

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ВОЙТОВИК МИХАЙЛО ВІКТОРОВИЧ

УДК 631.582:631.452:631.445.4(292.485)(477.4)

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ
ПРОДУКТИВНОСТІ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН
І ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО
ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.01 – загальне землеробство

РЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора сільськогосподарських наук

Дніпро – 2024

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано у Білоцерківському національному аграрному університеті Міністерства освіти і науки України упродовж 2012–2021 рр.

Офіційні опоненти:

доктор сільськогосподарських наук, професор
ЦИЛЮРИК Олександр Іванович,
Дніпровський державний аграрно-
економічний університет, завідувач кафедри
рослинництва

доктор сільськогосподарських наук, професор
ШУВАР Іван Антонович,
Львівський національний університет
природокористування, професор кафедри
технологій у рослинництві

доктор сільськогосподарських наук, старший
науковий співробітник
ГАНГУР Володимир Васильович,
Полтавський державний аграрний університет,
завідувач кафедри рослинництва

Захист відбудеться «30» серпня 2024 р. о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.804.02 у Дніпровському державному аграрно-економічному університеті за адресою: вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, 49600, навчальний корпус № 1, кімната 127

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Дніпровського державного аграрно-економічного університету за адресою: вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, 49600.

Реферат розіслано «30» липня 2024 року

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



В. І. Козечко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Основою проектування будь-якої сівозміни є передусім біологічні обмеження, суть яких полягає в післядії попередника. Застосування сівозміни повинно не допустити зниження родючості ґрунтів, а за можливості забезпечити зростання останньої, що гарантуватиме зростання урожайності, яка формується завдяки реалізації потенційної родючості ґрунтів через її ефективну форму. Пошук нових агроекологічнобезпечних концепцій сталого землекористування, основу яких становлять сівозміни, важливе завдання сьогодення, успішне вирішення якого залежить від комплексності методологічних підходів до агроекологічного оцінювання ефективності сівозмін. Проблеми підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь та збереження родючості ґрунтів у різних агробіоценозах Лісостепу не втрачають актуальності в аграрній науці. На розв'язання наявних проблем спрямовано дослідження українських вчених В. Р. Зубенка, В. Ф. Сайка, П. І. Бойка, С. П. Танчика, Е. М. Лебідя, Ю. П. Манька, В. М. Якименка, А. С. Заришняка, О. Г. Тараріка, І. Д. Примака, В. О. Єщенко, М. П. Малярчука, І. А. Шувара, Я. П. Цвея та інших. На думку вчених, сівозміна є важливою складовою землеробства, яка забезпечує його стабільність, що реалізовується значним впливом на повітряний, поживний, водний, фітосанітарний режими ґрунту.

Вирощування сільськогосподарських культур здійснюється без урахування системи удобрення, згаданих сівозмін, екологічного впливу на довкілля і збереження родючості ґрунту, економічних та енергетичних витрат на одиницю продукції, поліпшення балансу поживних речовин у сівозміні.

Для зростання ефективності виробництва аграрної продукції почали вводити сівозміни з короткою ротацією на їх заміну з довгою ротацією. Це дасть змогу одержати значний економічний ефект за умов поглиблення спеціалізації виробництва продукції органічної речовини, поживного режиму ґрунту, збільшення рівня шкідливих організмів сільськогосподарських культур, що потребує уточнення та вивчення. Нині обґрунтування теоретичних основ ведення високопродуктивних короткоротаційних сівозмін, оптимізації водного та поживного режимів ґрунту, його обробітку й удобрення у сівозміні, забезпечення розширеного відтворення родючості чорнозему типового залишаються актуальними та потребують поглиблення наукових досліджень.

На основі проведених досліджень у Правобережному Лісостепу України обґрунтовано й розроблено способи розширеного відтворення родючості чорнозему типового малогумусного залежно від обробітку ґрунту та системи удобрення в короткоротаційних сівозмінах.

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

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано упродовж 2012–2021 рр., яка є складовою частиною науково-дослідної тематики кафедри землеробства, агрохімії та

грунтознавства Білоцерківського національного аграрного університету: «Вивчення теоретичних і практичних основ відтворення родючості чорнозему типового і підвищення продуктивності польових короткоротаційних сівозмін у Правобережному Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0116U005811, 2016–2020 рр.); «Наукові основи систем основного обробітку й удобрення чорнозему типового в польових п'ятипільних сівозмінах Правобережного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0122U002022, 2021–2026 рр.);

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є розроблення та вдосконалення агробіологічних основ підвищення продуктивності короткоротаційних сівозмін і відтворення родючості чорнозему типового за допомогою раціональної системи удобрення й обробітку ґрунту Правобережного Лісостепу з різним насиченням соняшнику, що забезпечить зростання врожайності сільськогосподарських культур за екологічної безпеки довкілля і продукції.

Для досягнення поставленої мети досліджень необхідним є вирішення таких задач:

- визначити типовість погодних умов, серед яких кількість опадів, гідротермічний коефіцієнт, сума активних температур;
- встановити спрямованість зміни агрофізичних властивостей ґрунту у короткоротаційних сівозмінах;
- виявити особливості формування запасів доступної вологи в ґрунті і встановити параметри водоспоживання культур залежно від обробітку та системи удобрення;
- встановити закономірності змін вмісту та якісного складу гумусу, його трансформацію на чорноземах типових;
- провести дослідження вмісту поживних речовин у ґрунті залежно від періодів вегетації соняшнику та системи удобрення у сівозмінах;
- дослідити зміни фітосанітарного стану агроценозів сівозмін залежно від обробітку ґрунту та удобрення;
- визначити обсяги надходження органічної речовини у ґрунт з урахуванням кореневих залишків та післязливних решток, побічної продукції польових культур та розрахувати баланс гумусу й елементів мінерального живлення у короткоротаційних сівозмінах;
- провести порівняльне оцінювання зміни родючості ґрунту, фітосанітарного стану посівів, енергетичної та економічної ефективності, урожайності культур короткоротаційних сівозмін за традиційного обробітку ґрунту та технології no-till;
- обґрунтувати закономірності зміни урожайності та якісних показників продукції сільськогосподарських культур у сівозмінах залежно від системи удобрення й обробітку ґрунту;
- визначити продуктивність короткоротаційних сівозмін залежно від насичення провідними сільськогосподарськими культурами;
- провести економічне та енергетичне оцінювання продуктивності короткоротаційних сівозмін залежно від систем обробітку ґрунту й удобрення.

Об'єкт дослідження – процеси і закономірності зміни агрофізичних, біологічних, агрохімічних показників чорнозему типового глибокого малогумусного, фітосанітарного стану, формування врожайності та якісних показників продукції у короткоротаційних сівозмінах за різного насичення соняшником залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту.

Предмет дослідження – чорнозем типовий глибокий, польові культури короткоротаційних сівозмін, урожайність та якість зерна і насіння, способи обробітку ґрунту, органічні та мінеральні добрива, продуктивність, економічна й енергетична ефективність сівозмін.

Методи дослідження. У процесі проведення досліджень використано такі методи: польовий – застосований у багаторічному стаціонарному досліді з вивчення короткоротаційних сівозмін, обробітку ґрунту та удобрення сільськогосподарських культур; лабораторний – для визначення показників родючості ґрунту та якісних показників продукції; статистичні методи: дисперсійний, кореляційний, регресійний – для встановлення достовірності одержаних результатів, визначення функціональності залежності між різними чинниками і технологічними процесами; порівняльно-розрахунковий – для оцінювання продуктивності, енергетичної та економічної ефективності сівозмін.

Наукова новизна одержаних результатів. *Уперше* в умовах Правобережного Лісостепу на чорноземах типових глибоких малогумусних теоретично обґрунтовано та удосконалено агробіологічні основи короткоротаційних сівозмін з різним насичення соняшником залежно від обробітку ґрунту і системи удобрення. На основі проведених досліджень запропоновано систему удобрення польових культур, враховано особливості п'ятипільних сівозмін з відповідним співвідношенням та насиченням сівозміни зерновими і просапними культурами. Доведено можливість розширеного відтворення родючості ґрунту за органо-мінеральної системи удобрення. Розраховано математичні моделі залежності урожайності культур від систем удобрення, опадів та температури повітря.

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

Економічно та енергетично обґрунтовано і рекомендовано трипільну сівозміну для технологій no-till на чорноземах типових глибоких.

Удосконалено наукові основи розміщення соняшнику у структурі посівних площ у Правобережному Лісостепу, спрямовані на відтворення агрохімічних, агрофізичних, біологічних показників ґрунту та підвищення урожайності насіння соняшнику.

Набуло подальшого розвитку:

- наукове тлумачення щодо рівня зростання протибур'янової ефективності за допомогою полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах.

- економічні та енергетичні показники щодо раціоналізації основного обробітку ґрунту і системи удобрення культур сівозмін у господарствах

Правобережного Лісостепу.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами досліджень розроблено та обґрунтовано практичні рекомендації виробництву щодо застосування органо-мінеральної системи удобрення на тлі полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту, що забезпечує досягнення продуктивності ріллі плодозмінної сівозміни – 6,9 т/га к. од., зернопросапної – 7,6 т/га к. од., зернопросапної спеціалізованої – 5,7 т/га к. од., просапної – 6,7 т/га к. од., середньої стабільності плодозмінної – 79 %, зернопросапної – 81 %, зернопросапної спеціалізованої – 75 %, просапної – 81 %, підвищеної якості й екологічної безпеки виробленої продукції.

Результати досліджень щодо продуктивності короткоротаційних сівозмін і родючості ґрунту за застосування органо-мінеральної системи удобрення, висновки та пропозиції увійшли до наукових рекомендацій.

Особистий внесок здобувача. Здобувач безпосередньо брав участь в обґрунтуванні проблеми, розроблені схеми польових дослідів, визначенні мети та задач дослідження, методології їх проведення, узагальненні отриманих даних та їхньому математичному аналізі, формулюванні наукових висновків і рекомендацій виробництву, підготовці друкованих праць. За спільного виконання дослідів прізвища співвиконавців наведено як співавторів публікацій.

Апробація результатів дисертації. Результати науково-дослідної роботи за темою дисертації оприлюднено та схвалено на щорічних (2012–2023 рр.) звітних конференціях професорсько-викладацького складу й аспірантів Білоцерківського національного аграрного університету, семінарах, нарадах з проблем землеробства, використані у науковій і навчальній літературі, лекціях на курсах підвищення кваліфікації керівників та фахівців агропромислового комплексу. Основні положення дисертації оприлюднено й обговорено на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Ресурсозберігаючі технології вирощування культурних рослин» (23 квітня 2021 р., м. Біла Церква); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку» (30–31 березня 2023 р., м. Біла Церква); Міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту» (26 жовтня 2023 р., м. Біла Церква); Всеукраїнській науково-практичній online-конференції, присвяченій 110-річчю від дня народження видатних вчених-ентомологів В. П. Васильєва і М. П. Дядечка «Ентомологічні читання пам'яті видатних вчених-ентомологів В. П. Васильєва і М. П. Дядечка» (21 березня 2023 р., м. Київ); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Стратегія і тактика вирішення проблем здоров'я фітоценозів» (6 квітня 2023 р., м. Житомир); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Аграрна наука : стан та перспективи розвитку» (28–29 листопада 2023 р., м. Одеса).

Публікації. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 46 наукових праць, зокрема: підручників і навчальних посібників – 5; статей у періодичних наукових закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science та Scopus – 3; статей у наукових фахових виданнях України – 24; статей у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних

наукометричних баз даних, – 6; наукових праць в інших виданнях – 2; матеріалів і тез доповідей конференцій – 6.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 9 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації – 534 сторінки, з них основного тексту – 338 сторінок. Робота містить 95 таблиць, 30 рисунків і 96 додатків. Список використаних джерел охоплює 667 найменувань, у тому числі 88 – латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ВПЛИВ СІВОЗМІН, УДОБРЕННЯ І СПОСОБУ ОБРОБІТКУ НА ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ

Проаналізовано літературні джерела з проблем удосконалення та визначення агробіологічних основ підвищення ефективності короткоротаційних сівозмін і рівня родючості чорноземів типових. Показано історичні аспекти розроблення й удосконалення різноротаційних сівозмін, насичення їх просапними і зерновими культурами, рівня біологізації, що впливає на агрохімічні показники ґрунту та фітосанітарний стан посівів. Наведено наукове обґрунтування обраного напрямку наукових досліджень, визначено завдання і шляхи розв'язання проблем.

