніна В. В., Нестеров Г. І., Тонха О. Л., Лі М., Метью Г. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості. Київ, Кондор, 2007. 437 с.
209. Корчигін В. А., Терентьев О. В. О воспроизводстве почвенного плодородия. *Аграрная наука*. 2007. № 3. С. 10-11.
210. Косолап М. П., Кратінов О. П. Контроль бур'янів у системі землеробства No-till. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 3. agro-business.com.ua/ahramni-kulkury/item/108-Kontrol-burianiv-u-systemi-zemlerobstva-no-till.html.
211. Косолап М. П., Кратінов О. П. Система землеробства No-till : Навч. посібник. Київ : *Логос*, 2011. 352 с.
212. Косолап. М. П. Гербологія: навчальний посібник. Київ : *Арістей*, 2004. 364 с.

213. Косташук Л. В., Косташук М. В. Вплив обробітку ґрунту на агрофізичні властивості чорнозему вилугуваного. *Цукрові буряки*. 2001. № 4. С. 10-11.
214. Котоврасов И. П., Примак И. Д., Кузьменко А. С. Изменения плодородия почвы за две ротации кормового севооборота под влиянием удобрений и обработки почвы в Лесостепной зоне УССР. *Агрехимия*. 1990. № 8. С. 50-61.
215. Кочмарский В., Соленая В., Хоменко С. Яровая пшеница: адаптивность к стрессам. *Зерно*. 2011. № 12. С. 14-17.
216. Кравченко М. С., Злобін Ю. А., Царенко О. М. Землеробство. Київ : *Либідь*, 2002. 494 с.
217. Красніцька Л. С. Продуктивність короткоротаційних сівозмін зони достатнього зволоження Правобережного Лісостепу. *Землеробство*. 2017. Вип. 1. С. 50-54.
218. Крамарьов С. М., Крамарьов О. С., Христенко А. О., Токмакова Л. М., Жученко С. І., Сировитко В. А., Цьова Ю. А., Сироватко К. В. Порівняльна оцінка вмісту рухомого фосфору в різних генетичних горизонтах чорнозему звичайного. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 1-2. С. 29-31.
219. Кривенко А. І., Почколіна С. В., Безеде Н. Г. Видовий склад бур'янів та забур'яненість посівів пшениці озимої залежно від попередників та різних систем основного обробітку ґрунту в умовах Причорномор'я. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 53-62.
220. Кривенко А. І., Почколіна С. В. Продуктивність пшениці озимої за різних систем основного обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах із сидеральним паром. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 60–67.
221. Кривов В. М. Ґрунтово-екологічні основи формування стійких агроландшафтів. Правобережного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 1995. 20 с.
222. Круть В. М., Танчик С. П. До питання застосування безполіцевого обробітку ґрунту під зернові культури. *Національний вісник національного аграрного університету*. Київ, 2002. Вип. 47. С. 13-18.
223. Круть В. М. Плоскорезная обработка почвы в зернопаровом севообороте на Украине. *Земледелие*, 1979. № 8. С. 25-27.
224. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів. *Сільськогосподарська мікробіологія*, 2009. Вип. 9. С. 7-32.
225. Кук Дж. Регулирование плодородия почв. Москва : Колос, 1970. 515 с.
226. Кульбіда М.І., Космік Н.М. Порівняльна оцінка справджуваності довготермінових прогнозів погоди. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 4. С. 80-81.
227. Кучер Л. І. Баланс калію в ґрунтозахисному землеробстві. *Науковий вісник НАУ*. 2005. Вип. 81. С. 39-41.

228. Кушнарєв А. С. Новый взгляд на обработку почвы. Дослідницьке-Мелітополь : ТГАУ, 2009. 15 с.
229. Лазурський О. В. Гній і мінеральні добрива у польових сівозмінах. Київ : Урожай, 1972. 217 с.
230. Лактионов Н. И. Закономерности трансформации фонических коллоидов в чернозёмах при их сельскохозяйственном использовании: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Київ, 1974. 36 с.
231. Лактіонов М. І. Агрогрунтознавство ХДАУ ім. В.В. Докучаєва. Харків : *Видавець А.І. Шуст*, 2001. 156 с.
232. Лебедь Е. М., Андрусенко І. І., Пабат І. А. Сівозміна при інтенсивному землеробстві. Київ : *Урожай*, 1992. 224 с.
233. Левченко Л. М. Залежність забур'яненості пшениці озимої від систем обробітку ґрунту в короткоротаційній сівозміні. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2019. Вип. 27. С. 18-24.
234. Левченко Л. М., Тищенко М. В. Водний режим ґрунту під цукровими буряками залежно від його обробітку і удобрення в короткоротаційній сівозміні. *Новітні агротехнології: теорія та практика*. 2017. № 2 (10). С. 15-17.
235. Лемішко С. М., Черних С. А., Пашова В. Т. Кореневі гнилі агрофітоценозів гороху в умовах північного степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 121. С. 58-66.
236. Либих Ю. Основы земледелия. СПб.: Изд-во Вольного эконом. общества, 1855. 123 с.
237. Лісовал А. П., Коваленко О. Г. Вплив довготривалого застосування добрив на вміст у ґрунті рухомих фосфатів і баланс фосфору. *Науковий вісник НАУ*. 2002. № 57. С. 240-244.
238. Лісовал А. П., Макарчук І. І., Сорочотяга Н. П., Яценко Л. А. та ін. Динаміка сполук вуглецю, азоту, фосфору і калію за тривалого застосування добрив на лучно-чорноземних ґрунтах Лісостепу України. *Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематич. наук. зб. до VI з'їзду УТГА*. (1-5 липня, 2002 р. м. Умань). Харків, 2002. Кн. 3. С. 243-245.
239. Лісовал А. П., Сорочотяг Н. П., Коваленко О. С. Зміна сполук вуглецю, азоту і фосфору чорноземних ґрунтів і продуктивність культур при тривалому застосування засобів хімізації. *Науковий вісник НАУ*. 2000. № 32. С. 129-134.
240. Літвінов Д. В. Формування водного режиму ґрунту в системі короткоротаційних сівозмін. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 11. С. 13-18.
241. Логінова І. В., Грицак І. П. Вплив інгібітору нітрифікації 3(5)-метилпіразолу на процеси трансформації азоту в ґрунті та умови азотного живлення рослин кукурудзи. *Наукові доповіді НУБІП*. 2009. 2(14) <https://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2009-2/09livepnpdf>.
242. Лопушняк В. І. Динаміка біологічних показників родючості темно сірого опідзоленого ґрунту під впливом різних систем удобрення. *Сучасні*

проблеми збалансованого природокористування : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. (Кам'янець-Подільський, 29-30 листопада 2012 р.). Кам'янець-Подільський, 2012. С. 156-159.

243. Камінський В. Ф. Біологічне землеробство в умовах зміни клімату. *Посібник українського хлібороба*. 2017. Т 1. С. 28-31.

244. Лопушняк В. І. Енергоємність гумусу темно-сірого опідзоленого ґрунту під впливом різних систем удобрення в Західному Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер.: агрономія і біологія*. 2012. Вип. 9 (24). С. 57-59.

245. Лялько В. І., Єлістратова Л. О., Апостолов О. А. Використання даних наземного та космічного моніторингу для аналізу сучасних змін клімату в Україні. *Доповіді НАН України*. 2014. № 7. С. 109-115.

246. Любич В. В. Хлібопекарські властивості зерна сортів пшениці озимої залежно від видів, норм і строків застосування азотних добрив. *Вісник Дніпропетровського ДАЕУ*. 2007. № 2. С. 39-41.

247. Лях Н. М. Влияние длительного применения минеральных удобрений на физико-химические свойства чернозема выщелоченного. *Агрoхімія і ґрунтознавство*. Харків, 2018. Книга перша. Ґрунтознавство. С. 147-148.

248. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів : монографія. Київ : Аграрна наука, 2008. 308 с.

249. Мазур Г. А. Роль гумусу в родючості та відтворення його вмісту. *Вісник аграрної науки*. 2000. Спец. Вип. С. 12-16.

250. Мазур Г. А., Григора Т. І., Ткаченко М. А., Кондратюк І. М. Гумусний стан сірого лісового ґрунту залежного від хімічної мінералізації та системи удобрення. *Зб. наук. пр. ННЦ. "Інститут землеробства УААН"*. 2009. Вип. 1-2. С. 3-8.

251. Макаренко Н. А. Моніторинг важких металів. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських угідь. Київ : Фітосоціоцентр, 2002. С. 32-33.

252. Мазур Г. А. Продуктивність агроценозу як функція рівня відтворення родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 12. С. 75-76.

253. Макарова Г. А., Троїцький М. О., Попова М. М. Деградація ґрунтів Миколаївської області: причини виникнення і сучасний стан. *Наукові праці: науково-методичний журнал*. Екологія. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. Вип. 119, Т. 132. С. 74-79.

254. Макарчук В. М. Продуктивність соняшнику за різних способів обробітку ґрунту в сівозміні на зрошенні. *Зб. наук. пр. Зрошуване землеробство*. 2011. Вип. 65. С. 94-98.

255. Малиенко А. М. Обработка почвы. Научные основы устойчивого ведения зернового хозяйства. Київ : Урожай, 1989. С. 93-108.

256. Малиновська І. М., Дегодюк С. Е., Ястремська Л. С. Вплив органічного і мінерального удобрення на чисельність та фізіолого-біохімічну

активність мікроорганізмів сірого лісового ґрунту. *Проблеми екологічної біотехнології*. 2017. № 2. Режим доступу: <http://ecobio.nau.cdu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/12194/16294>.

257. Малієнко А. М., Борис Н. Є., Буслаєва Н. Г. Питання методики польових дослідів у землеробстві та рослинництві. *Землеробство*. 2018. Вип. 1. С. 38-44.

258. Малієнко А. М., Гаврилов С. О. Нульовий обробіток ґрунту - перспективи і шляхи його запровадження в Україні в світі загальних закономірностей розвитку аграрних технологій. *Корми і кормовиробництво*. 2014. Вип. 79. С. 9-15.

259. Малієнко А. М. Соціально-економічні передумови формування агротехнологій в землеробстві України. Київ : УААН, 2001. С. 25-27.

260. Малієнко А. М., Огінський А. М. Концептуально-економічні передумови розвитку землеробства України за ринкових умов. *Вісник аграрної науки*. 1995. № 8. С.10-15.

261. Малієнко А. М., Тараріко Н. М., Городецька С. П., Мазуренко А. В. Особливості кореневого живлення рослин кукурудзи за різних способів обробітку ґрунту. *Зб. наук. праць Ін-ту землеробства УААН*. 2003. Вип. 3. С. 36-39.

262. Малюга Ю. Е. Теоретическое обоснование эффективности азотных удобрений пролонгированного действия в лесном и сельском хозяйстве Украины. Харьков : ЧПИ «Новое слово», 2006. 438 с.

263. Манівчук Ю. В. Екологічні системи аграрного виробництва в Карпатах. Ужгород : Закарпаття, 1996. 271 с.

264. Манушкіна Т. М., Дробсько А. В., Качанова Т. В., Геращенко О. А. Екологічні особливості технології No-till в умовах південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 4. С. 47-53.

265. Манько Ю. П. Методика оцінки адекватності явищ і технологій у землеробстві. *Зб. наук. Пр. Інституту цукрових буряків*. 2007. Вип. 9. С. 26-30.

266. Манько Ю. П., Литвиненко І. В. Вплив технологій на вміст гумусу в чорноземі типовому. *Землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2011. С. 41-45.

267. Манько Ю. П., Цюк О. А., Кротінов О. П., Рожко В. М., Карпенко О. Ю., Вдовиченко В. К., Барановський В. Д., Шертобоева О. В., Коваленко Т. М. Модель системи екологічного землеробства в Лісостепу України. Київ : Аграрна освіта, 2008. 36 с.

