МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА (УНУС)
Факультет агрономії

Кафедра агрохімії і грунтознавства

Допущено до захисту

«____» _____ 2023 р.

Зав. кафедри, к.с.-г.н. доцент

_____ Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ЗМІНА АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ЗА ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ У ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Виконала: студент 2-го курсу, групи 22 м-а
спеціальності «Агрономія»
ГНАТЮК Дмитро Сергійович
Керівник: МАРТИНЮК Андрій, к. с.-г. н. доцент

Умань – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП…..……..…….……4

РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ У СІВОЗМІНІ НА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ І РОДЮЧІСТЬ ГРУНТУ (огляд літератури)……7

РОЗДІЛ 2.ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ (Характеристика чорнозему опідзоленого і гібриду буряку цукрового Акація)……..17

РОЗДІЛ 3.УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯДОСЛІДЖЕНЯ…….19

3.1.Характеристика ґрунту під дослідом…….20

3.2. Кліматичні та погодні умови……..20

3.3.Схема досліду ……..…….23

3.4.Агротехніка вирощування буряку цукрового в досліді……...24

3.5. Програма досліджень і методика їх проведення …….25

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ……..……..27

4.1. Вплив тривалого застосування органо-мінеральної системи удобрення в сівозміні на вміст гумусу в ґрунті……. 27

4.2. Зміна кислотно-основних властивостей чорнозему опідзоленого після тривалого застосування добрив у сівозміні…….28

4.3. Вплив тривалого застосування добрив у польовій сівозміні на поживний режим ґрунту…… ……..34

4.4. Формування врожайності буряку цукрового після тривалого застосування добрив у польовій сівозміні.....38

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО ЗА РІЗНИХ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ В СІВОЗМІНІ……..41

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1.Організація з охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення добрив у сівозміні під буряк цукровий……44

6.2. Охорона навколишнього природного середовища під час внесення добрив у сівозміні під буряк цукровий……..48

ВИСНОВКИ……..……..51

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ……..……..52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..53
ДОДАТКИ……..……..60

ВСТУП

Ефективність землеробства значною мірою залежить від рівня родючості ґрунтового покриву. Інтенсифікація аграрного виробництва, різке скорочення виробництва та застосування гною, зменшення обсягів внесення мінеральних добрив упродовж останніх десятиліть спричинили зниження родючості ґрунтів та значно посилили процеси їх фізичної та агрохімічної деградації [1].

Важливим завданням сучасного аграрного виробництва є охорона, постійне поліпшення та раціональне використання земельних ресурсів [2].

Відновлення родючості ґрунтів – один з основних чинників підвищення врожайності сільськогосподарських культур і продуктивності агроекосистем загалом. Світовий досвід показує, що другим за важливістю засобом для сільськогосподарського виробництва є добрива.

Система удобрення, перш за все, повинна забезпечувати раціональне застосування добрив з метою підвищення родючості ґрунту, врожайності сільськогосподарських культур, покращення якості продукції та охорони навколишнього природного середовища від забруднення.

Для розроблення рекомендацій щодо підвищення родючості ґрунту важливе значення має вивчення закономірностей його змін, формування параметрів кислотно-основних властивостей та продуктивності сільськогосподарських культур за тривалого удобрення.

В зв’язку з цим виникає потреба у проведенні та використанні результатів багаторічних стаціонарних дослідів, які відображають

об’єктивний стан питання раціонального застосування добрив у землеробстві регіону.

Актуальність теми полягає в тому, що чорноземи опідзолені, які поширені в Правобережному Лісостепу зазнають змін унаслідок їх використання в інтенсивному землеробстві. Вивчення цих змін дасть змогу оцінити сучасний гумусний стан чорнозему опідзоленого після тривалого

використання та обрати оптимальні заходи ефективного регулювання й відновлення родючості для забезпечення формування високої продуктивності сільськогосподарських культур.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягає у вивченні закономірностей змін агрохімічних властивостей чорнозему опідзоленого під впливом абіотичних й антропогенних чинників після тривалого (58 років) використання. Дослідженнями, які проводилися в тривалому стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства передбачалося:

1. Вивчити зміну кислотно-основних властивостей ґрунту після тривалого використання в польовій сівозміні мінеральної, органічної та органо-мінеральної системи удобрення.

2. Дослідити вплив тривалого застосування мінеральних і органічних добрив у польовій сівозміні на вміст і запаси гумусу в чорноземі опідзоленому.

3. Визначити вплив тривалого застосування добрив у сівозміні на поживний режим грунту і формування врожайності буряку цукрового.

4. Обґрунтувати оптимальне насичення польової сівозміни органічними і мінеральними добривами, яке забезпечувало б збереження та підвищення родючості чорнозему опідзоленого в Правобережному Лісостепу України.

Наукова новизна полягає в тому, що в тривалому (впродовж 58 років) досліді встановлено вплив різних систем удобрення (мінеральної,

органічної та органо-мінеральної) на вміст гумусу, зміну кислотно-основних властивостей чорнозему опідзоленого, його поживний режим і продуктивність буряку цукрового.