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження виконували упродовж 2012–2021 рр. у багаторічних польових стаціонарних і короткотермінових, а також лабораторних дослідках.

Дослід № 1 проведено у період 2012–2021 рр. на полях навчального наукового дослідного центру Білоцерківського національного аграрного університету Київської області.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий глибокий малогумусний крупнопилуватий суглинок на карбонатному лесі. Уміст гумусу в орному шарі 3,70–3,94 %, легкогідролізованого азоту – 110 мг/кг, рухомих сполук фосфору і калію – 120 і 110 мг/кг ґрунту відповідно. Дослідження виконували у стаціонарному польовому досліді чотирьох п'ятипольних сівозмін з різним насиченням соняшником: плодозмінна (насичення соняшником 10 %): люцерна – пшениця озима + гірчиця біла на сидерат – 0,5 поля буряки цукрові + 0,5 поля соняшник – гречка – ячмінь з підсівом люцерни; зернопросапна (насичення соняшником 20 %): соя – пшениця озима + гірчиця біла на сидерат – соняшник – ячмінь ярий + гірчиця біла на сидерат – кукурудза; зернопросапна спеціалізована (насичення соняшником 30 %): гречка – пшениця озима + гірчиця біла на сидерат – 0,5 поля кукурудза + 0,5 поля соняшник – ячмінь ярий + гірчиця біла на сидерат – соняшник; просапна (насичення соняшником 40 %): горох – пшениця озима + гірчиця біла на сидерат – соняшник – кукурудза – соняшник.

Схема двофакторного стаціонарного дослідку передбачала вивчення трьох систем обробітку ґрунту та чотирьох систем удобрення.

1. Диференційований (контроль) у *плодозмінній сівозміні*: проведення трьох оранок, одного мілкого безполицевого обробітку під гречку та одного чизельного обробітку під ячмінь. *Зернопросапна сівозміна*: проведення за ротацію сівозміни трьох оранок під сою, соняшник і кукурудзу, одного мілкого обробітку під пшеницю озиму і одного чизельного обробітку під ячмінь. *Зернопросапна спеціалізована сівозміна*: проведення за ротацію сівозміни 2 оранки, двох мілких безполицевих обробітків під пшеницю озиму і гречку та одного чизельного обробітку під ячмінь. *Просапна сівозміна*: проведення за ротацію сівозміни 4 оранки, та одного мілкого безполицевого обробітку під пшеницю озиму.

2. Полицево-безполицевий у *плодозмінній сівозміні*: проведення за ротацію сівозміни однієї різноглибинної оранки під просапні культури, двох мілких безполицевих обробітків під пшеницю озиму і гречку та одного чизельного обробітку під ячмінь. *Зернопросапна сівозміна*: проведення за ротацію сівозміни однієї оранки під соняшник, одного мілкого безполицевого обробітку під пшеницю озиму і трьох чизельних обробітків під сою, кукурудзу і ячмінь. *Зернопросапна спеціалізована*: проведення за ротацію сівозміни двох оранок під кукурудзу і соняшник, двох мілких безполицевих обробітків під пшеницю озиму та одного чизельного обробітку під ячмінь. *Просапна сівозміна* проведення за ротацію сівозміни двох оранок під соняшник, одного мілкого безполицевого обробітку під пшеницю озиму та двох чизельних обробітків 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 використовували машини сільськогосподарські: плуг трикорпусний Lemken Oral 110, чизель глибокорозпушувач АГЧ-1,8, дискову борону АГ-2,1-20, культиватор КРН-4,2, культиватор general КПН-2,8, комбінований агрегат «Європак», сівалки – Моносем, Джон Дір.

Схема досліду передбачала такі чотири варіанти удобрення:

1. Без застосування добрив (контроль); 2. Органічна – внесення на 1 га 8 т гною та 3,0 т нетоварної частини врожаю, маси пожнивних сидератів. Органічні добрива, їх норму визначали за позитивним балансом 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 ($N_{27}P_{38}K_{45}$) мінеральних добрив, у зернопросапній – 116 кг ($N_{38}P_{40}K_{38}$), у зернопросапній спеціалізованій – 122 кг ($N_{44}P_{37}K_{41}$), у просапній сівозміні 103 кг ($N_{39}P_{38}K_{31}$) мінеральних добрив; 4. Мінеральна – для відтворення родючості ґрунту використання мінеральних добрив із внесенням на 1 га сівозмінної площі 8 т гною і в плодозмінній сівозміні – 222 кг ($N_{68}P_{72}K_{82}$), у зернопросапній – 240 кг ($N_{84}P_{76}K_{80}$), зернопросапній спеціалізованій – 245 кг ($N_{87}P_{75}K_{83}$), просапній – 234 кг ($N_{68}P_{82}K_{84}$) мінеральних добрив.

Систему удобрення розроблено з урахуванням рівня родючості ґрунту та рівня запланованої врожайності.

Джерелами для компенсації винесення елементів мінерального живлення рослин запрограмованими врожайми у розрахунках були гній, надходження елементів із ґрунту, сидерати кореневих і післяжнивних решток, з побічної продукції, симбіотичної і несимбіотичної фіксації атмосферного азоту.

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

Компенсації винесеної 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.

Сумарний баланс за органічної системи удобрення позитивний +25 кг/га (азоту + 96 кг/га, фосфору –30 кг/га, калію –41 кг/га). Доступні форми мінерального живлення рослин за органічної системи удобрення становлять 548 кг/га ($N_{283}P_{56}K_{209}$), за орґано-мінеральної і мінеральної – 524 кг/га, завдяки внесенню на 1 га ріллі мінеральних добрив –118 і 240 кг NPK відповідно.

Зернопросапна спеціалізована сівозміна 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 454 кг/га ($N_{177}P_{61}K_{234}$), а в орґано-мінеральній і мінеральній – 525 кг/га, завдяки внесенню на 1 га ріллі мінеральних добрив – 122 і 245 кг NPK відповідно.

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

Очікувана середня продуктивність 1 га ріллі у плодозмінній сівозміні за орґано-мінеральної і мінеральної систем удобрення, забезпечена розрахованими ресурсами, становитиме 6,3 к. од. із витрачанням на 1 т 88,9 кг NPK. У зернопросапній сівозміні – сягатиме 8,8 к. од. із витрачанням на 1 т 59,5 кг NPK. У зернопросапній спеціалізованій сівозміні – ресурсами буде на рівні 7,8 к. од. із витрачанням на 1 т 67 кг NPK. У просапній сівозміні – сягатиме 9,0 к. од. із витрачанням на 1 т 71,9 кг NPK.

Продуктивність ріллі за органічної системи удобрення, забезпеченого розрахованими можливими ресурсами органіки, варто очікувати : за плодозмінної сівозміни 3,9 т/га (352:88,9) к. од. 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 $N_{68}P_{72}K_{82}$; зернопросапній – 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 органо-мінеральної системи удобрення внесено органічних добрив 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 – $N_{27}P_{38}K_{45}$; зернопросапній 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 становив 30 кг/га, 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 – $N_{41}P_{35}K_{270}$.

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

Дослід № 2 – порівняльна ефективність різних технологій обробітку ґрунту короткоротаційної сівозміни.

Програма досліджень включала проведення польових і лабораторних дослідів. Територія ТОВ «Мрія», на базі якого виконували дослідження упродовж 2012–2021 рр., знаходиться у 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 ґрунту відповідно.

Схема сівозміни: пшениця озима – соя – соняшник.

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

Система удобрення розрахована на запланований урожай пшениці озимої

6,0 т/га, сої – 3,5 т/га, соняшнику – 3,5 т/га.

Після збирання урожаю 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.

Клімат території помірно-континентальний, середньорічна температура повітря +6...+8 °С. Випадає опадів за середньобагаторічною нормою 560 мм, за вегетаційний період – 350 мм.

Метеорологічні умови на період досліджень виявилися сприятливими для росту та розвитку основних сільськогосподарських культур як за зволоженням, так і за температурним режимом.

Розраховані коефіцієнти істотності (Кі) відхилень кількості опадів від багаторічних значень засвідчили про істотну зволоженість умов 2013 р. – (Кі=1,6) та 2016 р. – (Кі=1,8) і посушливість у 2015 р. (Кі= –1,2). В інші роки відхилення кількості опадів від середньобагаторічних значень були неістотні. За сумою активних температур умови років досліджень виявились типовими (Кі<±1). Холодним порівняно з багаторічними виявився 2014 р., а спекотним – 2020 р.

Відбір і підготовка зразків ґрунту до аналізу проводили 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 у модифікації С. М. Симакова (ДСТУ 4289:2004); фракційний склад – за Коновою-Бельчиковою за використання лужного розчину пірофосфату натрію згідно з ДСТУ 7855:2015; запаси енергії в гумусі розраховували за формулою С. А. Алієва (1978), удосконаленою В. Козіним (1980):

$$Q = 517,2 \cdot \Gamma \cdot H \cdot d_{pв}(C_{ГК} : C_{ФК}),$$

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

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

Нітратний азот визначали з дисульфохеноловою 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 такими 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. Мішустіним (1971); чисельність ґрунтової мезофауни (дощових черв'яків) – за методикою стаціонарного вивчення ґрунтів (ДСТУ ISO 23611-1:2009).

Для оцінки фітосанітарного стану посівів визначали: забур'яненість – на постійно закріплених площинах 0,5*0,5 (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 культур сівозміни визначали у стані технічної стиглості методом суцільного збирання з облікових ділянок з перерахунком на стандартну вологість та чистоту з кожного варіанта 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.

Статистичну оцінювання даних спостережень у дослідах проведено методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів, які дали змогу визначити ступінь достовірності одержаних результатів. За визначення енергетичної й 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. Тараріком (2005); енергетичний баланс ґрунту – за допомогою енергетичних еквівалентів Ю. О. Тараріка (2005).

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

Структура ґрунту. Найбільший вміст фракцій повітряно-сухих агрегатів

розміром 0,25–10 мм на час відновлення вегетації пшениці озимої відзначено за полицево-безполицевого обробітку ґрунту за зернопросапної сівозміни. Застосування у досліді системи полицево-безполицевого обробітку ґрунту значно зменшило вміст структурної фракції розміром понад 10 мм.

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

Значно структурнішим в орному шарі ґрунту 0–30 см виявився ґрунт в агроценозі соняшнику за полицево-безполицевого обробітку на початку вегетації соняшнику – 92,1 % агрономічно цінних агрегатів. Кількість брил у верхньому шарі ґрунту в 0–10 см за мілкового 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. 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. В агроценозі пшениці озимої, навпаки, кількість цінних фракцій зростала і зменшувалася кількість брил.

Найбільшу кількість водотривких агрегатів в орному шарі виявлено за органічної та органо-мінеральної систем удобрення, що значно перевищували контроль (без добрив). У шарі ґрунту 10–20 см вміст водотривких агрегатів за органо-мінеральної системи удобрення переважав мінеральну на 5,4 %. Органічна система удобрення за кількістю водотривких агрегатів переважала мінеральну на 3,6 %.

Щільність ґрунту. Перед сівбою польових культур у сівозміні щільність посівного шару ґрунту (0–10 см) була невисокою і становила 1,03–1,18 г/см³ (рис. 1).