268. Марковська О. Е., Малярчук М. П., Малярчук А. С. Забур'яненість посівів і продуктивність сівозмін на зрошенні залежно від співвідношення культур та систем обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 106. С. 230-236.

269. Мартин А. Г., Осипчук С. О., Чумаченко О. М. Природно-сільськогосподарське районування України: монографія Київ : ЦП «Компринт». 2015. 328 с.

270. Мартиненко В. М. Вплив систем удобрення і обробітку чорнозему типового на його родючість та продуктивність короткоротаційної сівзміни: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2017. 20 с.
271. Мартиненко В. М. Врожайність культур і родючість чорнозему типового за рідного удобрення та обробітку. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (1). С. 163-173.
272. Мартинович Л. І., Мартинович Н. Н. Влияние 50-ти летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозема оподзоленного в центральной Лесостепи Правобережья УРСР Сообщение № 1. Влияние систематического применения удобрений на баланс в севообороте. *Агрономия*. 1989. № 1. С. 30-31.
273. Марчук І. У. Проблеми азоту в землеробстві. *Пропозиція*. 2010. № 1. С. 62-68.
274. Марчук І. У., Андрієнко В. О., Яценко Л. А. Вплив норм добрив на вміст поживних елементів у лучно-чорноземному карбонатному ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 7. С. 22-24.
275. Марчук І. У., Яценко Л. А. Форми азотних сполук у лучно-чорноземному карбонатному ґрунті при довгостроковому застосуванні добрив. *Вісник ХДНАУ*. 2001. № 7. С. 35-38.
276. Матвійчук Б. В., Матвійчук Н. Г. Біологічна активність ясно-сірого лісового ґрунту за різних систем удобрення картоплі. *Землеробство*. 2018. 94. С. 15-20.
277. Материнський П. В. Агротехнічне значення зернобобових культур у короткоротаційних сівзмінах. *Корм і кормовиробництво*. 2010 Вип. 67. С. 82-87.
278. Машенко Ю. В., Кулик Г. А., Трикіна Н. М., Малаховська В. О. Урожайність пшениці озимої у сівзмінах степу залежно від системи удобрення та біопрепарату. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 77-83.
279. Медведев В. В. Методология разработки оптимальной модели корнеобитаемого слоя почвы с применением ЭВМ. Плодородие почвы, проблемы, исследование, модели. Тр. Ин-та им. Докучаева. 1985. С. 44-50.
280. Медведев В. В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. Харьков : ПФ Антикава, 2002. 428 с.
281. Медведев В. В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. Москва: Агропромиздат, 1988. 160 с.
282. Медведев В. В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). Харьков: 13-я типография, 2008. 406 с.
283. Медведев В. В. Твердость почв. Харьков: Изд-во КП «Городская типография», 2009. 152 с.
284. Медведев В. В. Физическая деградация черноземов, ее причины, следствия и пути устранения. Успехи почвоведения. Советские почвоведы к

XIII Междунар. конгрессу почвоведов. Гамбург, 1986. Москва : Наука, 1986. С. 23-26.

285. Медведев В. В., Булыгин С. Ю. Физическая характеристика чернозема обыкновенного при отвальной и безотвальной обработках. *Почвоведение*. 1986. № 3. С.45-53.

286. Медведев В. В., Лактионова Т. Н., Донцова Л. В. Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. Харьков: Апостроф, 2011. 224 с.

287. Медведев В. В., Лактионова Т. Н. Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины. Харьков: Изд. «13 типография», 2007. 395 с.

288. Медведев В. В., Лындина Т. Е., Лактионова Т. Н. Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков : Изд-во «13 типография», 2004. 244 с.

289. Медведев В. В., Лындина Т. Е. Эффективность нулевой обработки почвы с применением гербицидов Раундап и Харнес. *Земледелие*. 2000. № 2. С. 32-33.

290. Медведев В. В. Нульовий обробіток ґрунту в Європейських країнах. Харків: ТОВ Едена, 2010. 212 с.

291. Медведев В. В., Булыгин С. О., Булыгина М. Є. Сучасні системи землеробства і проблеми обробітку ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 127-134.

292. Медведев В. В., Лактионова Т. М. Ґрунтово-технологічні вимоги до ґрунтообробних знарядь і ходових систем машино-тракторних агрегатів. Харків: КП «Друкарня №13», 2008. 68 с.

293. Медведев В. В., Лактионова Т. М., Пліско І. В. Закономірності залучення гранулометричних елементів у мікроагрегати в ґрунтах України. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2001. Вип. 61. С. 22-31.

294. Медведев В. В., Пліско І. В., Накісько С. Г., Тітенко Г. В. Деградація ґрунтів у світі, досвід її попередження і подолання. Харків: Стильна типографія, 2018. 168 с.

295. Медведев Е. Б. Поживний режим чорнозему звичайного залежно від способів його обробітку і добрив в умовах північного Степу України. *Агробіологія*. 2019. № 2. С. 21-32.

296. Медведовський О. К, Іваненко П. І., Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.

297. Мельничук Д., Мельников М., Хофман Дж. Та ін. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення: підручник: за ред. Дж. Хофмана, Д. Мельничука, М. Городнього. Київ: Арістей, 2004. 488 с.

298. Мельничук Д. О., Рідей Н. М., Тонха О. Л., Бикова О. Є. Актуальні проблеми стану земель сільськогосподарського призначення в Україні. *Збірник*

наукових праць Подільського ДАТУ. Кам'янець-Подільський, 2007. № 15. С. 13–16.

299. Методика польових досліджень з обробітку ґрунту / А. М. Малієнко, М.В. Коломієць, Ф.Й. Брухаль, М.М. Пташнік, Л.М. Красюк, П.С. Заяць. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 84 с.

300. Мірошніченко М. М., Фатєєв А. І., Самохвалова В. П. та ін. Екологічне нормування та охорона ґрунтів від забруднення в контексті євроінтеграції. Національна екологічна політика в контексті європейської інтеграції України : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 27 жовтня 2010 р.). Київ : Центр екологічної освіти та інформації, 2010. С. 58-62.

301. Минкін М. В. Технологічний проект вирощування двох урожаїв олійних культур на рік на одній площі за зрошення в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 119. С. 61-67.

302. Михальська Л., Швартау В. Застосування амонійного азоту на озимій пшениці в осінній період. *Агроном*. 2023. №3. agronom.com.ua//zastosuvannya-amonijnogo-azotu-na-ozymij-pshenytsi-v-osinnij-period/.

303. Малиновська І. М., Літвінов Д. В. Вплив вирощування у монокультурі на мікробіологічні процеси у кореневій зоні кукурудзи та сої. *Ґрунтознавство*. 2013. Вип. 14. № 1/2. С. 49-60.

304. Малиновська І. М., Гаврилов С. О. Вплив способу обробітку на спрямованість та напруженість мікробіологічних процесів у сірому лісовому ґрунті. *Ґрунтознавство*. 2014. Вип. 15. №1/2. С. 53-62.

305. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях : наук.-практ. реком. / за ред.В. В. Волкогона, Київ, 2015. 248 с.

306. Мікроорганізми і альтернативне землеробство. / В. П. Пати́ка., І. А. Тихонович., І. Д. Філір'єв [та ін.] Київ: Урожай, 1993. 174 с.

307. Мірошник І. А., Цюк. О. А., Фурман В. А., Вдовиченко В. К. Щільність ґрунту і врожайність цукрових буряків. *Науковий вісник НАУ*. 2002. № 47. С. 30-35.

308. Мірошніченко М. М., Гладкіх Е. Ю., Ревтьє-Уварова А. В., Панасенко Е. В., Звонар А. М., Сорочотяга Г. В., Коваленко С. С., Сми́ченко В. М. Дев'ять наближень сучасної системи удобрення сільськогосподарських культур. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. Вип. 87. С. 82-91.

309. Мірошніченко М. М., Носко Б. С., Гладкіх Є. Ю., Панасенко Є. В., Круподеря Ю. О., Арцих Р. С., Гинота Є. В. Агрохімічні прийоми адаптації сільськогосподарських культур до екстремальних погодно-кліматичних умов. *Вісник аграрної науки*. 2016. 3. С. 5-10.

317. Мірошніченко М. М., Христенко А. О., Гладкіх Е. Ю. 50-річна динаміка вмісту рухомих сполук азоту, фосфору і калію в чорноземі опідзоленому за даними стаціонарного польового дослідю. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 8. С. 5-14.

318. Міхновська А. Д. Регулювання біологічних процесів у чорноземах. В кн.: Як зберегти і підвищити родючість чорноземів. за ред. Б. С. Носка і Г. Я. Чесняка. Київ : Урожай, 1984. С. 66-80.

319. Міщенко Ю. Г., Масик І. М. Контроль забур'яненості ґрунту та посівів буряків цукрових післяжнивним сидератом за різних обробітків. *Ukrainian journal of Ecology*. 2017, 7(4). P 517-524.

320. Морозов О. В., Ісаченко С. О., Особливості формування вмісту рухомого фосфору в темно-каштанових залишково слабо- і середньосолонцюватих ґрунтах за різних систем обробітку. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 104. С. 187-195.

321. Мишин И. Ю. Влияние растительных остатков и гумусовых веществ на эффективное плодородие дерново-подзолистых почв в Украине. *Економіка АПК*. 2015. № 12. С. 5-8.

322. Москалевська Ю. П., Патица М. В. Функціональне різноманіття мікробіоти чорнозему типового при вирощуванні буряка цукрового. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. Вип. 85. С. 47-54.

323. Мусатов А. Г., Десятник Л. М., Пінчук З. В. Вплив вологозабезпеченості ценозів озимого тритикале на урожай зерна при вирощуванні в північній підзоні Степу України. *Наукові доповіді НАУ*. 2008. Вип. 3 (10). С. 1-10.

324. Надточий П. П., Мислива Т. М., Вольвач Ф. В. Екологія ґрунту, монографія. Житоир : ПП Рута, 2010, 473 с.

325. Наконечная З. И. Агроэкологическое обоснование удобрений в зерносвекловичных севооборотах Молдавии. Кишинёв : Штиинца, 1988. 374 с.

326. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / за ред.: М. В. Зубець та ін. Київ : Логос, 2004. 776 с.

327. Наукові основи ефективного розвитку землеробства в господарствах України / за ред. В. Ф. Камінського Київ : Едельвейс, 2015. 127 с.

328. Наукові основи систем землеробства / С. П. Танчик, О. А. Цюк, Л. В. Центилю. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 314 с.

329. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / М. В. Присяжнюк, С. І. Мельник, В. А. Жилкін, В. П. Ситник, М. Д. Безуглий, С. А. Балюк, В. В. Медведєв та ін. Мінагрополітики, Центрдержродючість, ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського, НУБіП. 2010. 106 с.

330. Нетис И. Т. Критическая влага для озимой пшеницы. *Зерно*. 2009. №1. С. 41-46.

331. Нікітіна О. В., Василенко О. В. Агроекологічний вплив тривалого застосування добрив на калійний фонд чорнозему опідзоленого. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 335-340.

332. Нікітіна О. В. Зміна калійного стану чорнозему опідзоленого за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні в умовах Правобережного

Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2017. 23 с.

333. Нікіфоренко П. І. Процеси гумусоутворення і гумусний стан ґрунту залежно від системи удобрення в сівозміні. *Землеробство*. 1995. Вип. 70. С. 3-11.

334. Новохацький М., Бондаренко О., Гусар І. Динаміка запасів продуктивної вологи і щільності ґрунту залежно від системи основного обробітку та вирощуваної культури. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства. 2016. Вип.20. С. 335-344.