Наукова цінність цих досліджень полягає в тому, що вони проводяться в стаціонарному досліді кафедри агрохімії і грунтознавства Уманського НУС, на який одержано атестат за №094, виданий Національною академією аграрних наук.

Практичне значення. Дослідження дають підстави рекомендувати виробництву оптимальне насичення сівозміни органічними і мінеральними

добривами, внесення яких може забезпечити як збереження, так і підвищення родючості чорнозему опідзоленого в Правобережному Лісостепу.

Апробація результатів досліджень. Основні положення та результати досліджень доповідалися та обговорювалися на засіданні наукового студентського гуртка кафедри агрохімії і ґрунтознавства, а також на Всеукраїнській студентській науковій конференції, приуроченій 120-річниці від дня народження видатного вченого і педагога у галузі землеробства С. С. Рубіна (Умань, 2020 рік), за матеріалами якої опубліковано статтю. (Додаток А).

РОЗДІЛ 1
ВПЛИВ ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ УСІВОЗМІНІ НА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ І РОДЮЧІСТЬ ГРУНТУ

(огляд літератури)

Родючість ґрунту – це його властивість задовольняти потребу в елементах живлення, воді, забезпечувати кореневу систему достатньою кількістю повітря і тепла та створювати оптимальне фізіологічне середовища для нормального росту й розвитку рослин та формування їх продуктивності [3].

Сучасне вирощування сільськогосподарських культур не відповідає вимогам раціонального землекористування. У більшості господарств, землеробство ведеться з ігноруванням законів повернення у грунт поживних речовин, винесених урожаєм. У результаті цього, відбувається

зниження родючості грунтів, погіршується якісний стан ґрунтового покриву. Щорічні втрати гумусу відбуваються внаслідок переваги темпів мінералізації органічних речовин над їх гуміфікацією. З урахуванням цього для простого відтворення родючості грунтів необхідно щорічно вносити приблизно 8–10 тонн органічних добрив на гектар ріллі [4].

Сьогодні агроекологічними наслідками довготривалого застосування органічних та мінеральних добрив є зміна агрохімічних, фізико-хімічних та інших властивостей удобрюваних ґрунтів. Відомо, що здебільшого частина мінеральних добрив є фізіологічно кислими, тому вважається, що застосування мінеральних систем удобрення часто супроводжується підкисленням ґрунтів та зниженням величини показника pH ґрунтового розчину[5–7].

Науковці як світового, так і вітчизняного землеробства вказують, що мінеральні добрива є могутнім фактором підвищення врожайності сільськогосподарських культур і родючості ґрунту. Однак, у літературі зустрічаються факти про те, що під впливом підвищених доз мінеральних добрив зменшується ємність вбирання ҐВК, втрачається кальцій, погіршуються фізичні та фізико-хімічні властивості різних ґрунтів[8–10].

Разом з тим, тривале сільськогосподарське використання земель без застосування добрив також погіршувало фізико-хімічні властивості ґрунтів. Науковці відмічають, що зменшити вплив та мінімізувати негативні наслідки мінеральних добрив на фізико-хімічні показники можна за використання органічних добрив за органічної або органо-мінеральної систем удобрення[11].

Як стверджує Господаренко Г. М. та інші [12,13], тривале застосування мінеральних добрив призводить до підкислення, а систематичне внесення органічних добрив сприяє розкисленню темно-сірих ґрунтів, підвищенню вмісту кальцію, магнію, калію, знижує гідролітичну кислотність.

Встановлено, що для підтримання бездефіцитного колообігу елементів живлення в господарстві велике значення має правильне поєднання органічних добрив з мінеральними. Гній і мінеральні добрива, які вносять в еквівалентних нормах, на врожай впливають приблизно однаково, але при їх поєднанні в сівозміні рівень використання рослинами елементів живлення підвищується. Крім того, систематичне внесення гною дає змогу підтримувати кількість органічних речовин у ґрунті на певному рівні та швидше відновлювати порушений у ньому баланс поживних речовин, що винесені з урожаєм[14].

Дослідженнями підтверджено, що потенціал виробництва продукції рослинництва можна реалізувати лише завдяки високій родючості ґрунтів та поліпшення їх функціональних властивостей. Відтворення родючості ґрунтів – один з основних важелів підвищення врожайності сільськогосподарських культур та продуктивності агроекосистем [15].

Вважається [16], що найбільший вплив на вміст рухомих сполук калію у ґрунті мають його фізико-хімічні властивості, дози калійних добрив, баланс калію, структура сівозміни і особливості використання нетоварної частини врожаю. Незначне зниження вмісту рухомих сполук калію у разі низької дози калійних добрив не може бути обґрунтуванням відмови від їх застосування на чорноземах. Їх насамперед необхідно вносити під калієфільні культури з метою забезпечення збалансованого мінерального живлення.