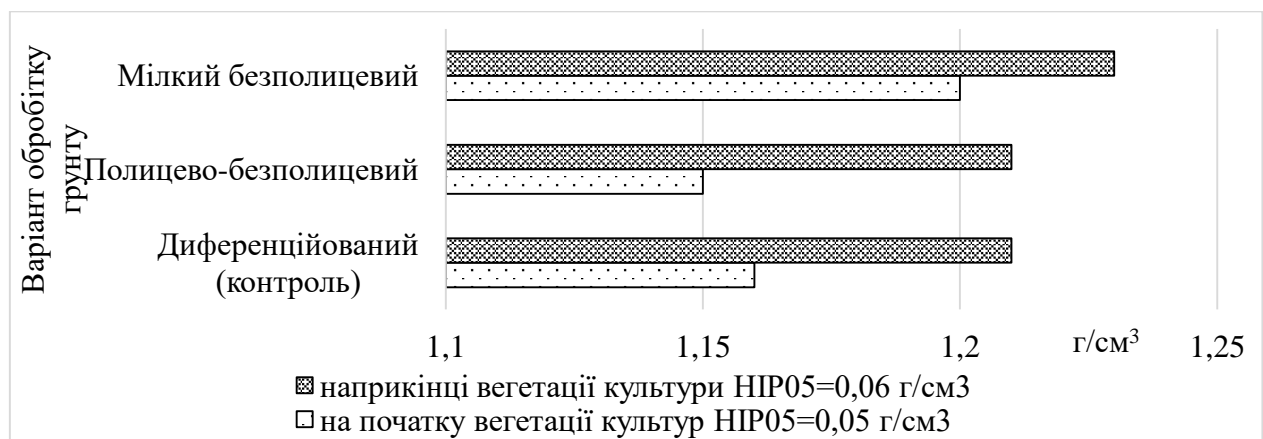


Рис. 1. Щільність ґрунту залежно від його обробітку в плодозмінній сівозміні у шарі 0–30 см, г/см³ за 2016–2020 рр.

Значно вищі її показники відзначено після застосування важких дискових борін на варіанті мілкового 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 та за мілкого безполицевого обробітку ґрунту (рис. 1).

Пористість ґрунту. На початку вегетації культур плодозмінної сівозміни на варіантах системи удобрення й обробітку ґрунту значної різниці пористості у шарі ґрунту 0–30 см шарі не встановлено.

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.

У весняний період перед початком польових робіт спостерігали високу пористість ґрунту за вирощування соняшнику на фоні органічної системи удобрення на полицево-безполицевому обробітку – 57,5 %. За вирощування люцерни за мінеральної системи удобрення на диференційованому варіанті показник виявився нижчим і становив 47,3 %. Навесні найбільше аерованим виявився ґрунт за диференційованої системи обробітку – в середньому на 2,2 % порівняно з мілким безполицевим. Пористість ґрунту по системах удобрення перебувала на одному рівні. Водночас за органо-мінеральної системи удобрення вона мала тенденцію до зниження на 1,2–1,6 % порівняно з контрольним варіантом.

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

Формування запасів доступної вологи. Запаси доступної вологи на період сівби пшениці озимої найвищими спостерігалися в зернопросапній спеціалізованій сівозміні, де пшеницю висівали після гречки з показником у шарі ґрунту 0–150 см – 165,6 мм, 0–50 см – 77,3 мм, 50–100 см – 66,3 мм. У плодозмінній сівозміні запаси доступної вологи у шарі ґрунту 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.

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

За плодозмінної сівозміни запаси доступної вологи на період збирання становили 1372 м³/га, зернопросапної – 1154, зернопросапної спеціалізованої і просапної – 1327 і 928 м³/га відповідно, 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/т, що було менше від просапної на 5,5 і 20 м³/т відповідно.

Встановлено істотний прямолінійний зв'язок між щільністю ґрунту та запасами доступної вологи пшениці озимої в шарі ґрунту 0–10 см 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 неістотний 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 неістотний зв'язок між пористістю ґрунту і запасами доступної вологи на початку вегетації соняшнику ($r=0,39\pm 0,29$). На кінець вегетації соняшнику зафіксовано обернений слабкий зв'язок пористості ґрунту та запасів доступної вологи: коефіцієнт кореляції ($r=-0,25\pm 0,30$).

Як свідчать наведені рівняння, 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 ($r=0,95\pm 0,20$). 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 і висхідні потоки вологи: фізичне випаровування, транспірацію. Надмірно пухкий ґрунт доволі стрімко втрачає 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 шарі ґрунту 0–10 см ($r=0,77\pm 0,20$), у шарі ґрунту 10–20 см ($r=0,45\pm 0,28$), у шарі ґрунту 20–30 см ($r=0,26\pm 0,37$). У верхньому 0–10 см шарі ґрунту створюється прийнятніша водотривка структура. Водночас важлива роль належить детриту, вміст якого у ґрунті підвищується завдяки органічним добривам. Детрит акумулює на своїй поверхні гумусні речовини і стає зв'язуючим матеріалом у формуванні мікро-, а потім і макроагрегатів.

ВПЛИВ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН НА ЗМІНУ СТАНУ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

Нагромадження рослинних залишків сільськогосподарських культур та баланс гумусу в короткоротаційних сівозмінах. За кількістю нагромаджених у чорноземі типовому рослинних залишків перевага відзначена за зернопросапною спеціалізованою і зернопросапною сівозмінами, які відповідно на 30 і 20 % насичені соняшником (рис. 2).

Усього у ґрунт надійшло рослинних залишків 31,83 і 30,45 т, а на 1 га ріллі 6,36 і 6,09 т відповідно. Найнижча кількість післяжнивних решток нагромаджувалася у просапній сівозміні із 40 % соняшнику, де всього післяжнивні рештки становили 26,35 т, а на 1 га сівозмінної площі – 5,27 т. Кількість післяжнивних решток у плодозмінній сівозміні, де під соняшником перебуває 10 % посівної площі, всього надійшло кореневих залишків – 21,37 т, поверхневих – 8,6, а на 1 га ріллі – 4,27 і 1,72 т відповідно.

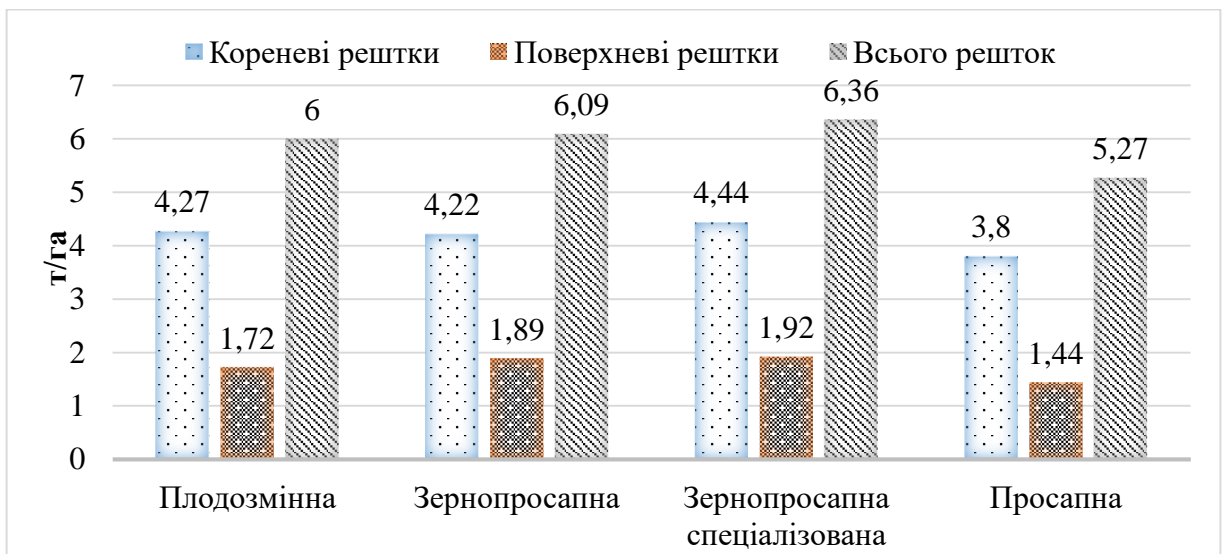


Рис 2. Нагромадження рослинних залишків культурами короткоротаційних сівозмін за 2012-2021 рр.

У сівозмінах вирощували культури проміжних посівів на зелене добриво та загортали побічну продукцію основних, що становлять важливу статтю додаткового нагромадження органічних речовин до орного шару ґрунту

Зміна вмісту гумусу. Вміст гумусу в зоні нестійкого зволоження залежить як від системи удобрення, так і наявності багаторічних трав та 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 %, підвищився на 0,08 %, а у підорному шарі приріст збільшився на 0,11 %.

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 короткоротаційних сівозмінах. Проте за плодозмінної сівозміни у мінеральній системі удобрення показники виявилися дещо більшими в орному і підорному шарах на 0,08 % і 0,10 %.

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

Зміни енергоємності гумусу. У проведених дослідженнях в агроценозах пшениці озимої валові запаси енергії в шарі ґрунту 0–10 см становили 1,64 ГДж/га у варіанті без застосування добрив. У шарі ґрунту 10–20 см, зважаючи на його щільність, 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.

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 шарах ґрунту 0–10 см і 10–20 см підвищувалися, тоді як у шарі ґрунту 20–30 см перебували на рівні контрольного варіанта.

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

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

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 ґрунту 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 $C_{гк} : C_{фк}$. Коефіцієнт кореляції відображає неістотну середню залежність величини акумульованої енергії в гумусі від вмісту гумінових кислот.

Коефіцієнти кореляції вказують на високий рівень 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 шарі ґрунту 0–30 см коефіцієнт кореляції ($r=0,65\pm 0,53$), рівняння регресії ($Y=0,3172x+6,0845$).

ЗМІНИ АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

Зміни азотного стану ґрунту. За плодозмінної і зернопросапної сівозмін кількість мінерального азоту на період сходів була найбільшою і становила 38,3 і 29,6 мг/кг ґрунту. Найнижчі запаси зафіксовано за зернопросапної спеціалізованої і просапної сівозмін – 21,1 і 19,0 мг/кг ґрунту відповідно (табл. 1). Це залежало від особливостей використання мінеральних сполук азоту відповідною мікрофлорою за умов різних ланок вирощуваних культур.

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

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

Наприкінці вегетації соняшнику вміст мінерального азоту істотно зменшився і не залежав від норми застосування органічних і мінеральних добрив. За плодозмінної сівозміни кількість мінерального азоту знизилася на варіанті органічної системи удобрення добрив на 7,7 мг/кг ґрунту, зернопросапної – на 5,7, зернопросапної спеціалізованої – на 8,2, просапної – на 6,5 мг/кг ґрунту порівняно з початком сходів.

1. Уміст мінерального азоту в чорноземі типовому в агроценозі соняшнику в шарі ґрунту 0–25 см залежно від системи удобрення в сівозмінах, мг/кг ґрунту 2013–2016 рр.

Система удобрення	Час визначення	Сівозміна			
		плодо змінна	зерно просапна	зернопросапна спеціалізована	просапна
Без добрив	I	21,8	23,7	21,1	19,0
	II	13,8	16,8	15,4	12,9
Органічна	I	28,0	27,2	26,4	24,1
	II	20,3	21,5	18,2	17,6
Органо-мінеральна	I	28,3	28,8	26,6	25,3
	II	18,2	19,4	18,8	18,0
Мінеральна	I	38,3	29,6	31,1	32,5
	II	19,0	18,3	18,1	16,8
НІР ₀₅	I	2,5	1,8	2,2	2,1
	II	1,7	2,0	1,6	1,1

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

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

Формування фосфорного режиму. Дослідженнями встановлено, що наприкінці другої ротації у варіанті без застосування добрив спостерігається тенденція до зниження вмісту рухомих фосфатів у шарі ґрунту 0–25 см (табл. 2).