335. Носко Б. С. Азотний режим ґрунтів і його трансформація в агроecosистемах. Харків : Міськдрук, 2013. 130 с.

336. Носко Б. С. Антропогенна еволюція чорноземів. Харків : КП «Друкарня №16», 2006. 240 с.

337. Носко Б. С., Меркулова Т. А., Юнакова Т. А. Вплив агрохімічного фону чорнозему типового і мінеральних добрив на закономірності використання пшеницею озимою макро- і мікроелементів ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 6. С. 9-12.

338. Носко Б. С., Юнакова Т. А., Копать Н. П., Багаторічна та сезонна динаміка вмісту рухомого фосфору та ступеня його рухомості при різних рівнях інтенсифікації сільськогосподарського використання. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2003. Вип. 64. С. 5-11.

339. Носко Б. С. Сучасні проблеми фосфору в землеробстві і шляхи їх розв'язання. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 6. С. 5-12.

340. Носко Б. С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. Київ : Урожай, 1990. 224 с.

341. Носко Б. С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків : «ФОП Бровін О.В.», 2017. 476 с.

342. Носко Б. С., Чесняк Г. Я. В условиях Украины. *Земледелие*. 1998. № 1. С. 27-28.

343. Нетіс І. Т. Озима пшениця в зоні Степу. Херсон : Айлант, 2004. 95 с.

344. Ожован О. О. Енергетичний потенціал органічної речовини чорноземів південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 257-263.

345. Ожован О. О., Михайлюк В. І. Гумусовий стан автоморфних ґрунтів Північно-Західного Причорномор'я: монографія. Одеса : Інтерпрінт, 2017. 133 с.

346. Олейніков Е. С. Поширення та розвиток основних хвороб пшениці озимої. Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва Харківської області. 2012. № 13. С. 32-34.

347. Оліфір Ю. М., Партика Т. В., Гавришко О. С. Вплив тривалих антропогенних навантажень на динаміку мінеральних форм нітрогену ясно-

сірого лісового поверхневого оглеєного ґрунту під ячменем ярим. *Передгірне та гірське землеробство та тваринництво*. 2020. Вип. 67(1). С.115-127.

348. Ольховський Р. В., Шепіна В. П., Бондарева О. Б. та ін. Науково-обґрунтована система ведення агропромислового виробництва Донеччини / за ред. Р. В. Ольховського. Донецьк: Вид-во КП «Реґіон», 2007. 511 с.

349. Сайко В. Ф., Бойко П. І. Сівозміни у землеробстві України. Київ : Аграрна наука, 2002. 149 с.

350. Орлов О. Енергоємність гумусу як критерій гумусового стану ґрунтів. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2002. Вип. 2 С. 111-115.

351. Орлов О. Л. Гумусовий стан ґрунтів як відображення біогеоценотичного різноманіття. Наукові записки державного природознавчого музею. 2005. Т. 21. С. 183-190.

352. Основи наукових досліджень в агрономії: підруч. (В. О. Ещенко, П.Г. Копитко, В.П. Опримко та ін.; за ред. В. О. Ещенка. Вінниця : ПП ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

353. Павук І. А. Рециркуляція та баланс елементів живлення за альтернативних систем удобрення буряків цукрових. *Вісник аграрної науки*. 2018. С. 79-83.

354. Панас Р. М. Ґрунтознавство: навчальний посібник. Львів. «Новий Світ-200». 2005. 372 с.

355. Панасенко О. С., Усата Р. Ю. Мінливість якісного складу органічної частини лучно-чорноземного ґрунту за різних систем удобрення. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2015. № 2. С. 3–7.

356. Папіш І. Чорноземи на лесових породах Західноукраїнського краю: монографія. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. 326 с.

357. Пархоменко М. М. Продуктивність короткоротаційних сівозмін за різних систем удобрення в умовах Полісся. *Агрохімія і ґрунтознавство (специвипуск)*. 2018. Кн. 2. С. 203-204.

358. Пати́ка В. П. Мікроорганізми і врожай. Оптимізації структури агроландшафтів і раціональне використання ґрунтових ресурсів. Київ : ДІА, 2000. С. 26-27.

359. Пати́ка В. П., Омелянець Т. Г., Гриник І. В., Петриченко В. Ф. Екологія мікроорганізмів. Київ: Основа, 2007. 192 с.

360. Пахомова Л. М. Регуляція метаболізму и продуктивности сахарной свеклы оптимизацией минерального питания. В кн.: Современные проблемы физиологии и биохимии сахарной свеклы. Киев : Наук. думка, под общей редак. Гродзинского Д. М. 1981. С. 150-153.

361. Періодична доповідь про стан родючості ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України: за результатами 9 туру (2006-2010 роки) агрохімічного обстеження земель / за ред. І. П. Яцука. Київ ТОВ «ВИК-ПРИНТ», 2015. 120 с.

362. Петриченко В. Ф., Колісник С. І., Панасюк О. Я та інші. Вплив нульового обробітку ґрунту на його фізичні властивості в Правобережному Лісостепу України. *Агробіологія*. 2013. № 11. С. 183-187.
363. Петриченко В. Ф. Удобрение соломой. *Зерно*. 2006. Июнь. С. 66-69.
364. Петриченко В. Ф., Колісник С. І., Кобак С.Я. та ін. Оцінка технологічних прийомів вирощування сої в умовах правобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2013. Спецвипуск. С. 57-62.
365. Петриченко В. Ф., Колісник С. І., Панасюк О. Я., Єрмолаєв М. М. Продуктивність кукурудзи залежно від глибини оранки на різних системах удобрення в Лісостепу України. *Зб. наук. пр. ВНАУ*. 2012. № 63. Вип. 4. С. 3-8.
366. Петрова О. Г. Вміст гумусу в ґрунті на початку і в кінці ротації сівозміни. Цукрові буряки. 2004. № 6. С. 6-7.
367. Писаренко В. М., Писаренко П. В. Органічні добрива на захисті родючості ґрунту: монографія. за ред. Писаренка В. М. Полтва, 2022. 156 с.
368. Писаренко В. М., Писаренко П. В., Піщаленко М. А., Мельничук В. В., Євстаф'єва В. О. Агротехнічні заходи по раціональному використанню вологи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 3. С. 80-89.
369. Писаренко П. В., Мішукова Л. С. Сумарне водоспоживання та випаровування пшениці озимої в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2010. Вип. 54. С. 150-155.
370. Піковська О. В. Щільність ґрунту за різних систем його обробітку. *Пропозиція*. 2017. № 8. Propozitsiya.com/ua/shchilnilt-gruntn-za-riznyh-system-yogo-obrobitku.
371. Піковська О. В., Вітвіцька О. І. Вплив застосування соломи на показники родючості чорнозему типового. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Серія: Агрономія*. 2016. Вип. 235. С. 160-166.
372. Пінківський Г. В., Мащенко Ю. В., Танчик С. П. Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. 107. С. 145-150.
373. Пліско І. В., Куцова К. М. Неоднорідність умісту сполук азоту в деяких орних ґрунтах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 1. С. 5-13.
374. Погромська Я. Залежність урожайності культур від способу обробітку ґрунту в умовах Східного Степу України. *SuperAgronom*. 2019. № 2. Superagronom.com/blog/461-zalejnist-urojajnosti-kultur-vid-sposobu-obrobitku-gruntu-v-umovah-shidnogo-stepu-Ukrauini-doslidjennya.
375. Полупан М. І. Теоретичні основи нагромадження гумусу в природних його еволюція та управління ним в агроценозах. *Вісник аграрної науки*. 1997. № 9. С. 21-26.
376. Полупан М. І., Соловей В. Б., Кисіль В. І. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України. К.: Колобід, 2005. 303 с.

377. Полупан Н. И., Чесняк Г. Я. Динамика содержание гумуса и его состав. Почвы Украины и повышение их плодородия. Київ : Урожай, 1988. С. 94-103.

378. Польовий В. М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві. Рівне : Волинські обереги, 2007. 319 с.

379. Польовий В. М., Ященко Л. А., Ровна Г. Ф., Колесник Т. М. Вплив удобрення та вапнування на баланс і вміст форм калію в дерново-підзолистому ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 7. С. 22-28.

380. Польовий В. М., Фурманець М. Г., Сніжок О. В. Вплив обробітку ґрунту та побічної продукції на врожайність пшениці озимої в умовах західного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 3. С. 28-34.

381. Польовий В. М., Фурманець М. Г., Сніжок О. В., Колесник Т. М. Ефективність мінімізації обробітку ґрунту і застосування побічної продукції під ячмінь ярий в умовах західного Лісостепу. *Вісник НУВГіП*. 2023. Ч. 101. С. 223-224.

382. Польовий В. М., Шевчук О. В. Вміст мінерального азоту в ґрунті та продуктивність буряків цукрових залежно від систем удобрення. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агронімія і біологія»*. 2013. Вип. 11 (26). С. 218-221.

383. Попірний М. А., Сябрук О. П., Акімова Р. В., Шевченко М. В. Новітні інтегровані методи дослідження стабілізації органічного вуглецю за різного обробітку ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. № 90. С. 13-28.

384. Примак І. Д., Купчик В. І., Колесник Т. В. Зміна агрохімічних показників чорнозему типового за різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення в Центральному Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної організації*. 2012. № 3. С. 26-31.

385. Примак І. Д., Панченко О. Б. Зміна сегетального компоненту спеціалізованої зернопросапної сівозміни за різних систем основного обробітку ґрунту в Центральному Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського Національного Університету садівництва*. 2015: Вип. 87 (1). С.164-170.

386. Примак І. Д., Панченко О. Б., Войтовик М. В., Левандовська С. М., Панченко І. А. Вплив систем основного обробітку і удобрення на вміст в ґрунті доступних для рослини елементів живлення і продуктивність польової сівозміни в Правобережному Лісостепу України. *Агробіологія*. 2017. №2. (135). С. 16-24.

387. Примак І. Д., Панченко О. Б., Войтовик М. В., Ображній С. В., Панченко І. А. Баланс гумусу в короткоротаційній сівозміні Правобережного Лісостепу України залежно від системи удобрення чорнозему типового. *Агробіологія*. 2020. № 1. С. 151-159.

388. Примак І. Д., Панченко О. Б., Панченко І. А. Ферментивна активність ґрунту за різних систем основного обробітку і удобрення культур короткоротаційної сівозміни в Правобережному Лісостепу України. *Аграрна*

наука та освіта в умовах Євроінтеграції: зб. наук. праць. міжнар. науково-практ. конф. Кам'янець-Подільський, 2018. С. 183-185.

389. Примак І. Д., Панченко О. Б. Структурний стан і будова орного шару чорнозему типового за різних систем основного обробітку і удобрення в спеціалізованій зернопросапній сівозміні центрального Лісостепу України.

Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2016. № 1-2. С. 12-17.

390. Примак О. І. Еволюція формування системи органічного удобрення в Україні. *Вісник Степу : наук. зб.* Вип. 7. Кіровоград : КОД, 2010. С. 16-21.

391. Примак І. Д., Левандовська С. М., Панченко О. Б., Панченко І. А., Вайтовик М. В., Карпенко В. Г., Мартинник І. В. Біологічна активність чорнозему типового за різних систем основного обробітку та удобрення культур короткоротаційної сівозміни. *Агробіологія*. 2019. № 2. С. 43-58.

392. Примак І. Д., Боканча А. П. Зміна агрофізичних властивостей ґрунту і продуктивності плодозмінної сівозміни залежно від систем основного обробітку в центральному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Атлант, 2009. Вип. 65. С. 37-46.

393. Проваторов Г. В., Проваторова В. О. Годівля сільськогосподарських тварин. Суми: Університетська книга, 2004. 510 с.