Відомо, що в Україні налічується близько 8 млн. га кислих ґрунтів, з яких близько 3 млн. – сильно - та середньокислі. Найвищу кислотність мають верхові торфовища, дерново-підзолисті ґрунти Полісся, дещо меншу – опідзолені ґрунти Лісостепу: сірі, темно-сірі лісові та чорноземи опідзолені [17].

Встановлено, що за тривалого використання ґрунту в землеробстві за різного агрохімічного навантаження зумовило не лише до формування ґрунтових фонів із різним поживним режимом, а й до змін у ҐВК.

У закладених дослідах з тривалого використання в землеробстві (1987 р., 2005–2007 рр.) та при внесенні мінеральних добрив у дозах 18,5–316,5 кг NPK на 1 га за приорювання побічної продукції в сівозміні дозволило отримати незначну зміну концентрації валових, кислоторозчинних, рухомих форм МЕ та ВМ у темно-сірому опідзоленому ґрунті в агроландшафті Правобережного Лісостепу[18].

Дослідженнями [19, 20] підтверджено, що фізико-хімічні властивості ґрунту, крім директивної дії на урожай сільськогосподарських рослин, мають індирективний вплив на поживний режим ґрунту, його біологічну активність, характер перетворення внесених у ґрунт добрив.

Доведено, що вищий уміст рухомих сполук азоту в ґрунті варіантів з мінеральною системою удобрення не впливав на врожайність культур, порівняно з варіантами органічно-мінеральної системи удобрення, але підвищував кількість нітратів у продукції [21].

Встановлено, що вміст загального фосфору і фосфорорганічних сполук у ґрунті мало динамічний. Для характеристики умов живлення рослин фосфором в основному визначають мінеральні сполуки фосфору і їх фракційний склад. Частина з них рухомі, й від їх кількості та складу залежить урожайність сільськогосподарських культур [22].

Калій, як відомо забезпечує обмінні процеси під час синтезу амінокислот і білків, у реакціях фотосинтезу. Він є активним в асиміляції, нагромадженні та

транспортуванні вуглеводів у рослині, інтенсивно впливає на газообмін у

процесі дихання. За калійного голодування в рослинах гальмується ряд біологічних процесів, що призводить до зниження їх стійкості проти грибкових захворювань та підвищення ламкості соломи [23].

Важливим чинником покращення фізико-хімічних властивостей ґрунтів, забезпечення рослин кальцієм і магнієм, зменшення нагромадження радіонуклідів у продукції рослинництва, активізації мікробіологічних процесів є хімічна меліорація [24].

Сьогодні при інтенсивному землеробстві доцільно раціонально використовувати колообіг поживних речовин, створення їх активного балансу за рахунок добрив. Важливо при розробленні чи запроваджені науково обґрунтованої системи заходів із розширеного відтворення родючості ґрунту зважати на локальні умови регіону, конкретну агрокультуру та планові рівні врожайності [25].

Аналізуючи дані у науковій літературі, можна відмітити, що мінеральні добрива меншою мірою впливають на поповнення запасів загального азоту, ніж органічні. Уміст азоту залежить від кількості надходження у ґрунт органічної речовини й інтенсивності її розкладання , а за тривалого внесення їх у ґрунті відбуваються незворотні процеси[26].

У проведених дослідженнях науковців встановлено, що тривале застосування різних за рівнем інтенсивності систем удобрення у зерно-просапній сівозміні зумовило формування агроекотопів із відповідним поживним режимом фітоценозу. Оскільки дослід триває з 1987 р., то є коректним вживання у тексті доз відповідно до насиченості добривами усієї сівозміни, а не лише досліджуваної нами ланки [27].

За даними [28], продуктивність агрофітоценозів, які формуються на опідзолених ґрунтах, найбільшою мірою залежить від забезпеченості живильного середовища азотом, на другому місці калій і третім у трійці основних біогенних елементів є фосфор. Вивчені і систематизовані дані

вказують, що при застосуванні добрив найшвидше відновлювалися запаси фосфору – перевищення до контролю, якого на удобрених варіантах становило 67,3–195,3 %, тоді як відносна величина приросту калію була значно нижчою – 27,8–143,1 %, а вміст азоту зріс лише на 3,9–33,8 % , порівняно з контролем.

Досліди, які були закладені в 1964 році свідчать, про підвищення pH до 4,6–5,4, тоді як перед закладанням досліду показник pH = 6,2, а гідролітична кислотність підвищилася з 3,4 до 5,5 смоль/кг.

Тривалість застосування мінеральних добрив на різних варіантах вказує, що забезпеченість рослин азотом змінювалася, проте залишалася на низькому рівні (118-144 мг/кг ґрунту азоту лужногідролізованих сполук), забезпеченість фосфором змінювалася від середнього до досить високого (108-261 мг/кг ґрунту фосфору рухомих сполук) та калію – від підвищеного до високого рівня (101-177 мг/кг ґрунту калію рухомих сполук).