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

2. Уміст рухомого фосфору в короткоротаційних сівозмінах в 0-25 см шарі ґрунту залежно від системи удобрення, мг/кг ґрунту

Система удобрення	Сівозміна							
	плодозмінна		зерно-просапна		зернопросапна спеціалізована		просапна	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Без добрив	21,4	20,9	21,7	23,1	21,8	20,2	21,0	19,5
Органічна	23,0	27,5	21,6	27,0	22,2	25,2	21,1	20,0
Органо-мінеральна	22,8	36,5	26,0	40,8	23,2	37,2	25,3	35,3
Мінеральна	21,7	46,8	22,1	38,2	21,9	38,0	24,6	37,0
НІР ₀₅	F _φ <F ₀₅	5,34	F _φ <F ₀₅	4,08	F _φ <F ₀₅	4,23	2,45	3,7

Примітка: I – початок першої ротації (2012 р.); II кінець другої ротації (2021 р.).

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 – на 15,1; зернопросапній спеціалізованій і просапній відповідно – на 17,8 та 17,5 мг/кг ґрунту відповідно, або на 46,8; 38,2; 38,0 і 37,0 мг/кг ґрунту відповідно порівняно з неудобреним фоном.

Калійний режим. Калій є одним із важливих елементів у життєдіяльності рослин, адже впливає на створення цитоплазматичних структур, посилює ферментативну діяльність, сприяє синтезу простих та високомолекулярних вуглеводів.

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 т 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. 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 шарі ґрунту порівняно з мінеральною системою. Просапна та зернопросапна спеціалізована сівозміни – до зменшення вмісту обмінного калію у ґрунті порівняно з плодозмінною сівозміною.

На неудобрених варіантах вміст обмінного калію суттєво знизився. Наприкінці вегетації соняшнику вміст обмінного калію зменшився в орному шарі чорнозему типового, що пояснюється використанням калію, а також переходом його в необмінний фіксований стан, що не залежало від сівозмін.

Основним критерієм агроекологічного оцінювання добрив у сівозміні слід 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.

Зміни фізико-хімічних властивостей ґрунту. Дослідження показали, що за органо-мінеральної системи зросла 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 гноем підвищувало вміст Ca, Mg та Na у ґрунті, тоді як і вплив азотних і калійних добрив знижувався у разі активності цих катіонів. Підвищилася ємність поглинання під впливом добрив і сівозмін.

Як свідчать коефіцієнти кореляції 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.

Подібний вплив на вміст фосфору, обмінного калію і гумусу в ґрунті виявляє сума увібраних основ, за середньої тісноти зв'язку. Так, за вмістом фосфору ($r=0,62$), калію ($r=0,65$), гумусу ($r=0,49$) в шарі ґрунту 0–25 см.

Зв'язок агрохімічних показників, також як гумус, азот, фосфор та калій, із рН та суміш увібраних основ тісніший у шарі ґрунту 0–25 см порівняно із шаром ґрунту 25–50 см.

БІОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ СИСТЕМИ ҐРУНТ – РОСЛИНА У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

Забур'яненість посівів у сівозмінах. Найбільшу забур'яненість на початку вегетації соняшнику спостерігали за просапної із 40 % насиченням і зернопросапної спеціалізованої сівозміни із 30 % насиченням соняшнику в короткоротаційних сівозмінах. У просапній сівозміні із 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.

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.

Із збільшенням норми мінеральних добрив на дослідних ділянках спостерігається зменшення забур'яненості соняшнику у просапній сівозміні до 184 шт./м², зернопросапній спеціалізованій – 170, зернопросапній – 95, плодозмінній – до 85 шт./м², серед яких переважали дводольні бур'яни.

За проведення мілкового 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 переваги на цьому варіанті дводольних бур'янів.

Ураження агроценозів хворобами. Дослідженням встановлено, що ураженість пшениці озимої кореневими гнилями практично не залежала від короткоротаційних сівозмін (рис. 3).

За плодозмінної сівозміни, на неудобреному варіанті, ураженість кореневими гнилями становила 47,2 %, у зернопросапній – 53,3, у зернопросапній спеціалізованій та просапній – 51,8 і 52,4 % відповідно.

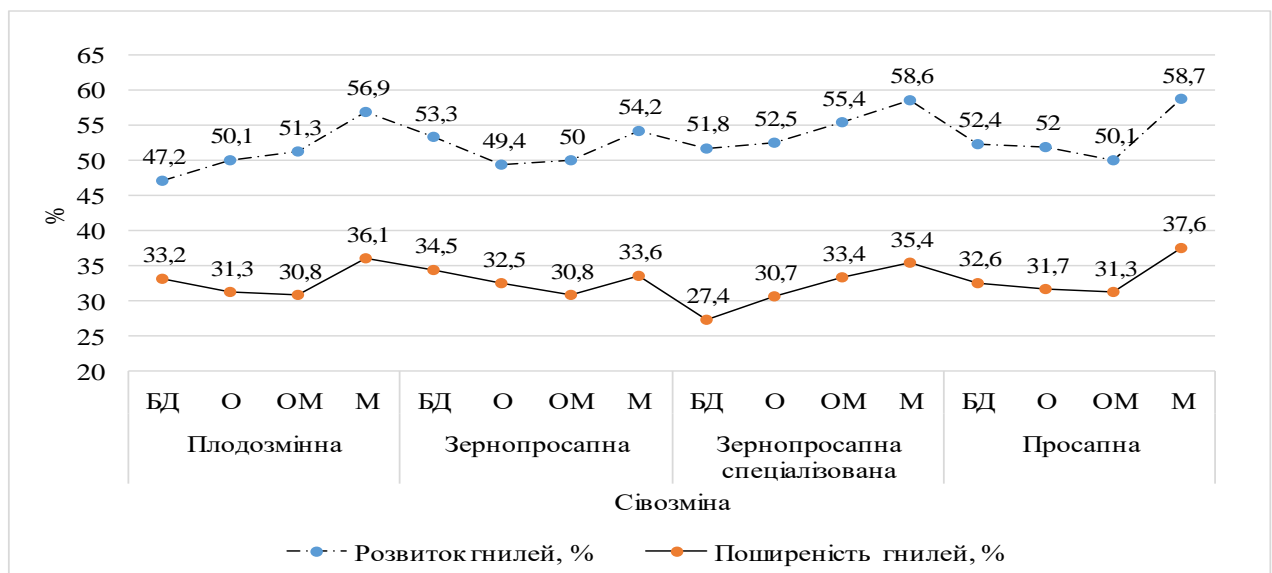


Рис. 3. Розвиток корневих гнилей в посівах пшениці озимої в короткоротаційних сівозмінах, % за 2016–2018 рр.

БД- без добрив; О – органічна; ОМ – орґано-мінеральна; М – мінеральна. Розвиток гнилей НР₀₅ сівозміни – 13,7; НР₀₅ система удобрення – 11,9; поширеність гнилей НР₀₅ сівозміни – 5,9; НР₀₅ система удобрення – 5,0.

За використання добрив, які вносили 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 %, що на 6,1% менше порівняно з неудобреним варіантом. Аналогічну закономірність відзначено у зернопросапній спеціалізованій сівозміні, де ураженість рослин корневими гнилями досягала 55,4 %, що на 10,5 % більше порівняно з просапною.

Біологічні і біохімічні процеси у ґрунті. 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 діяльністю ґрунтової мікрофлори, за застосування у плодозмінній сівозміні органо-мінеральної системи удобрення на період сходів соняшнику сприяють збільшенню кількості амоніфікаторів. Така властивість спостерігається за плодозмінної сівозміні і зумовлена наявністю біологічного азоту. За застосування 11,5 т/га органічних 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 в 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 сівозміні відбуваються підвищені амоніфікаційні процеси, у зернопросапній та зернопросапній спеціалізованій цей рівень нижчий. Так, кількість амоніфікаторів у зернопросапній спеціалізованій сівозміні за мінеральної системи удобрення зростає на 20,8 % порівняно з неудобреним фоном.

Кількість амоніфікаторів за зернопросапної сівозміні виявилася на 3 % меншою порівняно з плодозмінною сівозміною.

Загальна кількість бактерій, які використовують азот мінеральних сполук на період сходів соняшнику, зростала за досліджуваних сівозмін, що спричинило активність іммобілізаційних процесів у чорноземі типовому. За органо-мінеральної системи удобрення їхня чисельність за плодозмінної сівозміні досягла 33,2 млн в 1 г ґрунту.

За зернопросапної спеціалізованої і зернопросапної сівозмін кількість таких перебувала на одному рівні із плодозмінною, що пов'язано з особливістю перебігу мінералізаційних процесів у ґрунті.

Чисельність олігонітрофілів, які живуть і розвиваються в ґрунтах із низьким вмістом азоту та вуглецю, доволі різноманітна. Найбільше у чорноземному ґрунті на удобрених ділянках їх спостерігали у просапній і зернопросапній спеціалізованій сівозмінах – відповідно 18,6 та 18,0 млн в 1 г ґрунту, у плодозмінній – 16,8 млн в 1 г ґрунту.

За надмірної кількості мінерального азоту в чорноземі типовому, що стається за зернопросапної і плодозмінної сівозмін, розвиток олігонітрофілів сповільнюється.

У зернопросапній сівозміні на період сходів соняшнику виявлено найбільшу чисельність фосфорних бактерій – 8,4 млн в 1 г ґрунту, найменшу відзначено за просапної сівозміни – 4,4 млн в 1 г ґрунту.

Застосування органо-мінеральної системи удобрення підвищує мінералізацію органічної речовини добрив і ґрунту, посилює розвиток бактерій на чорноземі типовому, зумовлюючи поліпшення поживного режиму. За зростання чисельності бактерій, що використовують мінеральний азот, це сприяє зниженню втрат азоту з ґрунту.

Мікробіологічні процеси, які перебігають пришвидшено за плодозмінної сівозміни завдяки наявності біологічного азоту, сприяють збільшенню кількості мікроорганізмів.

Між рівнем зволоженості та чисельністю основних таксономічних груп мікроорганізмів чорнозему типового виявлено прямий кореляційний зв'язок.

Кореляційна залежність фізіологічних груп ґрунтових мікроорганізмів із запасами доступної вологи в шарі ґрунту 0–30 см показує прямий кореляційний зв'язок на рівні сильної кореляції ($R^2=+0,91-0,99$; $R^2=+0,82-0,99$), чисельність мікроорганізмів у ґрунті визначається рівнем зволоженості чорнозему типового у 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 перебуває на рівні прямої сильної кореляції.

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 ($r = 0,07\pm 0,37$).

Зростання вмісту гумусу в ґрунті на рівні прямої середньої кореляції ($r=0,51\pm 0,32$) пов'язано з збільшенням чисельності амоніфікаторів, що сприяють зростанню біогенності чорнозему типового. Із фосфорними бактеріями та вмістом гумусу встановлено 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 ($r=0,26\pm 0,36$; $r=0,28\pm 0,36$; $r = 0,24\pm 0,37$).

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

Урожайність культур. 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 усіх 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 удобрення.

Найвищу продуктивність чотирьох короткоротаційних сівозмін забезпечив варіант полицево-безполицевого 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. 4).

За мілкового безполицевого обробітку простежується тенденція до зменшення продуктивності: за плодозмінної – 12,2 %, за зернопросапної на 18,6, зернопросапної спеціалізованої – на 5,6 і за просапної – на 11,9 % порівняно з диференційованим обробітком ґрунту. Це можна пояснити зростанням забур'яненості полів сівозмін, а також ущільненням ґрунту.

Найвищу продуктивність сівозміни зафіксовано 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.

Якість продукції. Якісні показники пшениці озимої залежно від удобрення й обробітку ґрунту вивчали у плодозмінній сівозміні.

Упродовж періоду досліджень встановлено позитивний вплив застосування добрив на продуктивність пшениці озимої. Застосування добрив сприяло істотному зростанню маси 1000 насінин, вмісту білка й клейковини порівняно з варіантом без добрив.

Також відбулося підвищення склоподібності та натури 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 до 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 органо-мінеральною системою удобрення. Мінеральна система удобрення забезпечила зростання вмісту сирової клейковини у зерні пшениці озимої на 5,2–6,3 % порівняно з контрольним варіантом. 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.

Загальна продуктивність короткоротаційних сівозмін значно залежить від гідротермічних показників, що склалися у роки досліджень.