394. Прокопчук І. В. Ефективність вапнування чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу України за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні : автореф. дис. ... канд.с.-г. наук : 06.01.04. Харків, 2003. 19 с.

395. Просунко В. М., Космік Н. М. Методика прогнозування температури повітря і кількості опадів. *Меліорація і водне господарство*. 2009. Вип. 97. С. 261-271.

396. Прянишников Д. М. Избранные сочинения в 3 т. Москва: Сельхозгиз, 1952. Т.1: Агрохимия. 691 с.

397. Пташнік М. М., Дудник С. В., Брухаль Ф. Й., Борис Н. Е. Контролювання сегетальної рослинності за адаптивних систем обробітку ґрунту у зоні Лісостепу України. *Землеробство та рослинництво; теорія і практика*. 2021. Вип. 1. С. 38-42.

398. Порівняльна оцінка оранки та чизельного обробітку ґрунту під ячмінь ярий / В. С. Зуза, С. Ю. Щекера, Р. А. Гутянський, К. М. Попова // *Вісник ХНАУ. Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2016. № 2. С. 93-104.

399. Разводовський А. М. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві. Київ : Урожай, 1990. 176 с.

400. Ратошнюк В. І., Висновська О. В., Маркіна О. В. Агробіологічна оцінка бінарних ценозів у змішаних посівах люпину вузьколистого та ячменю ярого в умовах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 10. С. 12-18.

401. Ратошнюк Т. М., Ратошнюк В. І., Мартинюк М. А. Еколого–економічні проблеми раціонального сільськогосподарського землекористування. *Стратегія розвитку України. Економіка, Соціологія, Право*. 2012. № 1. С. 211-216.

402. Ревтьє-Уварова А. В., Доценко О. В., Ніконенко В. М., Сліденко О. І. Міграція нітратного азоту за внесення азотних добрив у виробничих посівах кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 9. С. 14-25.
403. Ревут І. Б. Фізика почв. Ленінград : Колос, 1972. 366 с.
404. Резніченко В. П., Ковальов М. М. Забезпеченість азотом гумусного горизонту чорноземів типового та звичайного в умовах північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. 107. С. 303-311.
405. Ресурсозберігаючі технології механічного обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України / І. Д. Примак, В. О. Ещенко, Ю. П. Манько та ін. за ред. І. Д. Примака. Київ : КаВІЦ, 2007. 272 с.
406. Ретьман С. В. Плямистості пшениці в Лісостепу України й концептуальні основи захисту: автореф. дис. ...д-ра с.-г. наук: спец. 06.01.11 «Фітопатологія». Київ, 2009. 43 с.
407. Рибак М. В., Маційчук В. М., Янішевський Л. І., Крушинський О. П. Рівень мінерального живлення і вміст важких металів у льону – довгунцю. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2007. Вип. 3-4. С. 55-59.
408. Родючість ґрунтів: моніторинг та управління / [В. В. Медведєв, Г. Я. Чесняк, М. . Полупан та ін.]; за ред. В. В. Медведєва. Київ : Урожай, 1992. 248 с.
409. Ротмистров В. Корневая система. Харків : Книжное изд-во, 1927. 64 с.
410. Рубін С. С., Михаловський А. Г., Ступаков В. П. Землеробство. Київ : Вища школа, 1980. 464 с.
411. Саблук В. Т., Шендрік Р. Я., Запольська Н. М. Прогноз розвитку хвороб цукрових. *Цукрові буряки*. 2003. № 2. (32). 15.
412. Сайко В. Ф. Землеробство на шляху до ринку. Київ : Ін-т землеробства УААН, 1997. 48 с.
413. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. К. : ВД : «ЕКМО», 2007. 44 с.
414. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Мінімальний та нульовий обробітки ґрунту, стан і перспективи їх запроваджень в Україні. Посібник українського хлібороба. Науково-виробничий щорічник. Київ : Урожай, 2009. С. 178-188.
415. Сальніков С. М. Зміна родючості ґрунту та продуктивність буряків цукрових за різних систем землеробства в Правобережному Лісостепу України : автореф. дис. ...канд. с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2016. 11 с.
416. Саюк О. А., Плотницька Н. М., Павлюк І. О., Ткачук В. П. Вплив способів основного обробітку ґрунту та систем удобрення на урожайність пшениці озимої. *Вісник ПДАА*. 2018. № 4. С. 81–84.
417. Свиридов А. М., Колос М. О., Свиридова Л. А. Вплив технологій обробітку ґрунту та забур'яненості провідних зернових культур в північному степу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 2. С. 115-118.

418. Стаціонарні польові досліді України. Київ : Аграрна наука, 2014. 146 с.
419. Сасенко М. П. Вплив різних систем удобрення на продуктивність сільськогосподарських культур, динаміку гумусу у ґрунтах степового Криму. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 3. С. 19-21.
420. Скурська Н. М. Відтворення земельно-ресурсного потенціалу аграрного виробництва. // Відтворення та ефективне використання ресурсного потенціалу АПК (теоретичні і практичні аспекти) : кол. монографія / Відповід. Ред. В. М. Трегобчук. Київ : ІЕ НАН України, 2003. 259 с.
421. Савчук О. І., Мельничук А. О., Єрмолаєв М. М. Баланс азоту в сівозмінах на дерново-підзолистому сушіщаному ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 11. С. 20-24.
422. Сенкевич. Г. І. Чисті посіви. Як розробити свою систему захисту від бур'янів. *Захист рослин*. 2001. № 6. 8 с.
423. Сенченко Н. К. Функціональна діагностика як інструмент оптимізації мінерального живлення рослин. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2015. Вип. 9 (30). С. 136-141.
424. Сергієнко В. Ріст регулюючий захисний ефект гумінових речовин. Агробізнес сьогодні. 2013. Agro-business.com.ua/ahramni-Kultury/item/320-ristrehulininchuyi-ta-za-khysnyi-efekt-hyminovykh-rechovyn.html.
425. Системи землеробства історія їх розвитку і наукові основи / І. Д. Примак, В. А. Вергунов, В. Г. Рошко та ін.; за ред. І. Д. Примака. Біла Церква, 2004. 528 с.
426. Сівозміни – основа інтенсифікації землеробства / [за ред. О. Собка]. Київ : Урожай, 1985. 294 с.
427. Сінченко В. М. Ефективність сучасного землеробства на основі його енергетичного базису. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 11. С. 14-17.
428. Скрильник Е. В., Кутова А. М., Гетманенко В. А. Зміни органічної речовини чорноземів під впливом тривалого сільськогосподарського використання. *Посібник українського хлібороба*. 2016. Т. 1. С. 121-123.
429. Скрильник Е. В., Кутова А. М., Гетманенко В. А. та ін. Вплив систем удобрення на органічну речовину та агрохімічні показники чорнозему типового. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. № 88. С. 74-78.
430. Скрипник Е. В., Кутова А. М., Гетманенко В. А., Герасименко Я. О. Вплив різних систем удобрення на кількість і якісний склад гумусу дерново-підзолистого ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 8. С. 14-19.
431. Слободян О. М. Ріст і формування продуктивності культур та якості продукції зерно-буякової сівозміни при застосуванні розрахункових норм добрив у південно-західній частині Лісостепу України : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.04. «Агрохімія». Київ. 1995. 48 с.
432. Смага І. С. Оцінка продуктивності зерно-просапних сівозмін за різної насиченості кукурудзою та цукровим буряком. Актуальні проблеми

грунтознавства, землеробства та агрохімії : Матеріали міжнарод. наук.-практ. Інтернет-конф., присвяч. 95-річчю утворення кафедри ґрунтознавства, землеробства та агрохімії ЛНАУ та Міжнародному Дню агрохіміка (9-13 червня 2014 р., м. Львів). Львів, 2014. С. 145-153.

433. Смага І. С. Структурно-агрегатний склад бурувато-підзолистих оглеєних ґрунтів Передкарпаття різного використання. Ґрунтознавство, 2008. Т. 9, № 1-2. С. 119-123.

434. Соколов Н. О. Общее земледелие. Москва : Сельхозгиз, 1935. 665 с.

435. Соколовский А. Н. Вопросы глубины вспашки в свете агрохимического почвоведения. Почвоведение и агрохимия. Київ : Урожай, 1971. С. 160-225.

436. Соколовский А. Н. Структура почв и её сельскохозяйственная ценность. Избранные труды. Київ : Урожай, 1971. С. 166-178.

437. Сологуб Ю. І. Продуктивність сівозмін за умов альтернативного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 1999. №8. С. 81-82.

438. Сологуб Ю. Альтернативне землеробство: досвід і проблеми. *Захист рослин*. 1999. № 9. С. 10-11.

439. Справочник по качеству зерна под ред. Г. П. Жемелы. Киев : Урожай, 1988. 216 с.

440. Станков Н. З. Корневая система полевых культур. Москва : Колос, 1964. 280 с.

441. Старчевський І. П. Біологізація землеробства: мода чи потреба? *Захист рослин*. 1999. № 12. С. 4-5.

442. Стратійчук Н. В., Корнієнко В. О. Оцінка сталого використання природних ресурсів на території Херсонської області. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 119. С. 272-280.

443. Серединський С. М., Брошак І. С. Сидерати та їх застосування. *Агрокологічний журнал*. 2007. №4. С. 72-74.

444. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур/ [В. Ф. Камінський, В. Ф. Сайка, І. П. Шевченко та ін.]. Київ : ВП «Едельвейс», 2012. 195 с.

445. Танчик С. П., Бабенко А. І. Протибур'янова ефективність систем основного обробітку ґрунту за вирощування соняшнику. *Науковий вісник НУБіП України. Серія Агрономія*. 2018. 294. с. 67-74. .

446. Танчик С. П., Косолап М. П. Забур'яненість озимої пшениці залежно від системи обробітку ґрунту та попередників. Проблеми бур'янів і шляхи зниження забур'яненості орних земель 4 – та науково-теоретична конференція Українське наукове товариство гербологів. Київ : Колообіг. 2004. С. 205-212.

447. Танчик С. П., Миколенко Я. Ефективність контролю бур'янів у посівах кукурудзи за різних систем основного обробітку ґрунту в Правобережному Лісостепу України. *Вісник Полтавської академії аграрних наук*. 2016. № 4. С. 20-23.

448. Танчик С. П., Одарченко О. М. Вплив “нульового” і традиційного обробітку ґрунту на кількість дощових черв’яків у посівах ячменю ярого Правобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної академії*. 2016. № 3. С. 25-17.

449. Танчик С. П., Ямковий В. Ю. Вплив систем основного обробітку ґрунту на структурно-агрегатний стан ґрунту та продуктивність озимої пшениці в Лісостепу України. Наукові доповіді НУБіП України. 2009. 2 (14). URL : <http://www.nbup.gov.ua/e-journals/Nd/2009-2/09tspou.pdf>.

450. Танчик С. П., Бабенко А. І. Водний режим ґрунту та методи його регулювання. *Пропозиція*, 2021. №5. propozitsiya.com/ua/vodniy-rezhim-gruntu-ta-metodi-yogo-regulyuvannya.

451. Танчик С. П., Манько Ю. П. Ефективність систем екологічного землеробства в Лісостепу України. *Агробіологія*. 2017. № 2. С. 30-38.

452. Танчик С. П., Центило Л. В., Цюк О. А. Вплив удобрення та обробітку ґрунту на врожайність культур сівозміни. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 7. С. 11-16.

453. Танчик С. П., Федішин М. М. Забур’яненість ланки польової сівозміни за різних систем землеробства. *Наук. праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 20. С. 110-115.

454. Тараненко О. В., Чайка Т. О., Тюпка Я. М. Агроекономічна ефективність різних способів основного обробітку ґрунту на посівах кукурудзи. *Вісник ПДАА*. 2019. № 4. С. 66-72.