Науковцями в інших дослідженнях вказується, що за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні істотно відмічено зміни у структурно аґреґатному складі чорнозему опідзоленого. У варіантах досліду він становив – 74,2- 88,2 %[29].

На чорноземі типовому вилугуваному Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за щорічного впродовж 30 років застосування 9 т/га гною +N50P66 K60 вміст гумусу стабілізувався у плодозмінній сівозміні на рівні 3,32 %, зерно-просапній – 3,53 %, а на неудобрених ділянках – відповідно 3,07 і 3,26 % [30].

Науковці Національного університету біоресурсів і природокористування України рекомендують на чорноземі типовому малогумусному середньосуглинковому в типовій польовій зерно-просапній десятипільній сівозміні Правобережного Лісостепу за

екологічного землеробства вносити 18 т/га органічних добрив (12 т гною + 6 т побічної продукції + 6 т зеленої маси сидератів) + N46P49K55, що підвищує вміст і запаси загального гумусу в ґрунті та забезпечує агроекологічно обґрунтований баланс поживних речовин в сівозміні [31].

Як зазначає більшість авторів, мінеральні добрива є фізіологічно кислими, тому за їх тривалого застосування спостерігається підкислення ґрунтового розчину, зростання гідролітичної кислотності, зменшення ступеня насичення ґрунту основами, що спричиняє вимивання лужноземельних і лужних металів [32,33].

Проведеними дослідженнями встановлено, що за простого і розширеного відтворення ґрунтового гумусу у віковому циклі зростання його вмісту в чорноземі типовому малогумусному рівноцінні відповідно 25–30 і 35–40 т/га. Різке зниження вмісту ґрунтового гумусу спостерігається лише у перші 25–30 років з початку розорювання цілинних перелогових земель. Що стосується подальшого використання чорноземів, то процеси мінералізації і гуміфікації стабілізуються, а за високої культури рільництва мінералізація уповільниться, а тип гумусоутворення залишиться екстенсивним [34].

На чорноземах типових малогумусних Лівобережного Лісостепу України для простого і розширеного відтворення ґрунтового гумусу рекомендовано вносити відповідно 10–12 і 14–15 т/га гною [16], а на чорноземі звичайному середньогумусному Кіровоградського інституту агропромислового виробництва внесення 10 т/га гною + N51P50K44 за інтенсивної сівозміни з чорним паром і 7 т/га гною + 1,1 т/га соломи + N41P46K40 дозволяє стабілізувати невідтворні процеси окислення[35].

Відомо, що альтернативна сівозміна з зайнятим паром не забезпечує стабілізацію гумусу: його вміст зменшився на 0,04 %, сума вбирних основ зросла відповідно на 2,91 в першій і 2,53 мг-екв/100 г у другій сівозміні, а гідролітична кислотність – відповідно на 0,49 і 0,73 мг-

екв/100 г ґрунту. Застосування 5 т/га сухої маси нетоварної продукції кукурудзи і ячменю ярого як органічного добрива уповільнювало мінералізацію гумусу у 1,5–2 рази [36].

У стаціонарній десятипільній зерно-просапній сівозміні ТОВ «Агрофірма Колос» Сквирського району Київської області вміст гумусу в орному шарі чорнозему типового глибокого на неудобрених ділянках зменшився за сім років на 0,03–0,07 %.

За внесення 4,5 т/га гноєкомпосту + N40P48K54 цей показник підвищився на 0,04–0,07 %. За зростання норми мінеральних добрив удвічі і незмінної кількості органічних спостерігається підвищення кислотності, диспергація гумусу катіонами добрив, уповільнення приросту вмісту гумусу [37].

Впродовж двох ротацій зерно-просапної сівозміни на неудобрених ділянках вміст загального азоту в орному (0–20 см) і підорному (20–40 см) шарах чорнозему опідзоленого зменшився відповідно на 16 і 9, а удобрених N50P42,5K50 – на 16 і 11 мг/100 г. Посилення темпів втрат загального азоту на удобрених туками ділянках дослідники пояснюють посиленням інтенсивності мінералізації гумусу, непродуктивними втратами азоту через вимивання і емісію та збільшенням виносу урожаями культур

Встановлено, що внесення впродовж двох ротацій зерно-просапної сівозміни N50P42,5K50 підвищило вміст в орному і підорному шарах чорнозему опідзоленого рухомого фосфору, відповідно на 11,2–5,6 і 5,5–5,0 %. Сумарні запаси цього елемента живлення рослин у шарі 0–40 см зросли на 54,5 кг/га (13,5 %). Вміст рухомого фосфору в чорноземі опідзоленому помітно зростав за збільшення його дози у складі повного мінерального добрива в 1,5 рази. Варто відмітити, що підвищення вмісту рухомого фосфору наприкінці другої ротації сівозміни становило, відповідно 44,3 і 9,3 % за внесення 12 т/га гною + N50P42,5K50 та 25,8 і

6,5 % – за застосування всієї побічної продукції культур як органічного добрива + N50P42,5K50 [38].