Середньодобова температура повітря за рік та сума опадів за вегетаційний період мали істотний обернений середній зв'язок на продуктивність сівозмін упродовж двох ротацій. Відзначено зростання інтенсивності впливу температурного режиму в червні ($R^2=0,866$) та у листопаді ($R^2=0,74$).

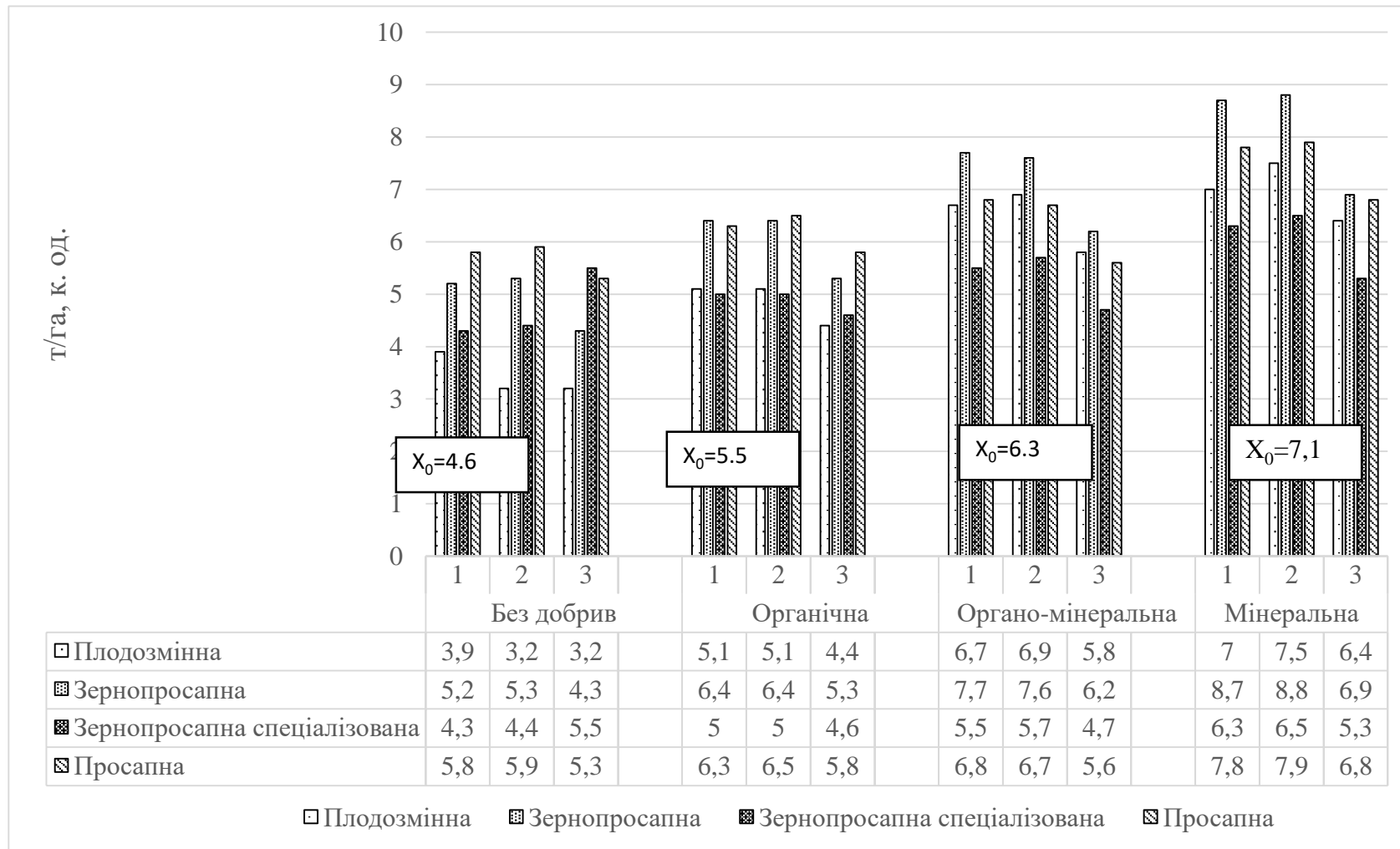


Рис. 4. Продуктивність ріллі в середньому в короткоротаційних сівозмінах залежно від систем удобрення та обробітку ґрунту виражена в кормових одиницях, т/га за 2012–2021 рр.

1 – диференційований (контроль); 2 – полицево-безполіцевий; 3 – мілкий безполіцевий.

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.

У дослідженнях встановлено суттєвий прямий зв'язок між якісними показниками пшениці озимої і внесеною дозою мінеральних добрив у плодозмінній сівозміні.

Відначено від'ємний кореляційний зв'язок між якісними показниками пшениці озимої і кількістю опадів у травні та червні. Встановлена обернена середня залежність між якісними показниками пшениці озимої та кількістю бур'янів.

ЕНЕРГЕТИЧНЕ, ЕКОНОМІЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН

Енергетична ефективність сівозмін. Енергетичний аналіз показав, що плодозмінна суттєво підвищує вихід енергії як за органо-мінеральною, так і за мінеральною системами удобрення (табл. 3).

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 і просапної – на 29,3 ГДж.

У міру збільшення норми мінеральних добрив зростає вихід енергії з урожаєм у всіх сівозмінах.

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 і 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.

За застосування на варіантах тільки органічних добрив спостерігається суттєве зниження виходу енергії в усіх чотирьох сівозмінах. Так, вихід енергії за плодозмінної сівозміни становив 81,2 ГДж, зернопросапної – 75,2, зернопросапної спеціалізованої – 57,0 і просапної сівозміни 73,2 ГДж.

Економічна ефективність сівозмін. На основі технологічних карт наведено дані грошових витрат на 1 га сівби культур сівозмін. Розрахунки виконано за цінами, що скалися на 2022 р.

У плодозмінній сівозміні від внесення мінеральних добрив за полицево-безполицевого обробітку ґрунту умовно чистий дохід становить 17654 грн/га, рентабельність – 119,9 %, собівартість 1 т урожаю – 1389 грн/т. Доведення норми

добрив до 222 кг мінеральних добрив на 1 га сівозмінної площі ґрунту на диференційованому і полицево-безполицевому обробітках призводить до зростання рентабельності через збільшення урожайності культур сівозміни.

3. Показники енергетичної ефективності короткоротаційних сівозмін, за 2012–2021 рр.

Сівозміна	Середнє по системах обробітку ґрунту і удобрення	Вихід енергії з урожаєм, ГДж/га	Усього 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

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 становив 14336 грн, рентабельність – 93,6 % за полицево-безполицевого

обробітку ґрунту. Собівартість 1 т продукції за полицево-безполицевого обробітку ґрунту становила 4350 грн. У зернопросапній сівозміні чистий дохід залежав передусім від врожайності сільськогосподарських культур у сівозміні

Екологічне оцінювання сівозмін. Важливу роль у таких дослідженнях відіграють стаціонарні польові досліди, моніторингові спостереження за вмістом важких металів, їх нагромадженням за час освоєння сівозміни.

За орґано-мінеральної системи удобрення упродовж 2012–2021 рр. на чорноземі типовому вміст цинку зріс на 1,0–1,5 мг/кг ґрунту. За застосування орґанічної системи удобрення упродовж двох ротацій сівозміни його кількість становили 8,0 мг/кг ґрунту, що було на 1,1 мг/кг ґрунту більше, порівняно з початку першої ротації. Пояснюється це особливостями внесених добрив та виносом їх рослинами сівозміни.

На варіанті без добрив вміст свинцю перебував на одному рівні, тоді як під впливом орґанічної і мінеральної він зріс на 2,2 і 1,8 мг/кг ґрунту порівняно з початком першої ротації сівозміни і становив, 8,3 і 8,5 мг/кг ґрунту відповідно. Із застосуванням на варіанті 11,5 т орґанічних добрив і 110 кг (N₂₇ P₃₈ K₄₅) мінеральних добрив вміст свинцю підвищився на 0,4 мг/кг ґрунту.

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ NO-TILL ТЕХНОЛОГІЙ

Агрофізичні показники ґрунту залежно від технологій. Проведені дослідження показали, що на щільність ґрунту істотно впливає спосіб його обробітку та умови, що складаються в осінньо-зимовий період і впродовж усього 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 перебували в оптимальних межах – від 1,04 до 1,15 г/см³.

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. Оранка на 20–22 см через підвищення брилуватості, особливо у нижніх шарах ґрунту, знижувала згаданий показник до потрібного стану.

При цьому варто вказати на інтенсивне відновлення кількості водотривких агрегатів за технології no-till. Найнебезпечніший для структурно-агрегатного складу полицевий обробіток викликав незначне розпилення ґрунтових агрегатів. На цьому варіанті спостерігали тенденцію до зниження кількості водостійких агрегатів у шарі ґрунту 0–10 см порівняно з технологією no-till.

Вміст і запаси гумусу. Під час дослідження використання ресурсоощадних технологій обробітку ґрунту сприяло помітному збільшенню вмісту гумусу, порівняно з контролем. Так, упродовж 10 років досліджень за застосування поверхневого обробітку щодо полицевого відбулося зростання вмісту гумусу на 0,43 % (рис. 5).

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.

Забур'яненість посівів. Після внесення гербіцидів відзначено зниження чисельності бур'янів на всіх варіантах дослідів. Найменшу кількість виявлено за оранки, трохи більше за дискування ґрунту.

Технологія зумовила неістотне зростання забур'яненості посівів порівняно з оранкою внаслідок нерівномірної появи сходів сої, чого не відбувалося за оранки і дискування.

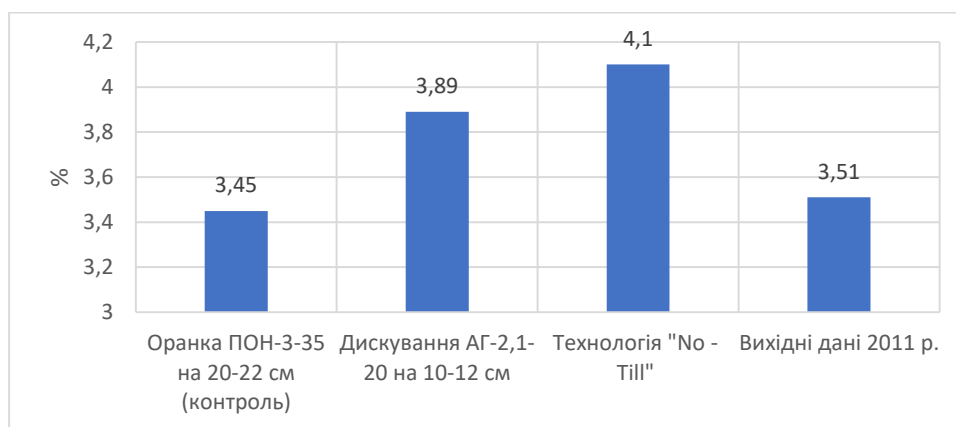


Рис. 5. Вміст гумусу в 0-20 см шару чорнозему типового залежно від технологій обробітку ґрунту, % за 2011–2021 рр.

Перед збиранням врожаю чисельність малорічних бур'янів дещо зросла на всіх варіантах дослідів, проте істотних різниць між ними не встановлено.

Урожайність культур та ефективність мінімальних технологій. Урожайність культур трипільної сівозміни за технологією обробітку ґрунту наведено на рис. 6.