455. Тараненко А. О., Кулик М. І., Тараненко С. В., Галицька М. А. Вплив способу вирощування проса прутоподібного на динаміку органічної речовини у ґрунті та врожайність біомаси. *Вісник ПДАА*. 2020. № 3. С. 135-149.

456. Тараріко Ю. А. Формирование устойчивых агроэкосистем. Київ : ДИА, 2007. 560 с.

457. Тараріко О. Г. Охорона родючості ґрунтів у контексті продовольчої безпеки. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 2. С. 5-9.

458. Тараріко О. Г., Сиротенко О. В., Ільєнко Т. В. [та ін.] Збалансоване управління природно-ресурсним потенціалом агросфери України за принципами Конвенції РІО. *Агроєкологічний журнал*. 2015. №1. С. 21-36.

459. Тараріко О. Ю., Несмашна О. Ю., Бердніков О. М., Глущенко Л. Д., Личук І. І., Кузьменко Ю. І., Величко В. А., Жилкін В. А., Андрійченко О. А., Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва. Київ : *Аграрна наука*. 2005. 200 с.

460. Тараріко Ю. О., Несмачна О. Е., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур. Методичні рекомендації: Київ : Нара-прінт, 2001. 60 с.

461. Еволюція систем землеробства в Україні : монографія / І. Д. Примак, О. А. Цюк, І. В. Мартинюк, Л. М. Філіпова, Н. М. Присяжнюк, Ю. В.

Федорук, Л. М. Карпенко, Д. В. Літвінов. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2022. 524 с.

462. Теорія і практика ґрунтоохоронного моніторингу. За ред. М. М. Мірошниченка. Харків : О. В. Бровін, 2016. 384 с.

463. Тисдейл Д. Р., Брандсеттер Л. О., Калегори А. и др. Покрывные культуры и управление сорняками. No-till – постепенная революция. Сборник докладов VI конференции NT-SA. 2008. С. 89-104.

464. Тихоненко Д. Г., Дехтерьев В. В., Крохін С. В. та ін. Практикум з ґрунтознавства. за ред. Д. Г. Тихоненка, і В. В. Дегтерьова. Вінниця : Нова Книга, 2008. 448 с.

465. Тищенко М. В., Смірних В. М., Філоненко С. В., Лященко В. В. Ураження рослин пшениці озимої кореневими гнилями залежно від агротехнічних заходів. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. №2. С. 70-77.

466. Ткаченко М. А., Задубинна Є. В., Цюк О. А., Кондратюк І. М., Моніторинг забур'яненості посівів сої у короткоротаційній сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 7. С. 29-35.

467. Ткаченко М. А., Драч Ю. О. Видове генотипове співвідношення елементів живлення як основа оптимізації удобрення сільськогосподарських культур. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН»*, 2016. Вип. 1. С. 113-123.

468. Ткаченко М. А., Літвінов Д. В. Продуктивність типових сівозмін Лісостепу залежно від інтенсивності агрохімічного навантаження. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. № 22. С. 100-106.

469. Ткачук В. П., Саюк О. А., Плотницька Н. М., Гурманчук О. В., Павлюк І. О. Вплив способів основного обробітку ґрунту та систем удобрення на забур'яненість посівів польових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2008. № 1. С. 70-73.

470. Тонкаль Е. А., Шиманская Н. К. Удобрение улучшают качество свеклы. *Сахарная свекла*. 1981. №10. С. 35-36.

471. Торліна О. М. Вплив короткоротаційних сівозмін і системи удобрення на забур'яненість посівів буряків цукрових. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 6. С. 68-71.

472. Трансформація гумусу при різних системах землеробства [І. С. Шкаредний, І. В. Глущенко, М. О. Кісілевська та ін.]. Система землеробства у буряківництві. Київ : Аграрна наука. 1997. С. 171-178.

473. Трансформація органічної речовини ґрунтів Полісся і Лісостепу при застосуванні добрив. /Дегодюк Е. Г., Нікофоренко Л. І., Дегодюк С. Е. та ін. *Землеробство*. 2023. № 75. С. 3-9.

474. Трофимова Т. А. Обработка черноземов: анализ и перспективы развития. Saarbrucken, Germany : LAP Lambert Academic Publishing, 2014. 311 с.

475. Трус О. М. Зміна фракційно-грунтового складу і вміст рухомих форм гумусу в чорноземі опідзоленому під впливом удобрення. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. № 1. (58). С. 159-166.

476. Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л. Основи управління родючістю ґрунтів : монографія / за ред. Р. С. Трускавецького. Харків : ФОП Бровін О. В., 2016. 388 с.

477. Турчина К. П. Ступінь рухомості калію та калійний потенціал дерново-глейових карбонатних ґрунтів. *Вісник Національного університету водного господарства*. 2012. Вип. 2(58). С. 107-113.

478. Ушкаренко В.А., Ушкаренко Т. П., Петрова К. В., Сбережение энергетических затрат в условиях интенсивного использования орошаемых земель Юга Украины. Сб. науч. трудов. Херсон, 1989. С. 57-63.

479. Федоренко В. П., Ретьман С. В. Чотири основоположних принципи. *Захист і карантин рослин*. 2004. №1. С. 3-5.

480. Филон И. И., Шеларь И, А. Влияния сельскохозяйственного освоения и длительного применения удобрений на гумусное состояние темно-серых лесных почв. *Агрехимия*. 2000. № 1. С. 16-21.

481. Фисюнов А. В. Почвозащитная система земледелия в борьбе с сорняками на Украине. *Земледелия*. 1982. № 11. С. 8-11.

482. Філоненко С. В., Тищенко М. В. Урожайність пшениці озимої в короткоротаційній просапній сівозміні залежно від удобрення й основного обробітку ґрунту. *Вісник ПДАА*. 2020. № 3. С. 61-69.

483. Фурманець М. Г., Фурманець Ю. С., Фурманець І. Ю. Вплив системи обробітку ґрунту та удобрення на запаси продуктивної вологи під агрофітоценозами у сівозміні. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 176-182.

484. Хаєцька О. П. Вплив складових організаційно-економічного механізму на ефективність функціонування цукробурякового виробництва. Ефективна економіка. Вінниця, 2014. № 12. economy.nayka.com.ua/index.php/sveta4.2021.03.2014/pdf/12_2020/6?Op=1.z=3644.

485. Ходаківська О. В., Корчинська С. Г., Матвієнко А. П. Еколого-економічні аспекти відтворення родючості ґрунтів. *Землеробство*. 2017. № 1. С. 16-22.

486. Харченко О. В., Міщенко Ю. Г., Масик І. М., Прасол В. І., Давиденко Г.А. Агроекономічне та екологічне оцінювання сівозміни: наукове видання / за ред. Харченка О. В., Міщенка Ю. Г. Суми : Мрія. 2015. 70 с.

487. Хорішко А. І. Озима пшениця у сівозмінах Придніпров'я. Дніпропетровськ: ЗАТ Поліграфіст, 1997. 134 с.

488. Христенко А. О. Теоретичні проблеми методології балансового оцінювання кругообігу макроелементів живлення в системі «добриво-ґрунт-рослина». *Агрехімія і ґрунтознавство*. 2020. 90. С. 47-56.

489. Христенко А. А. К вопросу о плодородии черноземных почв. *Агрехімія і ґрунтознавство*. 2010. Спеціальний випуск. Книга 3. С. 292-294.

490. Цапко Ю. Л., Іванова В. І., Андрійченко О. А. Зміни якісного складу гумусу чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу під впливом різних систем добрив. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 1992. Вип. 52. С. 12-15.
491. Цвей Я. П., Левченко Л. М., Тищенко М. В. Формування родючості чорнозему слабосолонцюватого за довготривалої системи удобрення і обробітку ґрунту в короткоротаційній сівозміні. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. Вип. 28. С. 20-28.
492. Цвей Я. П., Мазур Г. М. Особливості впливу системи удобрення цукрових буряків на фоні обмінного калію чорнозему вилугуваного. *Агроекологічний журнал*. 2001. № 1. С. 55-57.
493. Цвей Я. П., Тищенко М. В., Філоненко С. В., Лященко В. В. Ураження цукрових буряків церкоспородом у короткоротаційній плодозмінній сівозміні за різних доз добрив під культуру. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. №2. С. 35-39.
494. Цвей Я. П., Торліна О. М., Воронюк Н. М. Агрохімічні показники чорнозему залежно від системи удобрення буряків цукрових і ланок сівозмін. *Вісник аграрної науки*. 2016. №1. С. 23-26.
495. Цвей Я. П., Шиманська Н. К. Баланс азоту у сівозміні. *Вісник аграрної науки*. 2004. №12. С. 14-17.
496. Цвей Я. П. Уміст мінерального азоту і його міграція у чорноземних ґрунтах залежно від системи удобрення цукрових буряків. *Вісник аграрної науки*. 2005. №2. С. 14-17.
497. Цвей Я. П., Бондар С. О., Кісілевська М. О. Склад гумусу чорноземів залежно від системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах. *Вісник аграрної науки*. 2016 №9. С. 5-9.
498. Цвей Я. П., Бондар С. О., Семчук С. М. Формування родючості чорнозему в сівозмінах Лісостепу. Матер. Міжнар. н.-практ. конфер. 7–8 червня 2018 р. «Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення». Житомир: Рута, 2018. С. 267–271.
499. Цвей Я. П., Бондарь С. А. Агрохимическое состояние чернозема в зависимости от системы удобрения сахарной свеклы. *Збалансоване природокористування*. 2017. №2. С. 37-42.
500. Цвей Я. П., Горобець А.М. Продуктивність короткоротаційних сівозмін в Лісостепу України. *Цукрові буряки*, 2006, №6.с. 10-11.
501. Цвей Я. П., Іваніна В. В., Петрова О. Т., Добовий Ю. П. Вплив тривалого внесення добрив на калійний режим чорнозему типового в різноротаційних сівозмінах. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 4. С. 17-20.
502. Цвей Я. П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін : монографія. Київ : ЦП «Компринт», 2014. 415 с.
503. Цвей Я. П., Іваніна Р. В., Сенчук С. М. Вплив мінеральних добрив і попередників на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої. *Зернові культури*. 2019. Т. 3.2. С. 35–311.

504. Цвей Я. П., Мазур Г. А., Шиманська Н. К., Іваніна В. В. Вплив системи удобрення цукрових буряків на вміст мінерального азоту в чорноземі вилугуваному. *Вісник Білоцерківського ДАУ*. 2001. Вип.15. С. 158-162.

505. Цвей Я. П., Мазур Г. М. Особливості впливу системи удобрення цукрових буряків на фонд обмінного калію чорнозему вилугуваного. *Агроекологічний журнал*. 2001. № 1. С. 55-57.

506. Цвей Я. П., Недашківський О. І., Кіселевська М. О. Родючість ґрунту в короткоротаційних сівозмінах Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 10. С. 11-15.

507. Цвей Я. П., Тищенко М. В., Герасименко Ю. П., Філоненко С. В., Ляшенко В. В. Обробіток ґрунту, добрива та продуктивність цукрових буряків. *Вісник ПДАА*. 2018. № 1. С. 42-47.

508. Цвей Я. П., Тищенко М. В., Філоненко С. В. Моніторинг забур'яненості посівів сільськогосподарських культур у ланці зернобурякової сівозміни у виробничих умовах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 23-30.

509. Цвей Я. П., Шиманська Н. К. Гумусовий стан чорнозему в процесі довготривалого застосування добрив. *Агроекологічний журнал*. 2002 № 3 С. 73-75.

510. Центило Л. В. Біологічна активність ґрунту за різних систем удобрення соняшнику то обробітку. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 117-122.

511. Центило Л. В., Цюк О. А. Баланс азоту, фосфору і калію за застосування добрив. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. №5. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_5_22.