Проведені дослідження [39] дозволяють стверджувати, що стабілізацію рухомого калію зафіксовано в чорноземі опідзоленому впродовж п’яти ротацій зерно-просапної сівозміни. Вони зберігають сталий вміст рухомого калію у верхніх шарах досить тривалий час без внесення добрив. Таке явище науковці пов’язують з високими валовими запасами цього елемента в чорноземах та здатність останніх підтримувати динамічну рівновагу між його формами.

Встановлено, що з мінеральними добривами в ґрунт надходять важливі елементи живлення для рослин. Вони дозволяють впливати на формування врожаю, використовуючи запаси атмосферного азоту, поклади апатиту і фосфориту, відклади калійних солей. Елементи живлення мінеральних добрив, які введено в колообіг речовин у землеробстві, використовуються потім багаторазово[39].

Переважна більшість вчених зазначає про комплексність впливу органо- мінеральної системи удобрення на ґрунт і рослину, і що саме вона має стати основою удобрення буряків цукрових у зерно-бурякових сівозмінах [40,41 Органо-мінеральна система удобрення здатна сформувати достатнє і рівномірне упродовж вегетації мінеральне живлення буряків цукрових, забезпечити потреби цієї досить вибагливої культури елементами живлення у найбільш критичні фази її росту і розвитку [42].

Поєднане застосування органічних і мінеральних добрив супроводжується поступовою мінералізацією органічної речовини у ґрунті упродовж вегетації, що запобігає надмірному азотному живлення рослин на початку вегетації та створює достатнє фосфорне і калійне живлення рослин як на початку, так і на завершення вегетаційного періоду [43].

Такий характер формування поживного режиму ґрунту є вкрай важливим для динамічного росту і розвитку буряків цукрових.

За даними інших досліджень [44], максимальне забезпечення буряків цукрових азотом має формуватися у ґрунті в період максимального росту і розвитку рослин, адже саме азот є модератором процесів росту і базовим елементом, що регулює їх інтенсивність. Поступова мінералізація гною у ґрунті формує зазначену динаміку азотного режиму і створює оптимальний перебіг ґрунтових процесів і режимів ґрунту на момент інтенсивного росту і розвитку буряків цукрових.

З іншого боку органо-мінеральна система удобрення формує збалансоване азотно-фосфорно-калійне живлення буряків цукрових упродовж вегетації і за рахунок посилення імобілізаційних процесів запобігає надмірному азотному живленню у другій її половині, що сприяє синтезу та накопиченню цукрів у коренеплодах та формує високу їх технологічну якість[45].

Отже, поєднане застосування органічних і мінеральних добрив має комплексний вплив на ґрунтову систему, її родючість, оптимізує мікробний ценоз ґрунту, збільшує запаси продуктивної вологи, формує сприятливе поживне середовище здатне забезпечити оптимальне мінеральне живлення буряку цукрового впродовж усього періоду вегетації, що сприяє досягненню їх максимальної біологічної продуктивності.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження є чорнозем опідзолений, ґрунтоутворювальною породою якого є лес, а за гранулометричним складом він належить до важкосуглинкових та гібрид буряку цукрового Акація.

Морфологічні особливості окремих генетичних горизонтів чорнозему опідзоленого дослідного поля характеризуються такими ознаками:

$Не_{(0-42)}$– гумусний слабоелювіальний, рівномірно гумусований, розпилено-зернисто-грудкуватої структури, темно-сірого кольору. Підорний шар ущільнений, має грудкувато-горіхувато-брилисту структурута помітно крем'яну присипку, пронизаний дрібними коренями, перехід до наступного горизонту помітний;

$Нрі_{(42-70)}$ – гумусний слабоілювійований, дрібно-горіхуватої структури та темно-бурого кольору з відтінком материнської породи. Гумусований нерівномірно, пронизаний коренями, ходами землерийок, з помітним переходом до горизонту HIh.

$HIh_{(70-100)}$ – слабогумусована ілювійована порода, темно-палевого кольору, з горіхувато-стовпчатою структурою,яка переходить у стовпчасту. Гумусованість нерівномірна, перемішана, а ходи землерийок засипані ґрунтовою масою з верхніх горизонтів;

$Рі(h)_{(100-120)}$– порода слабоілювійована темно-палевого кольору. Гумусованість слабо виражена, структура призмоподібна, на бокових стінках помітно темний наліт. Горизонт переритий і перемішаний землерийками, має поступовий перехід до материнської породи;

$Рk_{(120)}$– ґрунтоутворювальна лесова порода має темно-палевий колір, дрібно зернисту структуру та наявність карбонатів у вигляді цвілі, прожилок, окремими скупченнями, є сліди землерийок. Карбонати скипають на глибині 120 см [42].

У цілому властивості чорнозему опідзоленого, який поширений на дослідному полі, відповідають основним ґрунтовим різновидностям Правобережного Лісостепу України, в межах якого можуть використовуватися результати досліджень.