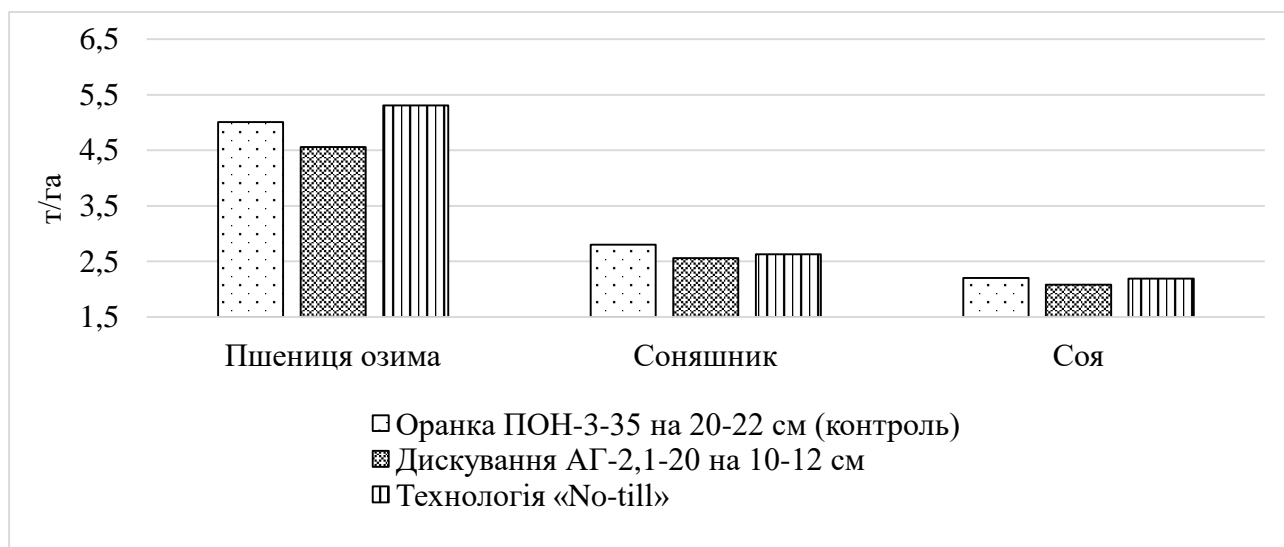


Рис. 6. Урожайність культур сівозміни залежно від технологій обробітку ґрунту, т/га за 2012–2021 рр.

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.

За різних умов зволоження (вологі роки – 2012, 2016, 2017, 2020, посушливі – 2015, 2019, 2021) виявлено однакову 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 рр. 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.

За висновками більшості вчених соя позитивно реагує на технології no-till.

Урожайність сої у середньому за роки досліджень істотно за технологіями обробітку ґрунту не відрізнялася. Так, за застосування дискування урожайність сої знизилась неістотно порівняно з оранкою на 5,4 %. За технологією no-till урожайність отримано на одному рівні з оранкою.

Урожайність соняшнику найзначніше знизилась 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 %.

Енергетичне й економічне оцінювання ефективності технологій обробітку ґрунту. Скорочення витрат палива за технології no-till сприяло економії витрат порівняно з полицевим обробітком. За дискування економія коштів становила 265 грн/га, за технології no-till – 2436 грн/га. Застосування мінімальних технологій у сівоzmіні за роки досліджень зумовили суттєве скорочення витрат порівняно з полицевим обробітком.

За технології no-till відбулося істотне скорочення витрат, підвищення продуктивності сівоzmіни упродовж 10 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 %.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі 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 сівоzmін, 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 мілкового безполицевого обробітку відзначено ушільнення 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 мілкового 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-мінеральною системами удобрення. Сприятливі умови для накопичення і збереження доступної в агрофітоценозі соняшнику вологи спостерігались за мілкового 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 органо-мінеральної й органічної систем удобрення у зернопросапній сівозміні вміст гумусу підвищився на 0,23 і 0,16 % в орному шарі ґрунту, а його рівень досягав 4,19 і 4,18 %. За органо-мінеральної системи удобрення у просапній сівозміні кількість гумусу впродовж двох ротацій в орному шарі ґрунту становили 3,85 і 3,93 %, приріст збільшився на 0,08 %. За мінеральної системи удобрення вміст гумусу в орному шарі ґрунту зменшився у всіх короткопільних сівозмінах. Найзначніше підвищення вмісту гумусу у шарі ґрунту 0–10 см відбулося за полицево-безполицевого – 13,0 % і мілкового безполицевого – на 13,4 % обробітків ґрунту порівняно з контрольним варіантом.

Співвідношення Стк : Сфк істотно не змінилося, тип гумусу залишився характерним для чорнозему типового.

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

5. Найвищий вміст лужногідролізованого азоту зафіксовано за мінеральної системи удобрення зернопросапної сівозміни. Застосування органо-мінеральної системи удобрення призводить до неістотного зниження умісту лужногідролізованого азоту в чорноземі типовому порівняно з мінеральною системою. За просапної сівозміни вміст лужногідролізованого азоту в ґрунті виявився найнижчим.

6. Вміст мінерального азоту в агроценозі соняшнику за мінеральної системи удобрення значно зменшився за плодозмінної сівозміни – на 1,3 мг/кг ґрунту, зернопросапної – на 3,2, зернопросапної спеціалізованої – на 0,1 і на 0,8 мг/кг ґрунту за просапної сівозміни порівняно з органічною. Органо-мінеральна система удобрення виявляла істотну перевагу за його вмістом у ґрунті порівняно з мінеральною системою.

Найвищий вміст нітратного азоту формується за органо-мінеральної і мінеральної систем удобрення соняшнику, коли врівноважуються процеси нітрифікації й мобілізації азоту. На період збирання соняшнику вміст нітратного азоту зменшився у 2–2,5 рази порівняно із періодом сходів. Найвищий вміст NO_3 спостерігали за плодозмінної і зернопросапної сівозмін.

7. Фосфатний фонд чорнозему типового у короткоротаційних сівозмінах поліпшується та піддається регулюванню залежно від системи удобрення. Істотних змін за вмістом рухомого фосфору в орному й підорному шарі ґрунту впродовж вегетації соняшнику за обробітками не виявлено. Встановлено лише тенденцію до зростання вмісту рухомого фосфору в шарах ґрунту 0–25 см і 25–50 см за мілкового безполицевого обробітку порівняно з диференційованим.

Застосування мінеральної й органо-мінеральної систем удобрення у сівозмінах сприяє більшому використанню рухомого фосфору сільськогосподарськими культурами короткоротаційних сівозмін і 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 сівозміна призводила до зниження вмісту рухомого фосфору у чорноземі типовому на 11,2 % порівняно з плодозмінною сівозміною.

8. Формування калійного фонду чорнозему типового залежить від системи удобрення та наявності калію у ґрунтововбирному комплексі. Вміст обмінного калію на період сходів соняшнику в орному шару за органо-мінеральної системи удобрення у плодозмінній сівозміні зріс на 69 %, у мінеральній – на 73 % порівняно з контролем. У фазу досягання соняшнику 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 сівозміною.

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 соняшнику 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 соняшнику з перевагою однодольних бур’янів, тоді як за полицево-безполицевого обробітку – дводольних. За полицево-безполицевого обробітку ґрунту у посівах соняшнику 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 CO_2 ґрунтом істотно збільшилася – на 2,7–6,6 % за органо-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 органічних добрив на 1 га сівозмінної площі і мінеральних добрив $N_{80}P_{80}K_{80}$ 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 сівозміни – 4,4 млн в 1 г ґрунту. За органо-мінеральної системи удобрення чисельність мікроорганізмів збільшилася

на 3,3–14,1 % порівняно з неудобреним 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 органо-мінеральної систем удобрення, вирізняється значно вищими показниками якості. За органічної 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 $N_{120}P_{120}K_{150}$ на фоні 8 т/га гною знижувало цукристість, доброякісність соку. Органо-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 неудобреним варіантом. Органічне удобрення з насиченням 11 т/га органічних добрив на 1 га сівозмінної площі сприяло зростанню вмісту сирого протеїну на 7,7 %, порівняно з неудобреним варіантом.

Вміст сирого жиру в зеленій масі люцерни за органічної і мінеральної систем удобрення виявився однаковим. Застосування добрив на варіантах досліді 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 органо-мінеральної системи удобрення зумовило неістотне зниження продуктивності культур усіх короткоротаційних сівозмін. За органічної системи удобрення відбувається істотне зниження – на 22,5 % порівняно з мінеральної 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 зернопросапній 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 (N₃₈P₄₀K₃₈) 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 (N₂₇P₃₈K₄₅) 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 проведенні 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 ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ **Статті у періодичних наукових закордонних виданнях,** **проіндексовані у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus**

1. **Voitovyk M., Butenko A., Prymak I., Mishchenko Y., Tkachenko M., Tsyuk O., Panchenko O., Sleptsov Y., Kopylova T., Havryliuk O.** Influence of fertilizing and tillage systems on humus content of typical chernozem. *Agraarteadus*. 2023. 1. 44–50. (60 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення статті).

2. **Voitovyk M., Prymak I., Tsyuk O., Sleptsov Y., Panchenko O.** Changes in the hardness and moisture capacities of a typical black soil in the agrocenose of winter wheat and sunflower. *Journal of Central European Agriculture*. 2023. 24(3): 713–721. (70 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення результатів, написання статті)

3. **Voitovyk M., Butenko Y., Tkachenko., Mishchenko Y., Tsyuk O., Obrazhyu S., Panchenko O., Martyniuk I., Kondratiuk I., Kopylova T.** Assessment of the effect of sunflower agrocenosis on the characteristics of the structural and aggregate composition of typical black soil. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. 25(1):153–160. (55 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз і узагальнення статті).

Статті у наукових фахових виданнях України

4. **Войтовик М. В.** Пористість ґрунту за вирощування буряків цукрових у плодозмінній сівозміні. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 129. С. 32–37.

5. **Войтовик М. В.** Якість зерна пшениці озимої залежно від удобрення і обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 133. С. 12–18.

6. **Войтовик М. В.** Забур'яненість агроценозів соняшнику в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (1). С. 8–21.

7. **Войтовик М. В.** Накопичення післяжнивних решток у ґрунті короткоротаційних сівозмін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 73 (1). С. 42–56.

8. **Войтовик М. В.**, Гентош Д. Т., Красюк Л. М., Цюк О. А. Кореневі гнилі пшениці озимої і гороху в короткоротаційних сівозмінах. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип. 3(9). С. 15–22. (50 % авторства: отримання експериментальних даних та узагальнення результатів, написання статті).

9. **Войтовик М. В.** Продуктивність короткоротаційних сівозмін на чорноземі типовому. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Вип. 3 (40). С. 15–20.

10. Примак І. Д., **Войтовик М. В.**, Горновська С. В., Покотило І. А., Федорук Ю. В., Присяжнюк Н. М., Нагорнюк О. М., Панченко О. Б., Ображій С. В. Ефективність різних систем обробітку ґрунту, удобрення в короткоротаційній сівозміні та вплив на фітосанітарний стан агроценозів. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 150–163. (35 % авторства: аналіз та узагальнення результатів, написання статті).

11. Примак І. Д., Присяжнюк Н. М., Федорук Ю. В., **Войтовик М. В.**, Палапа Н. В., Нагорнюк О. М. Періодизація еволюції вчення про системи землеробства в Україні у контексті розвитку систем сільського господарства. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 2. С. 57–68. (40 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та написання статті).

12. Примак І. Д., Глеваський В. І., **Войтовик М. В.**, Павліченко А. А., Качан Л. М., Панченко О. Б., Ображій С. В. Запаси доступної ґрунтової вологи, урожайність і маса кореневих решток пшениці озимої та післяжнивної гірчиці білої залежно від систем обробітку, попередників і удобрення в п'ятипільній сівозміні. *Агробіологія*. 2023. № 1. С. 98–113. (45 % авторства: аналіз та узагальнення результатів, написання статті).

13. Примак І. Д., Єзерковська Л. В., **Войтовик М. В.**, Караульна В. М., Панченко О. Б., Качан Л. М., Ображій С. В. Вплив систем удобрення на масу рослинних решток агрофітоценозів короткоротаційної сівозміни, баланс ґрунтового гумусу і екологізація рільництва. *Агробіологія*. 2023. № 2. С. 100–111. (50 % авторства: аналіз та узагальнення результатів, написання статті).

14. Примак І. Д., Присяжнюк Н. М., Федорчук Ю. В., **Войтовик М. В.**, Ображій С. В. Маловідомі факти наукової спадщини О. О. Ізмаїльський (до 170-річчя від дня народження). *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 53–62. (35 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та написання статті).