512. Центило Л. В., Цюк О. А. Динаміка змін твердості ґрунту залежно від його основного обробітку. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 147-153.

513. Центило Л. В., Цюк О. А., Мельник В. І. Уміст поживних речовин у ґрунті під впливом застосування добрив і обробітку ґрунту. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10. № 3-4. С. 164-169.

514. Центило Л. В. Вплив системи удобрення та обробітку ґрунту на гумусний стан і біологічні процеси чорнозему типового. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. С. 171-177.

515. Центило Л. В. Продуктивність сівозміни залежно від удобрення і обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 3. С. 52-60.

516. Центило Л. В. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від системи удобрення і обробітку ґрунту. *Миронівський вісник*. 2019. № 8. С. 152-162.

517. Центило Л. В., Цюк О. А. Азотний режим чорнозему типового залежно від удобрення і обробітку ґрунту. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11. № 1-2. С. 107-114.

518. Центило Л. В., Цюк О. А., Мельник В. І. Енергетична ефективність

систем удобрення і обробітку ґрунту. *Біоресурси і природокористування*. 2019. № 3-4. Т. 11. С. 91-96.

519. Циков В. С., Матюха Л. П., Ткачів Ю. І. Ефективність засобів знищення бур'янів при вирощуванні кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2010. №7. С. 19-24.

520. Циліорик О. І. Вплив мульчувального обробітку ґрунту на живлення соняшнику. *Агроном*. 2023. № 4. Agronom.com.ua/vplyv-mulchuvального-obrobitku-gruntu-nazhyvlennya-sonyashnykul.

521. Циліорик О. І. Система мульчувального обробітку ґрунту в сівозмінах Північного Степу. Львів-Дніпро : Новий Світ-2000, 2019. 297 с.

522. Циліорик О. І., Горбатенко А. І., Горобець А. Г. Ефективність нульового обробітку ґрунту і прямої сівби при вирощування зернових культур. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН*. 2013. № 5. С. 6-11.

523. Циліорик О. Саморегуляція ґрунтової родючості чорноземів. Інформаційна газета Агробізнес сьогодні, ТОВ "Аграрне видавництво", 27 квітня 2017 року. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/agronomica-sohodni/item/8847-samorehuliatyia-gruntovoi-rodychosti-chornozemiv.html>.

524. Циліорик О., Десятник Л. Продуктивність науково обґрунтованих сівозмін Степу. *Агробізнес сьогодні*: 2016. <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiya-apk/item/1225-produktyvnist-naukovo-obgruntovanykh-sivozmin-stepu.html>.

525. Циліорик О. І. Ефективність мінімального обробітку ґрунту під кукурудзу в умовах північного Степу України. *Вісник Дніпропетровського держ. аграрно-економіч. університету*. 2016. № 200. С. 5-9.

526. Циліорик О. І. Система мульчувального ґрунту в Північному Степу : монографія. Дніпро: Новий Світ-2000, 2019. 298 с.

527. Циліорик О. І., Судак В. М., Шанка В. П. Продуктивність короткоротаційної сівозміни залежно від системи обробітку ґрунту на фоні суцільного мульчування післязливними рештками. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2015 №8. С. 66-72.

528. Циліорик О. І., Шапка В. П. Ефективність безполіцевого обробітку ґрунту за вирощування ячменю ярого в північному Степу. *Вісник ПДАА*. 2014. № 1. С. 25-29.

529. Цимбал Я. С., Бойко П. І., Мартинюк І. В., Пташник М. М. Продуктивність короткоротаційних сівозмін в зоні Лісостепу за різних рівнів інтенсифікації. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 2. С. 23-29.

530. Цюк А. А. Засоренность посевов и урожайность культур зернопропашного севооборота при основной обработке почвы. *Защита растений*. 2016. Вып. 40. С. 125-130.

531. Цюк О. А. Вологозабезпеченість буряків цукрових за різних систем землеробства. *Цукрові буряки*. 2010. № 3 (75). С. 20-22.

532. Цюк О. А. Вплив систем землеробства на вміст гумусу та чисельність мікроорганізмів у чорноземі типовому. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2009. Вип. 72. С. 97-101.
533. Цюк О. А. Вплив систем землеробства на родючість чорнозему типового в Лісостепу. *Збалансоване природокористування*. 2015. № 4. С. 15-21.
534. Цюк О. А. Продуктивність ріллі зерно-просапної сівозміни Лісостепу під впливом екологізації землеробства. *Вісник ХНАУ*. 2008. № 4. С. 75-78.
535. Цюк О. А., Манько Ю. П., Ямковий В. Ю. Зміни агрофізичних властивостей ґрунту залежно від систем землеробства. *Збірник наукових праць ХДАУ*. 2007. Вип. 52. С. 102-108.
536. Цюк О. А., Центило Л. В., Мельник В. І. Структурно-агрегатний склад ґрунту залежно від основного обробітку та удобрення. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10, № 5-6. С. 139-145.
537. Чабан В. І., Коваленко В. Ю., Клявзо С. П. Параметри вмісту гумусу в чорноземі звичайному та прогноз його змін залежно від агровиробничого використання. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. № 38. С. 64-69.
538. Чайка Т. О. Роль мінімального обробітку ґрунту в органічному землеробстві. *Інженерія природокористування*. 2018. № 2 (10). С. 37-44.
539. Чайка Т. О., Яснолоб І. С., Горб О. О., Лотиш І. І., Березницький Е. В. Екологізація систем обробітку ґрунту задля відновлення та підвищення родючості ґрунтів. *Вісник ПДАА*. 2019. № 3. С. 92-102.
540. Чекар О. Ю. Якісні зміни гумусу чорноземів типових під впливом антропогенного фактора. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва: Зб. наук пр.* 2009. № 3. С. 64-68.
541. Чердніченко І. В. Агрофізичні показники чорнозему типового за різних систем удобрення. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2015. № 1. С. 113-117.
542. Чернелівська О. О., Сичук Л. В., Дзюбенко І. М., Наконечний В. С. Продуктивність буряків цукрових залежно від системи удобрення та обробітку ґрунту. *Біоенергетика*. 2019. № 1 (13). С. 24-27.
543. Черно О. Д. Валив тривалого застосування добрив на вміст рухомого калію в чорноземі опідзоленому. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. наук. зб. Спецвипуск*: Харків, 2002. Кн. 3. С. 307-309.
544. Черно О. Д., Стасіневич О. Ю. Вплив тривалого застосування добрив у польовій сівозміні на продуктивність кукурудзи на зерно в умовах Правобережного Лісостепу. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2012. № 1-2. С. 59-63.
545. Черячукін М. І., Григор'єва О. М., Григор'єв М. І., Сумко Т. П. Ефективність добрив і обробітку ґрунту під цукрові буряки в північному Степу України. *Цукрові буряки*. 2011. № 1. С. 12-13.
546. Чесняк Г. Я. Закономірність вмісту гумусу і шляхи забезпечення

його бездефіцитного балансу в чорноземах типових при інтенсифікації землеробства. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 1982. Вип. 43. С. 18-23.

547. Чесняк Г. Я. Культурный почвообразовательный процесс в черноземах типичных Лесостепи Украины: закономерности, управление, прогноз. В. В. Докучаев и современное почвоведение: сб. тр. посвящ. 100-летию кафедры почвоведения. Харьков, 1994. С. 32-37.

548. Чесняк Г. Я. Развитие культурного почвообразовательного процесса в черноземе мощном Лесостепи УССР. Труды Харьковского СХИ. Харьков, 1973. Т. 185. С. 86-94.

549. Чуб М. В. Повышение дозы удобрений и микрофлора. Тр. Харьковского с.-х. института. 1972. Т. 170. С. 130-157.

550. Шевніков Д. М. Вплив мінеральних добрив на поживний режим ґрунту за вирощування пшениці твердої ярої. Вісник ПДАА. 2012. № 2. С. 203-206.

551. Шевченко М. В. Вплив способів обробітку ґрунту та гербіцидів на врожайність просяних культур в Лівобережному Лісостепу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 20. С. 138-142.

552. Шевченко М. В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в польових сівозмінах Лівобережного Лісостепу України: автореф. дис... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Дніпропетровськ, 2015. 26 с.

553. Шевченко М. С., Рибка В. С., Шевченко О. М. та ін. Оптимізація агротехнологічних та економічних аспектів застосування різних систем обробітку ґрунту при вирощування кукурудзи на зерно в Степу. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2011. № 40. С. 3-10.

554. Шепеля М. О. За різних систем землеробства. *Карантин і захист рослин*. 2005. № 7. С. 17-18.

555. Шептухова Л. Г., Придачина Л. Н. Экологические проблемы смытого чернозема выщелоченного в почвозащитном севобороте. *Агрохимический вестник*. 2002. № 5. С. 17-21.

556. Шерстобоева О. В., Дем'янюк О. С. Функціонування мікробних угруповань при використанні на добриво побічної продукції рослинництва. *Збірник наукових праць. Інститут землеробства*. 2003. № 1-2. С. 17-22.

557. Шикітка В. Л., Качмар О. Й., Дубицька А. О., Магоцька Л. В., Щерба М. М. Вплив рівня удобрення і систем основного обробітку ґрунту на елементи його родючості та продуктивність зернової сівозміни в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2007. Вип.49. С. 190-195.

558. Шикітка Н. К., Назаренко Г. В. Минимальная обработка черозёмов и воспроизводство их плодородия. Москва : Агропромиздат, 1990. 320 с.

559. Шикітка М. К. Наукове обґрунтування ґрунтозахисної системи землеробства в Україні. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 9. С. 98-101.

560. Шикуча М. К., Балаєв А. Д., Тонха О. Л. Грунтозахисні енерго-, ресурсо- і вологозберігаючі технології вирощування культур. Умань. *Вісник УДАУ*. 2003. С. 784-791.

561. Шикуча Н. К. Почвозащитная система земледелия. Харьков: Прапор, 1987. 200 с.

562. Шиманська Н. К. Вплив біологічного азоту на продуктивність культур сівозміни. Система землеробства у буряківництві. Київ : Аграрна наука, 1997. С. 135–139.

563. Шиманська Н. К. Вплив добрив на підвищення родючості ґрунту, урожай та якість культур зерно-бурякової сівозміни. Резерви продуктивності сільськогосподарських культур бурякової сівозміни. Київ, 1994. С. 13-22.

564. Шиян П. М. Оптимізація азотного живлення цукрових буряків і його діагностика. Оптимізація азотного живлення при інтенсивних технологіях. Київ : Урожай. 1992. С. 49-61.

565. Шиян П. Н., Бондаренко В.М. Изучение трансформации азота аммиачной селитры в черноземе выщелоченном под сахарной свеклой. *Почвоведение*. 1990. № 11. С. 104-115.

566. Шувар А. М., Беген Л. Л., Тимків М. Ю., Войтович Р. М. Формування врожаю і якості зерна пшениці озимої залежно від строків сівби та рівня живлення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. № 63. С. 161-173.

567. Шувар І.А. Наукові основи підвищення продуктивності сівозмін та родючості ґрунту в традиційному і біологічному землеробстві Західного Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. спец. 06.01.01. «Загальне землеробство». Київ, 2005. 37 с.

568. Шувар І. А., Гнидник В. С., Сендецький В. М. та ін. Поліпшення родючості ґрунтів застосуванням органічних добрив і комплексних гумінових препаратів, виготовлених за новітніми технологіями. Посібник українського хлібороба. 2016. Т. 1. С. 195-201.

569. Шувар І. А., Роїк М. В., Іванишин В. В. та ін. Сидерація в технологіях сучасного землеробства. / за ред. І. А. Шувара, М. В. Роїка. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2016. 182 с.