Особливості гібриду буряку цукрового Акація

Акація – це диплоїдний гібрид, що поєднує високу врожайність із цукристістю. Виробник КВС, внесений у Державний реєстр сортів рослин України з 2015 року. Урожайно-цукристий, високо цукристий, (Z, NZ-тип), незалежно від зон вирощування, формує високу врожайність та цукристість. Рекомендований для вирощування в Лісостепу, Степу і на Поліссі.

Гібрид Акація має інтенсивний стартовий ріст. Високу врожайність і цукристість він формує протягом тривалого періоду вегетації. Можна використовувати як для ранніх так і пізніх строків збирання. Густота 95–110 тис рослин/га.

Стійкий до ризоманії, толерантний до борошнистої роси, парші та церкоспороз. Гібрид відзначається високою продуктивністю і стабільністю. Заглиблення коренеплодів у грунт 88–91 %. Придатний до механізованого збирання [46].

РОЗДІЛ 3

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика грунту під дослідом

Агрохімічна характеристика чорнозему опідзоленого перед закладанням досліду в 1964 році, на якому проводилися наші дослідження, представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

Агрохімічна характеристика чорнозему опідзоленого перед закладанням досліду в 1964 році

Показники і одиниці виміру	Метод визначення	Вміст в шарі, см	
		0-20	20–40
pH сольової суспензії	Потенціометрично	6,2	6,0
Гідролітична кислотність , смоль/кг ґрунту	за Каппеном	2,5	1,6
Сума увібраних основ, смоль/кг ґрунту	за Каппеном-Гільковицем	28,8	27,1
Ступінь насичення основами, %	за Хисинком	92	94
Легкогідролізований азот, мг/кг ґрунту	за Корнфілдом	106	83
Рухомий фосфор, мг/кг ґрунту	за Чириковим	110	112
Обмінний калій, мг/кг ґрунту	за Чириковим	130	89
Гумус , %	За Тюріним	3,31	2,98

З даних таблиці 1 видно, що в шарі ґрунту 0–20 см вміст гумусу за Тюріним складає 3,31%, а в шарі 20–40 – 2,98 %, що характеризує його як

малогумусний. Реакція ґрунтового розчину є слабокислою і становить відповідно pH_{kcl} = 6,2 і 6,0 одиниць. Сума увібраних основ у шарі ґрунту 0–20 см становить 28,8 та 27,1 смоль/кг у шарі 20–40 см, ступінь насичення ґрунту основами є високим – 92 і 94 %, відповідно.

Вміст рухомих сполук поживних речовин становить: легкогідролізованого азоту за Корнфілдом 106 та 83 мг, рухомого фосфору і калію за Чириковим – 110 і 112 та 130 і 89 мг/кг ґрунту, відповідно [42].

За сприятливих погодних умов та належного рівня агротехніки чорнозем опідзолений здатний забезпечити високу продуктивність сільськогосподарських культур, зокрема й буряку цукрового.

3.2. Кліматичні та погодні умови

Ріст і розвиток сільськогосподарських культур відбувається в результаті їх постійної взаємодії навколишнім природним середовищем. Найбільше на ці процеси впливають кліматичні та погодні умови, до яких належать волога й температура.

Уманський район Черкаської області, на території дослідного поля якого проводили дослідження, розташований в Правобережному Лісостепу України. Клімат Уманського району як загалом Черкаської області помірно - континентальний, характерний для підзони нестійкого зволоження.

За даними метеостанції «Умань» середньомісячна кількість опадів складає 586 мм, а середньорічна температура повітря за останні 18 років становить 8,8°С. Річна сума опадів змінюється від 410 до 630 мм. Упродовж року вони розподіляються нерівномірно, більшість опадів випадає у весняно-літній період. Кількість діб з опадами складає від 130 до 150 діб. Проте під час вегетації спостерігаються й бездощові та посушливі періоди.

За тепловим режимом клімат регіону помірно-середньоконтинентальний, гідротермічний коефіцієнт 1,2. Середня температура січня (– 5,6) °С, а липнева – (+ 19,5) °С.

З метою виявлення впливу зовнішніх чинників на формування

врожаю культур польової сівозміни, нами було проаналізовано кількість опадів і температурний режим у роки проведення польового досліду.

За результатами щоденних спостережень, які проводили на метеостанції Умань упродовж 2021–2022 с.-г. року відмічено відхилення від типових умов як за кількістю атмосферних опадів, так і за температурним режимом повітря.

З даних таблиці 2 видно, що за 2021–2022 сільськогосподарський рік випало на 131 мм опадів менше у порівнянні з середньобагаторічними даними.

У листопаді їх випало 21,2 мм, що на 21,8 мм менше норми, тоді як у грудні було на 51,2 мм більше. Січень, лютий та березень за кількістю опадів поступалися середньо багаторічному показнику на 14,1; 26,8; 22,6 мм, відповідно.