15. Примак І. Д., Єрмолаєв М. М., Панченко О. Б., Ображій С. В., **Войтовик М. В.**, Присяжнюк Н. М., Панченко І. А., Філіпова Л. М. Зміна запасів продуктивної ґрунтової вологи під агрофітоценозами залежно від систем основного обробітку в короткоротаційній сівозміні. *Агробіологія*. 2021. № 1. С. 131–144. (30 % авторства: аналіз та узагальнення результатів, написання статті).

16. Примак І. Д., Панченко О. Б., Панченко І. А., Федорук Ю. В., Ображій С. В., **Войтовик М. В.**, Присяжнюк Н. М. Продуктивність і удобрювальна цінність післяжнивної гірчиці білої на зелене добриво залежно від попередників, систем основного обробітку і удобрення. *Агробіологія*. 2021. № 2.

С. 124–136. (40 % авторства: аналіз та узагальнення результатів, написання статті).

17. Примак І. Д., **Войтовик М. В.** Баланс гумусу в короткоротаційній сівозміні правобережного Лісостепу України залежно від систем удобрення чорнозему типового. *Агробіологія*. 2020. № 1. С. 151–159. (50 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення результатів, написання статті).

18. Примак І. Д., **Войтовик М. В.**, Панченко О. Б., Присяжнюк Н. М., Ображій С. В. Панченко І. А., Філіпова Л. М. Вплив систем удобрення на зміну агрохімічних властивостей чорнозему типового за використання побічної продукції продукції просапних культур сівозміни упродовж ротації як органічного добрива. *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 147–159. (50% авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення результатів, написання статті).

19. Примак І. Д., Левандовська С. М., Панченко О. Б., Панченко І. А., **Войтовик М. В.** та ін. Біологічна активність чорнозему типового за різних систем основного обробітку та удобрення культур короткоротаційних сівозмін. *Агробіологія*. 2019. № 2. (147). С. 43–58. (з 5% авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення результатів, написання статті).

20. Примак І. Д., Панченко О. Б., **Войтовик М. В.**, Панченко І. А., Карпенко В. Г. Вплив систем основного обробітку і удобрення під культурами короткоротаційної сівозміни на агрохімічні властивості ґрунту. *Агробіологія*. 2019. № 1. С. 20–30. (40 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та написання статті).

21. Примак І. Д., Панченко О. Б., **Войтовик М. В.**, Карпенко В. І., Левандовська С. М., Панченко І. А. Еволюція теоретичних і практичних основ переходу від полицевого до безполицевого і поверхневого та нульового обробітків ґрунту в Україні з середини першої половини 20 століття до сьогодення. *Агробіологія*. 2018. № 2 (139). С. 17–27. (55 % авторства: отримання експериментальних даних, узагальнення результатів, написання статті).

22. 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 рослин елементів живлення і продуктивність польової сівозміни в Правобережному Лісостепу України. *Агробіологія*. 2017. № 2 (135). С. 16–24. (40 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та написання статті).

23. Примак І. Д., Панченко О. Б., **Войтовик М. В.**, Панченко І. А. Продуктивність агрофітоценозів польової сівозміни за різних систем основного обробітку і удобрення у Правобережному Лісостепу України. *Агробіологія*. 2016. № 2. (128). С. 5–11. (40 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та написання статті).

24. Примак І. Д., **Войтовик М. В.** Ерозія і технологія обробітку ґрунту: Історія розвитку наукових поглядів до початку другої половини 20 століття. *Агробіологія*. 2015. № 2 (121). С. 5–12. (60 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та написання статті).

25. Примак І. Д., **Войтовик М. В.** Єволюція селянського травосіяння за екстенсивних і перехідних систем землеробства. *Агробіологія*. 2015. № 1. С. 2–11. (55 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та написання статті).

26. **Войтовик М. В.**, Примак О. І. Еволюція культури пшениці в Україні за різних систем землеробства до ХХ століття. *Агробіологія*. 2014. № 1. (109). С. 5–11. (60 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та написання статті).

27. **Войтовик М. В.** Родючість ґрунту і системи землеробства у контексті сталого розвитку, нової біосферної парадигми природокористування і закону ноосфери В. І. Вернадського. *Агробіологія*. 2014. № 2. (113). С. 5–12.

Статті у наукових фахових виданнях України, включені до міжнародних наукометричних баз даних

28. **Войтовик М. В.**, Примак І. Д., Цюк О. А., Мельник В. І. Родючість чорнозему типового за багаторічного основного обробітку ґрунту в короткоротаційній сівоzmіні. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. № 3 (103). (60 % авторства: отримання експериментальних даних, їх аналіз, написання статті).

29. **Войтовик М. В.**, Цюк О. А. Кореляційні зв'язки урожайності соняшнику з показниками родючості чорнозему типового за різних систем удобрення. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. № 4 (104). (80 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення статті).

30. **Войтовик М. В.**, Панченко О. Б., Цюк О. А., Міщенко Ю. Г. Енергетична ефективність агротехнологій короткоротаційних сівоzmінів. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. № 5 (105). (40 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення результатів, написання статті).

31. **Войтовик М. В.**, Панченко О. Б., Примак І. Д., Цюк О. А. Порівняльна оцінка агрофізичних властивостей за різних технологій обробітку ґрунту в сівоzmіні. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. № 6 (106). (65 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення результатів, написання статті).

32. **Voitovyk M.**, Prymak I., Tsyuk O., Melnyk V. Qualitative composition of humus and physical and chemical properties of typical chernozem depending on the fertilizer system. *Plant and Soil Science*. 2023. 14(1): 9–21. (60 % авторства: отримання експериментальних даних та узагальнення результатів, написання статті).

33. **Voitovyk M.**, Prymak, I., Panchenko, O., Tsyuk, O., & Melnyk, V. Humus state and nutrient regime of typical chernozem depending on fertilisation in

short crop rotations. *Plant and Soil Science*, 2023. 14(4): 33–44. (60 % авторства: отримання експериментальних даних та узагальнення результатів, написання статті).

Статті в інших виданнях

34. Prymak I. D., Yakovenko O. M., **Voytovyk M. V.**, Karaulna V. M., Yezerkovska L. V., Panchenko O. B., Fedoruk Yu. V., Pokotylo I. A., Panchenko I. A. Effect of soil treatment on pest infestation and crop disease distribution in black soil fields with short rotation crops. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10(1): 127–132. (35 % авторства: отримання експериментальних даних, аналіз та написання статті)

35. Примак І. Д., Федорук Ю. В., Присяжнюк Н. М., **Войтовик М.**, Федорук Н., Панченко О., Козак Л. До питання історії виникнення та еволюції вигідної системи землеробства. *Новітні технології в АПК: дослідження та управління*. 2023. Вип. 32(46). С. 139–150. (35 % авторства: аналіз та написання статті).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

36. Примак І. Д., Присяжнюк Н. М., **Войтовик М. В.**, Ображій С. В., Панченко О. Б., Панченко І. А. Баланс гумусу орного шару чорнозему типового і продуктивність сівозміни за різних систем удобрення у Правобережному Лісостепу України. *Ресурсозберігаючі технології вирощування культурних рослин* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (23 квітня 2021 р. м. Біла Церква). Біла Церква: БНАУ, 2021. С. 12–15.

37. Примак І. Д., **Войтовик М. В.**, Панченко О. Б., Ображій С. В. Зміна рясності бур'янового компонента агрофітоценозів і продуктивності сівозміни за чотирьох систем основного обробітку ґрунту. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку* : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (30-31 березня 2023 р., м. Біла Церква). Біла Церква : БНАУ, 2022. С. 239–242.

38. Примак І. Д., **Войтовик М. В.**, Єзерковська Л. В., Караульна В. М., Панченко О. Б., Ображій С. В. Структура мікробіоти чорнозему типового за різних систем основного обробітку і удобрення в сівозміні. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції (26 жовтня 2023 р., м. Біла Церква). Біла Церква : БНАУ, 2023. С. 20–23.

39. Горновська С. В., Примак І. Д., **Войтовик М. В.**, Павліченко А. А. Вплив систем основного механічного обробітку ґрунту та удобрення на поширеність шкідників в агробіоценозах п'ятипільної сівозміни. *Ентомологічні читання пам'яті видатних вчених-ентомологів В.П. Васильєва і М.П. Дядечка* : Матеріали всеукраїнської науково-практичної online-конференції, присвяченої 110-річчю від дня народження видатних вчених-ентомологів В.П. Васильєва і М. П. Дядечка (21 березня 2023 р., м. Київ) Київ, 2023. С. 34–37.

40. Примак І. Д., Павліченко А. А., Панченко О. Б., **Войтовик М. В.** Ефективність регулювання бур'янового компонента агрофітоценозів системами

основного обробітку ґрунту в п'ятипільній сівоzmіні. *Стратегія і тактика вирішення проблем здоров'я фітоценозів* : Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції. (6 квітня 2023 р., м. Житомир) Житомир : Поліський національний університет, 2023. С. 143–147.

41. Примаєк І. Д., **Войтовик М. В.**, Караульна В. М., Єзерковська Л. В., Панченко О. Б., Кулик Р. М. Фітосанітарний стан агроценозів зернових культур за різних систем основного обробітку і удобрення в короткоротаційній сівоzmіні. *Аграрна наука : стан та перспективи розвитку* : Матеріали ІІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції (28-29 листопада 2023 р., м. Одеса) Одеса : Одеський державний аграрний університет, 2023. С. 22–25.

Навчальні посібники

42. Примаєк І. Д., Трегуб М. І., Демидась Г. І., Демцюра Ю. В., **Войтовик М. В.**, Панченко О. Б. Історія землеробської техніки : Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 182 с. (*Підготовка і написання розділу «Традиційні землеробські знаряддя обробітку ґрунту, збирання та переробки урожаю в Україні»*).

43. Примаєк І. Д., Купчик В. І., Лозінський М. В., **Войтовик М. В.**, Панченко О. Б. Агрономічне ґрунтознавство: посібник. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД». 2017. 580 с. (*Підготовка підрозділу «Морфологічна будова профілю»*).

44. Примаєк І. Д., Єзерковська Л. В., Федорук Ю. В., Караульна В. А., **Войтовик М. В.**, Покотило І. А., Панченко О. Б. Землеробство: Підручник. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 578 с. (*Підготовка розділу «Наукові основи сівоzmін»*).

45. Примаєк І. Д., Косолап М. П., **Войтовик М. В.**, Богатир Л. В., Караульна В. М., Панченко О. Б., Федорук Ю. В., Панченко І. А., Покотило І. А. Механічний обробіток ґрунту: історія, теорія, практика: посібник. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. 428 с. (*Підготовка розділу «Класифікація механічного обробітку ґрунту»*).

46. Примаєк І. Д., Марчук І. У., Мартинюк І. В., Єзерковська Л. В., Хахула В. С., Філіпова Л. М., Панченко О. Б., Ображій С. В., Караульна В. М., Карпук Л. М., Павліченко А. А., Тітаренко О. С., **Войтовик М. В.**, Кулик Р. М. Добрива в органічному землеробстві: історія, теорія, практика: посібник. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2023. 262 с. (*Підготовка розділу «Класифікація добрив»*).

АНОТАЦІЯ

Войтовик М. В. Наукове обґрунтування продуктивності короткоротаційних сівоzmін і відтворення родючості чорнозему типового Правобережного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.01 – загальне землеробство. – Білоцерківський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Біла Церква, 2024.

У дисертаційній роботі викладено 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.

У роки проведення досліджень метеорологічні умови значною мірою відтворювали агрономічний і екологічний потенціал та були типовими для зони Правобережного Лісостепу України, що дозволило використовувати одержані дані у виробничих умовах. Ґрунтовий покрив дослідів характерний для цього регіону, що сприяє одержанню високих і сталих урожаїв зерна пшениці озимої, сої, ячменю, кукурудзи, соняшнику, гречки, гороху за умов науково обґрунтованого підходу до технології вирощування.