570. Юркевич Е. Ю., Валентюк Н. О., Албул С. І. Особливості формування структурно-агрегатного складу ґрунту під час вирощування кукурудзи за системи органічного землеробства в Придунайському Степу України. *Аграрні Інновації*. 2020. № 4. С. 79-86.

571. Юркевич Е. О., Коваленко Н. П., Бакума А. В. Агробіологічні основи сівозмін Степу України: монографія. Одеса : Одеське вид. «ВМВ», 2011. 240 с.

572. Якименко А. С. Особенности обработки почвы под озимую пшеницу при интенсивной зональной технологии её выращивания в юго-западной части Лесостепи УССР. Вопросы агротехники и экологии в современном земледелии: сб. науч. тр. Харьков, 1990. С. 43-47.

573. Якименко В. М., Барштейн Л. А., Шкаредний І. С. Вплив умов вирощування сільськогосподарських культур на їх урожайність та використання елементів живлення. *Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків*. 2000. 2 (2). С. 58-65.

574. Яковишина Т. Ф. Екологічний моніторинг: контроль і детоксикація важких металів в ґрунтах урбоекосистем. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2013. 101 с.

575. Ямковий В. Ю. Мінімізація системи основного обробітку ґрунту під пшеницю озиму в Правобережному Лісостепу України: автореф. Дис. ... канд. С.-г. наук. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2010. 20 с.

576. Ярмоленко Е. В., Глушенко М. К., Запасний В. С., Крупко Г. Д., Клименко М. О. Основні шляхи підвищення родючості ґрунтів, завдання та перспективи. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2016. Вип. 1 (73). Серія «Сільськогосподарські науки». С. 39-48.

585. Ясінецька І. А., Кушнірук Т. М., Додуріч В. В. Теоретичні основи еколого-економічного обґрунтування сівозмін та впорядкування угідь. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Ч. 1. С. 207-212.

577. Ященко Л. А. Вплив довготривалого застосування добрив в зерно-буряковій сівозміні на вміст і форми калію в лучно-чорноземному карбонатному ґрунті. *Науковий вісник НАУ*. 2000. № 26. С. 154-157.

578. Ященко Л. А. Агрохімічне обґрунтування підвищення продуктивності цукрових буряків на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.04. Агрохімія. Київ, 2003. 19 с.

579. Ященко Л. А., Осецька А. С. Динаміка сполук фосфору у лучно-чорноземному карбонатному ґрунті за післядії добрив у сівозміні. *Вісник ХНАУ*. 2013. № 2. С. 100-104.

580. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont/[Hendrix P., Mueller B., Bruse R. and others]// *Soil Biology and Biochemistry*. 1992. № 24. P. 1357-1361.

581. Azooz R. H., Lowery B., Daniel T. C. Tillage and residues management influence on corn growth. *Soil & Tillage Research*. 1955. № 33. P. 215-227.

582. Bear D. E. Mechanisms for weed seeds survival. Annual California weed conference. 1985. Vol. 37. P. 50-52.

583. Biberdzic M., Barac S., Lalevic D., Djikic A., Prodanovic D., & Rajcic V., Influence of soil tillage system on soil compaction and winter wheat yield. *Chilean journal of Agricultural Research*. 2020. 80 (1), с. 80-89.

584. Bonny S., La Papo Y. L'agriculture biologique: quelques, elements d'enude de ja viabilite et reproductibilite. *Bull, techn. Information*. 1984. № 386. P. 17-39.

585. Bronick C. J., Lal R. Soil structure and management: A review.

Geoderma. 2015, 124. P. 3-22.

586. Budiman Minasny, Alex B. Mc Bratney. Mechanistic soil-landscape modelling as an approach to developing pedogenetic classifications. *Geoderma*. 2006. Vol. 133. P. 138-149.

587. Cannel R. Q., Hawes j. P. Trends in tillage practice in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil Tillage Research*. 1994. №30. P. 245-282.

588. Capowicz Y., Stephane S., Stephane C., Pierre B., Guy R., Hubert B. Role of earth -worms in regeneration soil structure after compaction in reduced tillage system. *Soil Biology Biochemistry*. 2012. Vol. 55. P. 93-103.

589. Cassel P. K., Raczkowski C. W., Denton H. P. Tillage affect on corn production and soil physical conditions. *Soil Science Society*. 1995. №59. P. 1496-1443.

590. Christtel Andrade Piaz, Hugues Clivot, Ariane Albers, Ezequiel Zamera – Ledezma, Lorie Hanelin. The crop residue conundrum: Maintaining long-term soil organic carbon stocks while reinforcing the bioeconomy, compatible endeavors. *Applied Eergy*. 2023. Vol. 309. 120192. .

591. Claire Chenu, Denis A. Angers, Pierre Barre, Delphine Derrien, Dominique Arrouays, Jerome Balesdent. Increasing organic stoeks in agricultural soils: Knowledge gaps and potential innovations. *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 188. P. 41-52.

592. Creamer N. G., Baldwin K. R. An evaluation of summer cover crops for use in vegetable production system in north Carolina. *Horticulture Science*. 2000. № 35. P. 600-603.

593. Daijing Zhang, Xinru Hao, Zhiyao Fan, Xiao Hu, Jianhui Ma, Yuxin Buo and Lin Wu. Optimizing Tillage and Fertilization Patterns to Improve Soil Physical Properties, NUE and Economic Benefits of Wheat-Maize Crop Rotation Systems. *Agriculture*, 2022, 12(8), 1264.

594. Dar E. A., Singh A. S., Singh K. B. Water use and productivity of drip irrigated wheat under variable climatic and soil moisture regimes in North-West. India. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. 248. P. 9-19.

595. Diaz-Zorita M., Perfect E., Grove J.H. Disruptive_ methods for assessing soil structure. *Soil Tillage Res*. 2002. 64. P. 3-22.

596. Effect of Tillage and Nitrogen Fertilization on Soil Properties and Yield of Five Durum Wheat Germoplasms in a Dry Area of Morocco. Maher H., Moussadek R., Ghanimi A., Zauidi O., Douaik A., Akak H., Amenzon N. and Zouahri A. *App/. Sci*. 2023,13(2), 910.

597. EI Shafee O., Abdoun T., Zeghal M. Centrifuge modeling and analysis of soil etructure interaction under biaxial dynamic excitations. *Geotechnical Special Publication*. 2017. Vol. 281. P. 37-47.

598. Elliott L. F., Papendiick L. Y., Parr J. F. Summary of the organic farming symposium Organic farming current technology and its role in a sustainable agriculture. *ASA special. publ. Madison*. 1984. № 46. P. 187.

599. Emissions of nitrous oxide and nitric oxide associated with the decomposition of arable crop residues on a sandy loam soil in Eastern England / R. Harrison, S. Ellis, R. Cross, O. P. Hodgson. *Agronomic*. 2002. 22. P. 731-738.
600. Ernst G., Emmerling C., Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass and community composition of earth - worms after a ten year period. *European journal soil biology*. 2009. Vol. 45. P. 247-251.
601. Evaluation of the Effect of Conventional and Stabilized Nitrogen Fertilizers on the Nutritional Status of Several Maize Cultivars (*Zea mays* L.) in Critical Growth Stages Using Plant Analysis / Szulc P., Krauklis D., Ambrozy-Deregowska K., Wrobel B., Zielewicz W., Niedbala G., Karsz P., and Niazian M. *Agronomy*. 2023. 13(2). 480.
602. Giles J. F., Cattanach N.R. Effect of Soil compaction on crop response/ Sugar Research and Extension Report 1982. North Dakota State University, 1984. №.13. P. 119-125.
603. Godfray H. Cj. Gamett T. Food security and sustainable intensification. *Philosophical transactions of the Royal Society B: biological science*. 2014. Vol. 369, № 1639. P. 11-10.
604. Guihua Li., Weishui Yu, Fanhua Meng., Jianfeng Zhang and Changai Lu. Pathways and Drivers of Gross N Transformation in Different Soil Types under Long-Term Chemical Fertilizer Treatments. *Agriculture*. 2023. 13(2), 300.
605. Haruna S. I., & Kongolo N. V. Tillage, cover crop and crop rotation effects on selected soil chemical properties. *Sustainability*. 2019. 11(10), 2770.
606. Hebblethwaite j. F., Towery D. Worldwide trends in no-till farming - Competing with the competition. Proceeding Northwest Direct Seed Intensive Cropping Conference - Pasco, WA, USA, jan 7-8, 1998. P. 1-8.
607. Hogxiang Zhao, jihao Qin, Tianping Gao, Nengkun Zhang, Hongchang Sun, Shuwei Zhu, Cailong Xu, Tangynan Ning. Immediate and long-term effects of tillage practices with crop residue on soil water and organic carbon storage changes under a wheat-maize cropping system. *Soil and Tillage Research*. 2022. Vol. 218. 105309.
608. Horn R. Die Vorhersage des Eindrngwiderstades von Boden anhand von multiplen Regressionsanlysen. *Kulturtechn and Fluberlin*. 1984. V. 25. № 6. P. 377-380.
609. Hussain I., Oslon K. R., Siemens J. C. Long-term tillage effects on physical properties of eroded soil. *Soil Science* 1998. Vol. 163 № 12. P. 970-981.
610. Jana Šimečková, Adam Polcar, Anna Hammerova, Jiří Votava, Vojtěch Kumbár. Changes to the physical properties of the soil after the passage of an agricultural tractor. *Agrophys*, 2021, 35 (1). 97-105.
611. Jiazhou Chen, Yangbo He, Ping Li. Effects of tillage alteration on soil water content, maize crop water potential and grain yield under subtropical humid climate conditions. *Agrophys*, 2021, 35 (1). 1-9.

612. Jobran K., Mahajan G., Sardana V. & Chauhan B. S. Allelopathy for weed control in agriculture systems. *Crop Protection*. 2015. № 72. P. 57-65.
613. Karlen D. L., Wollenhaupt N. C., Erbach D. C. et al. Long-term tillage effects of soil quality. *Soil & Tillage Research*. 1994. № 32. P.313-327.
614. Kemper W. D., Nicholas N., Schneider N. N. and Sinclair T. R. No-till can increase earth worm populations and rooting depths. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2011. 66 (1). P. 15-19.
615. Kiryushin V. I. The management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive – landscape farming systems. *Eurasian Soil*. 2019. Vol. 52, Iss. 9. P. 1137-1145.
616. Kishu Wang, Haigang Guo, Lixuan Wang and Dongjuan Cheng. Suitable Tillage Depth Promotes Maize Yields by Changing Soil Physical and Chemical Properties in A 3-Year Experiment in the North China Plain. *Sustainability*, 2022, 14 (22), 15134.
617. Kravchenko Yuriy, Yarosch Anna and Chen Yimin. Profile Soil Carbon and Nitrogen Dynamics in Typical Chernozem under Long-Term Tillage Use. *Land*, MDPI, 2022. 11(8). 1165.
618. Kruz C., Stum D., Varnholt D., Walker F., Gerhards R. Allelopathic effects and weed suppressive ability of cover crops. *Plant, Soil and Environment*. 2016. № 62: P. 60-66.
619. Krzysko-Lupicka T., Krecidlo L., Krecidlo M. The comparison of cellulolytic activity of the modified soil treated with roundup. *Chem didactecol metrol*. 2016. 21. (1-2). P. 133-139.
620. Krzysztof Orzech, Maria Wanic and Dariusz Zaluski. The Effect of Soil Compaction and Different Tillage Systems on the Bulk Density and Moisture Content of Soil and the Yields of Winter Oilseed Rape and Cereals. *Agriculture*, 2021. 11(7). 666.
621. Lal R., Mahboubi A. A., Fausey N. R. Long- term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Science Society*. 1994. 58. P. 517-522.
622. Lawley Y. E., Well R. R., Teasdalej. R. Forage radish cover crop suppresses winter annual weeds in fall and before corn planting. *Agronomy journal*, 2011. № 103. P. 137-144.
623. Lollato R. P., Figueiredo B. M., Phillon J. S., Arnall P. B., Raun W. R. Wheat grain yield and grainnitrogen relationships as affected by N, P, and K fertilization: A. synthesis of long-term experiments. *Field Crops Research*. 2019. Vol. 236. P. 42-57.
624. Machelett, Podlesak W., Gars I. Zur Wirkung des Cadmiumgehaltes in Dungerphosphat auf die Calmium – Konzentration in Boden nud Pflanze in einem langjahrigen Phosphatdungungsversuch. *Archiv fur Acker nud Pflanzenban nud BodenKunde*. 1984. B.28. H 4. S. 247-253.
625. Madara D., & Zinta G. Yield and quality of winter wheat, depending on crop rotation and soil tillage. *Research for rural development*. 2022. Vol. 2. P. 29-35.