В період вегетації буряку цукрового випало 294 мм опадів. Проте їх розподіл був нерівномірний. У цьому році з шести місяців, на які припадає вегетація рослин буряку цукрового, лише протягом двох місяців їх кількість перевищувала середньо багаторічний показник. Це квітень та вересень, за які випало 57,7 та 99,2 мм опадів, що на 17,7 і 38,2 мм більше, у порівнянні з середніми багаторічними даними. У травні, червні, липні, серпні та жовтні їх кількість, порівняно з середньо багаторічним показником, була меншою відповідно на 27,6; 44,7; 33,9; 4,6 і 33 мм.

Температурний режим 2021–2022 сільськогосподарського року також відрізнявся від середніх багаторічних даних, тобто цей рік був теплішим на 0,8 ^{0}C (табл. 2).

Середньодобова температура вегетаційного періоду буряку цукрового (квітень – жовтень) склала 16,5 °C, що вище середньо багаторічного показника на 1,5 °C. Теплішими були червень, серпень і жовтень, в яких температура була вищою відповідно на 1,5; 1,6 та 1,7 °C. Липень майже не відрізнявся від середніх багаторічних даних, а в квітні, травні та вересні температура повітря була нижчою на 1,1; 0,9 і 1,4 °C.

Упродовж 2022–2023 сільськогосподарського року відмічені певні відхилення від типових умов як за кількістю атмосферних опадів, так і температурним режимом повітря (див. табл. 2).

З даних таблиці 2 видно, що за 2022–2023 сільськогосподарський рік випало на 77 мм опадів менше у порівнянні з середньобагаторічними даними.

У цьому році більше опадів було у листопаді на 27,2, грудні – на 13,1 мм та особливо у квітні – на 87,4 мм, менше у січні – на 32,1мм, лютому – на 13,5 та березні – 8,8 мм.

В період вегетації буряку цукрового випало 197,1 мм опадів, розподіл яких був нерівномірний. У цьому році з п’яти місяців, на які припадає вегетація рослин буряку цукрового, лише у липні їх кількість перевищувала середньобагаторічний показник на 24,5 мм . Тоді як у травні, червні, серпні, вересні та жовтні кількість опадів порівняно з середньобагаторічними даними була меншою відповідно на 9,6; 65,2; 4,6; 56,6 та 9,5 мм.

Температурний режим 2022–2023 сільськогосподарського року, як і попереднього 2021–2022 с.-г. р. також відрізнявся від середніх багаторічних даних. Цей це рік був теплішим на 0,8 ^{0}C (табл. 3).

Середньодобова температура вегетаційного періоду буряку цукрового (травень – вересень) склала 19,5^{o}C, що вище середньо багаторічного показника на 1,5 ^{o}C. Якщо у травні температура повітря не відрізнялась від середньобагаторічного показника і становила 15,4 ^{o}C, то у червені вона була вищою на 0,6 ^{o}C, липні – на 0,4, серпні та вересні відповідно на 2,8 і 3,9 ^{o}C, а в жовтні – на 3,4 ^{o}C.

Отже, ґрунтово-кліматичні умови території, на якій проводилися дослідження відповідають біологічним вимогам основних польових культур, зокрема й буряку цукровому. Проте, для отримання високих і сталих врожаїв сільськогосподарських культур з відповідними показниками якості, важливо створити оптимальні умови для забезпечення рослин елементами живлення.

Таблиця 2

Погодні умови за даними метеостанції м. Умань

Сільсько-господарський рік	За рік*	Місяць											
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Сума опадів, мм													
Середньо багаторічна	586	43	40	38	34	36	41	52	81	68	49	61	43
2021/2022	455	21,2	91,2	23,9	7,2	13,4	57,7	22,4	36,3	28,1	44,4	99,2	10,0
2022/2023	509	71,8	53,1	6,0	20,5	27,2	129,6	42,4	15,8	92,4	12,4	4,2	33,5
Середня температура повітря, ^{0}C													
Середньо багаторічна	8,8	2,8	- 1,8	- 3,4	- 2,3	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	20,1	14,5	8,3
2021/2022	9,6	4,7	-1,0	-1,3	1,8	2,0	8,6	14,5	20,5	21,0	21,7	13,1	10,0
2022/2023	10,5	3,7	-0,4	0,2	-0,2	5,1	8,8	15,4	19,6	21,3	22,9	18,4	11,7

*– представлена річна сума опадів і середньорічна температура повітря

3.3. Схема досліду

Вивчення впливу тривалого застосування добрив за органічної, мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення у польовій сівозміні на агрохімічні показники чорнозему опідзоленого проводили на дослідному полі навчально-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва в стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського НУС, який було закладено у 1964 році.

Зразки ґрунту для визначення вмісту гумусу, обмінної й гідролітичної кислотності, суми увібраних основ та поживного режиму чорнозему опідзоленого відбирали у полі під буряком цукровим, тому в схемі досліду подаються дози органічних і мінеральних добрив, які щорічно вносилися під цю культуру.