Полеві і лабораторні досліді виконували згідно із загальноприйнятими методиками. Агротехніка в досліді загальноприйнята для Правобережного Лісостепу України, крім факторів, що вивчалися.

Встановлено, що на період сходів соняшнику у шарі ґрунту 0–10 см істотної різниці у запасах доступної вологи не відмічено. Запаси ґрунтової вологи коливалися від 10,6 до 12,7 мм. Істотно вищі запаси доступної вологи у верхньому шарі ґрунту 0–10 см спостерігали за мілкою безполицевою обробітку ґрунту порівняно з контролем. На початок цвітіння соняшнику вміст вологи у шарі ґрунту 0–10 см у середньому становив 8,0 мм за різних систем обробітку. На період збирання соняшнику запаси вологи зменшилися.

Відзначено, що структурнішим у шарі ґрунту 0–30 см виявився ґрунт у посівах соняшнику за полицево-безполицевою обробітку на початку вегетації – 92,1 % цінних агрегатів. Кількість брил у шарі ґрунту 0–10 см за мілкою обробітку відзначено 13,8 %, за диференційованого – 6,1 % і полицево-безполицевого – 6,8%. Наприкінці вегетації соняшнику в шарі ґрунту 0–30 см, порівнюючи із ранньовесняним періодом, незалежно від заходів обробітку ґрунту, кількість агрономічно цінних агрегатів зменшувалася, тоді як зростала чисельність фракцій понад 10 мм та менше 0,25 мм.

Доведено, що твердість ґрунту в шарі 0–30 см у посівах ячменю навесні за мілкою безполицевою обробітку досягала 10,3 кг/см², за полицево-безполицевою – 7,4, за диференційованого – 5,3 кг/см². Застосування чизельного обробітку на 20–22 см на варіанті диференційованого дає можливість істотно розуцільнити та знизити показники твердості ґрунту в 1,3–1,8 раза порівняно з дисковим обробітком.

На початку вегетації культур плодозмінної сівозміни склалися сприятливі умови щільності, що перебували у межах 1,11–1,31 г/см² у шарі ґрунту 0–30 см.

Баланс гумусу у зернопросапній сівозміні показав, що загальна кількість новоутвореного гумусу становить 12,38 т/га, з них 9,40 т/га зазнали мінералізації поля сої – 1,62, кукурудзи – 2,9 т/га. Найвищі показники за рівнем забезпечення ґрунту на гумус виявилось у полях пшениці озимої, соняшнику, ячменю, де надійшла найбільша кількість органічних залишків, соломи і сидератів. Органо-мінеральна система удобрення у сівозмінах стабілізує й підвищує вміст гумусу.

Найбільше підвищення вмісту гумусу спостерігається у зернопросапній і плодозмінній сівозмінах. Вміст гумусу за мінеральної системи удобрення в орному шарі зменшився в усіх сівозмінах.

Встановлено, що сівозміни істотно впливали на вміст лужногідролізованого азоту в ґрунті. Найвищий його вміст відзначали за плодозмінної сівозміни – 125 мг/кг ґрунту у решти сівозмін показник становив 115–116 мг/кг. Найвищий вміст лужногідролізованого азоту зафіксовано за мінеральної системи удобрення зернопросапної сівозміни.

За сумісного застосування органічних і мінеральних добрив вміст фосфору у плодозмінній сівозміні на час сходів соняшнику мав суттєве зростання. У просапній сівозміні вміст рухомого фосфору за мінеральної системи удобрення в орному шарі перебував на рівні 6,5 мг/кг ґрунту і був нижчим порівняно з плодозмінною сівозміною.

За орґано-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 мінеральної системи удобрення у плодозмінній сівозміні спостерігали найбільший вміст обмінного калію в орному шарі, що становить 209 мг/кг ґрунту. Орґанічна система удобрення значно знижувала вміст обмінного калію в орному і підорному шарах ґрунту порівняно з мінеральною системою.

Відзначено, що забур'яненість посівів пшениці озимої значно зростає за мілкого безполицевого обробітку ґрунту. Полицево-безполицевий обробіток сприяв до зменшенню чисельності бур'янів в агроценозах пшениці озимої.

Доведено, що найвищий розвиток кореневої гнилі гороху відбувається за мілкого безполицевого обробітку ґрунту. Полицевий обробіток під горох сприяв меншому поширенню та розвитку кореневої гнилі. У посівах соняшнику найвищу біологічну активність зафіксовано за полицево-безполицевого і диференційованого обробітку, нижчу – за мілкого безполицевого розпушування. Найнижчу біологічну активність у посівах соняшнику відзначено за мілкого безполицевого обробітку порівняно з диференційованим – на 33 мг/м².

Найбільший збір кормових одиниць з 1 га одержано за мінеральної системи удобрення. Орґанічна система удобрення призводила до істотного зниження продуктивності ріллі порівняно з мінеральною системою.

У зернопросапній сівозміні стабільність зросла до 79–83 %. За зернопросапної спеціалізованої сівозміни стабільність землеробства призвела до істотного зниження.

Доведено, що за вмістом енергії ґрунту енергетично ефективнішими виявилися орґанічна та орґано-мінеральна системи удобрення. За всіх обробітків ґрунту відбувається зниження енергопотенціалу чорнозему типового. Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності забезпечували орґанічна й орґано-мінеральна системи удобрення. K_{ee} у зернопросапній сівозміні становив 5,7, зернопросапній спеціалізований – 4,3, просапній – 5,8.

Встановлено, що ресурсощадні технології обробітку ґрунту сприяли зростанню вмісту гумусу в шарі ґрунту 0–20 см за дискування на 10–12 см на

0,43 %, за технології no-till на 0,64 %. Застосування оранки зумовлює зниження вмісту гумусу щодо вихідного вмісту на 0,05 %.

Ключові слова: короткоротаційні сівозміни, продуктивність сівозмін, обробіток ґрунту, мінеральні добрива, органічні добрива, економічна та енергетична ефективність, ресурсощадні технології.

ABSTRACT

Voitovyk M. V. **Scientific substantiation of the productivity of short-rotational crop rotations and the reproduction of black soil fertility of the typical Right Bank Forest Steppe of Ukraine.** – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the scientific Doctor's degree of Agricultural Sciences, specialty 06.01.01 – Agriculture. – Bila Tserkva National Agrarian University. Bila Tserkva, 2024.

The dissertation presents a theoretical justification and experimentally established the new methods to dissolve the scientific and practical problem of effective use of typical deep low-humus chernozem with the reproduction of its fertility with the crop rotations, fertilization systems and soil cultivation in the Forest Steppe of Ukraine.

During the years of research, the meteorological conditions largely reproduced the agronomic and ecological potential and are typical for the zone of the central Forest-Steppe of Ukraine, this contributed to the use of the obtained indicators in production conditions. The soil surface of the experiments is characteristic for this region, which contribute to obtaining high and stable grain yields of winter wheat, soybeans, barley, corn, sunflower, buckwheat, peas with the conditions of a scientifically based approach to growing technology.

Field and laboratory experiments were performed according to generally accepted methods. Agricultural technology in the experiments is generally accepted for the forest-steppe of Ukraine, except for the factors that were studied.

It was established that during the period of sunflower germination in the 0-10 cm layer of the soil, no significant difference in the reserves of available moisture was noted. Soil moisture reserves changed from 10,6 to 12,7 mm. Significantly higher reserves of available moisture in the upper 0-10 cm layer of the soil were observed for shallow tillage, compared to the control. At the beginning of sunflower flowering, the average moisture content in the 0-10 cm soil layer was 8.0 mm for the different tillage systems. During the sunflower harvesting period, moisture reserves decreased.

It was cleared that the fine structure in the layer of 0–30 cm was the soil in the sunflower agrocenosis for the plow-unplowing system on the beginning of the growing season was 92,1 % of the valuable soil's aggregates. The number of big aggregates in the 0–10 cm layer for shallow treatment was 13.8%, for differentiated processing was 6,1 %, and for plow-unplowing system – 6,8 %. At the end of the sunflower growing season, in the 0–30 cm soil layer, compared to the early spring period, regardless of tillage measures, the number of agronomically valuable aggregates decreased, the number of fractions larger than 10 mm and fractions smaller than 0,25 mm increased.

It was proved that the hardness of the soil in a layer of 0–30 cm in barley crops in the spring was 10,3 kg/cm² for shallow tillage without shelves, for plow-unplowing system – 7,4 kg/cm², for differentiated tillage – 5,3 kg/cm². The use of chisel tillage by 20–22 cm on the differential variant makes it possible to significantly loosen and reduce soil hardness indicators by 1,3–1,8 times compared to disk tillage.

At the beginning of the growing season of the crops of the crop rotation, favorable density conditions were established, they were within the range of 1,11– 1,31 g/cm² in the 0–30 cm soil layer.

The humus balance in the grain-row crop rotation showed that the total amount of new formed humus is 12,38 t/ha, of which 9,40 t/ha underwent mineralization of the soybean field – 1,62 t/ha, corn – 2,9 t/ha. The highest indicators in terms of the level of soil's humus were found in the fields of winter wheat, sunflower, and barley, where the largest amount of organic residues, straw and siderates were received. Organic-mineral fertilizer system stabilizes and increases humus content in crop rotations. The greatest increase in humus content is observed in grain and crop rotation with sugar beet. The content of humus under the mineral fertilizer system in the arable layer decreased in all crop rotations.

It was established that crop rotations had a significant effect on the content of alkaline hydrolyzed nitrogen in the soil. Its highest content was observed in the crop rotation with sugar beet 125 mg/kg, in the remaining crop rotations it was 115–116 mg/kg of soil. The highest content of alkaline hydrolyzed nitrogen was recorded under the mineral fertilizer system of grain row crop rotation.

The combined use of organic and mineral fertilizers, the content of phosphorus in the crop rotation at the time of sunflower germination had a significant increase. In the row crop rotation, the content of mobile phosphorus under the mineral fertilizer system in the plow layer was 6,5 mg/kg of soil lower compared to the crop rotation.

In the variant of organic-mineral system in crop rotation with sugar beet, the amount of exchangeable potassium during the period of sunflower germination reached 205 mg/kg of soil in the arable layer, which ensured the effective use of potassium by the culture. In the variant of mineral fertilizer system in the crop rotation, the highest content of exchangeable potassium was observed in the arable layer, which is 209,0 mg/kg of soil. The organic fertilization system significantly reduced the content of exchangeable potassium in the arable and subsoil layers of the soil compared to the mineral system.

The weed's quality of winter wheat increases significantly with shallow tillage. Plow with unplowing tillage led to a decrease in the number of weeds in winter wheat field.

The highest development of pea mould root was carried out with shallow tillage. Shallow tillage for peas helped to reduce the spread and development of mould black root. In sunflower, the highest biological activity was recorded for Plow- unplowing system and differentiated tillage, and lower – for shallow, shelf-less loosening. The lowest biological activity in sunflower crops was 33 mg/m² for shallow tillage compared to differentiated.

It was established that resource-saving soil cultivation technologies contributed to the growth of the humus content in the 0–20 cm soil layer, by 0,43 % for disking at 10-12 cm, and by 0,64 % for technologies no-till. The application of plowing is marked by a decrease in humus content compared to the initial content by 0.05%.

The largest collection of fodder units from 1 hectare was obtained with the mineral fertilizer system. The organic fertilization system led to a significant decrease in the productivity of arable land, compared to the mineral system.

It was proven that the organic and organic-mineral fertilization system proved to be more energetically efficient in terms of soil energy content for all soil treatments, which led to a decrease in the energy potential of typical chernozem. The highest coefficient of energy efficiency was provided with the organic and organic-mineral fertilization system. Coefficient of effectiveness in grain-row crop rotation was 5,7, specialized grain-row crop rotation – 4,3, and row-row crop rotation – 5,8.

Key words: productivity, crop rotation, tillage, soil fertility, mineral fertilizers, organic fertilizers, resource-saving technologies.