626. Maharijan B., Hergert G. W. Composted cattle manure as a nitrogen source for sugar beet production. *Agronomy journal*. 2019. Vol. 111, № 2. P. 917-923.
627. Marlon Correa Pereika, Andre Mundstock Xavier de Carvalho, Victor Hugo Buttros, Moacir Pasqual and Joyce Poria. Phosphorus – Solubilizing Microorganisms: A Key to Sustainable Agriculture. *Agriculture*. 2023, 13(2), 462.
628. Marris N., Miller P., Froud-Williams R. The adoption of a non-inversion tillage system in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment: a review. *Soil Tillage Research*. 2010. Vol. 108. P. 1-15.
629. Medinski T., Freese D., Reitz T. Changes in soil phosphorus balance and phosphorus-use efficiency under long-term fertilization conducted on agriculturally used chernozem in Germany. *Can.j. Soil Sci.* 2018. Vol. 98, Iss. P. 650-662.
630. Mehmeut Emin Bilgili, Yasemin Vurarak and Ali Aybek. Determination of Performance of No-till Seeder and Stubble Cutting Prototype. *Agriculture*. 2023. 13(2), 289.
631. Milford Y. F. J., Armstrong V. J., Jrvis P. J. Effect of potassium fertilizer on the yield, quality and potassium off take of sugar beet crops. Grown on soils of different potassiumstatus. *Agricultural sciences*. 2000. № 1. P. 1-10.
632. Norton J. Ouyang Y. Controls and adaptive management of nitrification in agricultural soils. *Front Microbiol* 2019. Vol. 10. №1931.
633. No-till – шаг к идеальному земледелию / под ред. В. Батурина. Київ : Вид-во «Зерно», ЗАГ «Гроші та світ», 2007. 128 с.
634. No-till spring cereal cropping system reduces wind erosion susceptibility in wheat/fallow region of the Pacific Northwest. Thorne M. E., Young F. L., Pan W. L., et. al. *Journal Soil and Water Conservation Society*. 2003. №58 (5). P. 250-257.
635. Ohtake N., Phiyama T., Suciyoishi K. Effekt of NH_4^+ on NO_3^- absorption and transport in soybean plant. *JAERI. Rev.* 2000. № 24. P. 67-69.
636. Pantera H., Zurawski H. The influence of fertilization with straw on the number of micro – organismus of selected groups and on some chemical properties of light soil. 9 – th Intern. Symp. Soil. Biol. And Consery Biosphere, Sopron: Inst. *Soil Sci.*, 1987. Vol. 1. P. 513-520.
637. Pathways of nitrogen utilization by soil microorganisms-Arewev / D.Geisseler et.al. *Soil Biology Y Biochemistry*. 2010. 08. 021.
638. Patyka M. V., Borko Yu. P., Tsuyk O. A. The features if diversity formation if equatorial complex in sugar best (*Beta vulgaris*) rhizosphere at the application of different agromeasures. *Mikrobiologichngi zhurnal*. 2017. V. 79. 2. P. 86–94.
639. Pecio A. Rola azotu w Ksztalto waniv plonu zboz. Wies` jatra: Producia roslinna. №6-7 (119/120). P.31-32.
640. Photon F. E. Influence of time on soil response to No-Till practices. *Soil Science society*. 2000. V. 64. P. 700-710.

641. Piotr Szulc, Daniel Krauklis, Katarzyna Ambrozy-Deregowska, Barbura Wrobel, Waldemar Zielewicz, Gniewko Niedbala, Przemyslaw Kardasz and Mohsen Niazian. *Agronomy*. 2023. 13(2). 480.
642. Pommer G. Zusammen fassende Diskussion. Bayer, landw. jahrbuch. 1986. Bd. 63. H. 8. S. 991-996.
643. Rein Ken G. Achtjanriger Vergleichs-verguch bei Gemuse und apfeln Zwischen biologisch-dinamischer . Landban. *Mo-notssch-rift*. 1987. Bd. 75. 7. S. 440, 441, 456, 457.
644. Rounak Patra, Pebabish Saha, Sindhu jagadamma. Winter wheat cover crop uncreased subsoil organic carbon in a long-term cotton cropping system in Tennessee. *Soil and Tillage. Research*. 2022. Vol. 8. 224 p.
645. Sadej W., Przekwas K. Fluctuations of nitrogen levels in soil profile under conditions of a long-term fertilization experiment. *Plant, Soil, and Environment*. 2008. Vol: 54(5). P.197-203.
646. Sainju U. M., Ghimire R., Pradhan G, Nitrogen Fertilization I: Impact on Crop, Soil, and Environment. Nitrogen in Agricultural Systems; edited by A.P. Serra. London, U.K.: Intech Open, 2019. P. 1-24.
647. Satori L. Peruzzi A. The evolution of no-tillage in Italy: a review of the scientific literature. Concerted action AIR. 3-CT-1464, EC-Workshop-II, Silsoe, 15-17 May. 1994. PP. 49-57.
648. Scherner A., Melander B., Kudsk P. Vertical distribution and composition of weed seeds within the plough layer after eleven years of contrasting crop rotation and tillage schemes. *Soil and Tillage Research (Internet)*. Elsevier. BV., 2016, 101. 135 p.
649. Shahram Torabian, Salar Farhangi-Abriz, Ruijun Qin, Christos Naulas and Guojie Wang. Performance of Nitrogen Fertilization Nitrification Inhibitors in the Irrigated Wheat Fields. *Agronomy*. 2023. 13(2), 366.
650. Simarmata M., Kanfmann j. E., Penner P. Potential basis of glyphosate resistance in California reged rygrass (*Lolium regedum*). *Weed Science*. 2003. №51. P. 678-682.
651. Simu lating evolution of glyphosate resistance in *Lolium rigidum* II: past, present and future glyphosate use in Australian cropping. Neve P., Diggie A. j., Smith F. P. et. al. *Weed Research*. 2003. №43. P. 418-427.
652. Soane B. D., Ball B. C., Arvidsson j., Basch G., Moreno F., Roger-Estrada. No-till in northern, western and south-western Europe: a review of problems and opportunities. *Soil Tillage Research*. 2012. Vol. 118. P. 66-87.
653. Sourav Ghosh, T. K. Das, K. S. Rana, D. R. Biswas, D. K. Das, Geeta Singh, Ranjan Bhattacharyya, Debarari Datta, Neemani Rathi, Arti Bhatia/ Energy bufgeting and carbon footprint of contrasting tillage and residne management scenarios risewheat cropping system. *Soil and Tillage Research*. 2022. Vol. 223. 105445.
654. Suleymanov A., Suleymanov R., Polyakov V., Dorogaya E. and Abakumov E. Conventional Tillage Effects on the physico-Chemical Properties and

Organic Matter of Chernozems Using ^{13}C -NMR Spectroscopy. *Agronomy*, 2022, 12(11), 2800.

655. Suskevicius M. Results of minimum tillage. Czechoslovakia. *Sci. Agr. Bohemoslovaca*. Vol. 14. №4. 1982. P. 261-264.

656. Syshchykov D. V., Agurova I. V., Syshchykova O. V. Features of the Formation of Biological and Cellulosolytic Activity in Soils of Anthropogenous Transformed Ecosystem. *Darnios aplinkos vystymas*. 2021. 1(18). P. 99-107.

657. Ting-ting XING, An – dong CAI, Chang – ai LU, Hong – ling YE, Hong – liang WU, Sheng – chang HUAI, jin – gu WANG, Ming – gang XU, Qi – mei LIN. Increasing soil microbial biomass nitrogen in crop rotation application. *journal of Integrativ Agriculture*. 2022. Vol. 21. Iss. 5. P. 1488-1500.

658. Tsyuk O. A., Tanchyk S. P., Kyryluk V. I., Shevchenko T. V. Biological activity of the soil in sows of winter wheats depending on the main soil treatment in sequence. *Ukrainian journal of Ecology*. 2018. Vol. 8, №3. P. 37-40.

659. Tsyuk O., Myroshnychenko M., Tsvey Y. Control of weeds in agrophytocenosis of winter wheat depending on soil treatment and fertilization system. *Agrolife Scientific journal*. 2021. Vol. 10,2. 2021. P. 197-202.

660. Tsyuk O., Shemetun O., Tsvey Y., Melnyk V., Monitoring of sugar beet crops weediness depending on agriculture systems. *Agrolife Scientific journal*. 2021. Vol. 10.1. P. 242-247.

661. Van Capelle C., Schrader S., Brunotte j. Tillage - induced changes in the functional diversity of soil biota - review with a focus on Germandata. *European journal of Soil Biology*. 2012. №50. P. 165-181.

662. Variation in soil physical and chemical properties as affected by three slope positions and their management implications in Ganye, North-Eastern Nigeria / S. A. Gisilanbe, H. J. Philip, R. I. Solomon, E. E. Okorie. *Asian. J. Soil Sci. Plant Nutr*. 2017. Vol. 2. P. 1-13.

663. Volkogun V. V., Pyrig O. V., Volkogon K. I., Dimova S. B. Methodological aspects of determining the processes of organic matter mineralization-synthesis in croplands. *Agricultural Science and Practice*. 2019. №1 P. 3-9.

664. Xu G. H., Fan X. R., Miller A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*. 2012. Vol. 63. P. 153-182.

665. Yangz hou Xiang Ying Liu, Xuejiao Yue, Bin Yao, Leiyi Zhang, Ji He, Yang Luo, Xiuyue Xu, j:zhang Zong. Factors controlling soil organic carbon and total nitrogen stocks following afforestation with Robinia pseudocacia on cropland across China. *Forest Ecology and Management*. 2021. Vol. 494.119274.

666. Zhurba M. A., Volkogon K. T. Biological denitrification in the soils of agrocenoses upon combination of microbial preparations with nitrogen fertilizers. Microbiological aspects of optimizing the production process of cultured crops (Chernihiv, 16-18 June 2015). Chernihiv, 2015. P. 23-24.

667. De Candolle. Pflanzenphysiologie, 1883.

Наукове видання

**ВОЙТОВИК Михайло Вікторович
ПРИМАК Іван Дмитрович
ЦЮК Юлія Володимирівна**

**АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ
ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ТА ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ
КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН**

Монографія

Підписано до друку 03.06.25.

Формат 60x84/16. Папір офсетний. Друк цифровий.
Друк. арк. 17,75. Умов. друк. арк. 16,6. Обл.-вид. арк. 16,2.
Наклад 35 прим. Зам. № 4856/1.

Віддруковано ФОП Корзун Д.Ю. з оригіналів замовника.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 5254 від 05.12.2016 р.

Видавець ТОВ «Нілан-ЛТД».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 4299 від 11.04.2012 р.
21034, м. Вінниця, вул. Немирівське шосе, 62а.
Тел.: 0 (800) 33-00-90, (096) 97-30-934, (093) 89-13-852, (098) 46-98-043.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>