Схема досліду за органо-мінеральної системи удобрення включає чотири варіанти, які наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Схема досліду

№ з/п	Насиченість добривами сівозміни	Дози добрив під буряк цукровий
1.	Без добрив (контроль)	Без добрив (контроль)
2.	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$
3.	Гній 18 т	Гній 60 т
4.	Гній 9 т +$N_{45}P_{68}K_{36}$	Гній 30 т +$N_{60}P_{135}K_{30}$

Примітка: дози мінеральних добрив і насиченість ними у сівозміні в кг/га, а органічних і насиченість сівозміни – в т/га.

Для закладання досліду використовували напівперепрілий гній ВРХ на солом’яній підстилці та мінеральні добрива у формі: аміачної селітри,

суперфосфату гранульованого і калію хлористого, що вносилися під основний обробіток ґрунту.

Розміщення варіантів у досліді послідовне, повторність – триразова. Розмір дослідних ділянок: посівної – 180 м^2, облікової – 100 м^2(рис. 1).

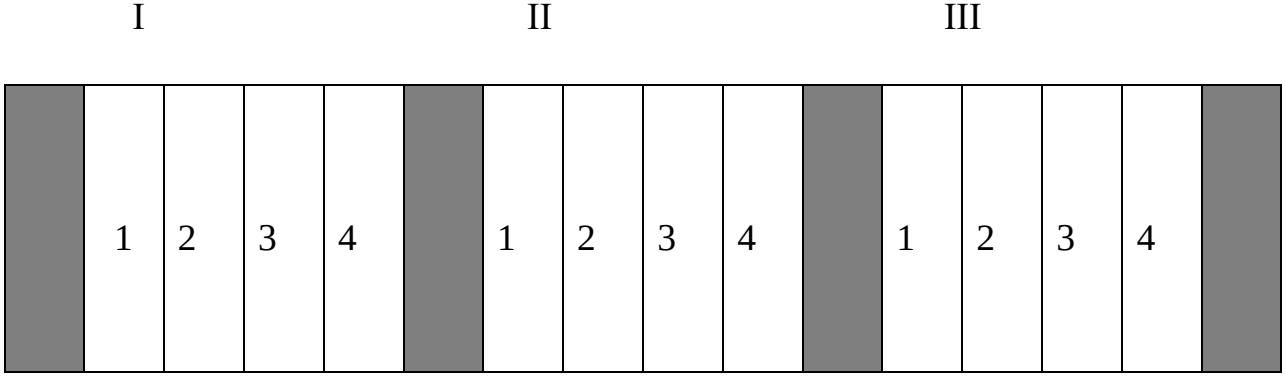


Рис. 1. Схема розміщення варіантів у досліді

3.4. Агротехніка вирощування буряку цукрового у досліді

Буряк цукровий у досліді вирощувався після озимої пшениці в ланці з кукурудзою на силос.

Основний обробіток ґрунту складався з дворазового лущення стерні та глибокої зяблевої оранки. Після збирання пшениці озимої перше лущення стерні проводили дисковою бороною АГД – 7,3 у два сліди на глибину 5–6 см, друге – через два тижні на глибину 12 –14 см.

Зяблеву оранку на глибину 30-32 см виконували в середині жовтня, після внесення органічних і мінеральних добрив (вручну згідно схеми досліду), плугом ПОНМ – 3+1.

Ранньовесняний обробіток ґрунту розпочинався з вирівнювання поверхні ґрунту боронами одночасно з шлейф-боронами БЗСС – 1 + ШБ – 2,5 за допомогою зчіпки С – 11У на тязі трактора МТЗ – 80.

Передпосівний обробіток ґрунту виконували культиватором УСМК – 5,4Б. Сівбу проводили при прогріванні ґрунту до 6–8 °С на глибині 6–7 см сівалкою ССТ – 12Б. Буряк цукровий сіяли на глибину 3–4 см.

Розпушування ґрунту в міжряддях розпочинали за появи рослин у рядках на глибину 3–5 см, а у фазу 2–3 пар справжніх листків проводили розпушування на глибину 10–12 см культиватором УСМК–5,4Б.

Для захисту посіву буряків від бур'янів вносили гербіциди Бетанал Експрес в дозі 2,5 л/га, Карібу – 0,03 кг/га, Лонтрел 0,3 кг/га та Фюзилад Форте – 0,8 кг/га.

Збирання врожаю з дослідних ділянок розпочинали після підкопування рослин бурякокопачем, з наступним зважуванням коренеплодів і гички. Під час збирання врожаю відбирали по 30 коренеплодів з кожної ділянки по діагоналі для аналізування технологічних якостей, які виконували в Уманській дослідній станції тютюнництва НААН України.

3.5. Програма досліджень і методика їх проведення

Відбирання ґрунтових проб і підготовку їх до аналізу проводили згідно з вимогами ДСТУ 4287 [85] і ДСТУ ISO 11464 [48]. У ґрунтових зразках було визначено такі агрохімічні показники:

– вологість ґрунту – гравіметричним методом;

– вмісту загального вуглецю за методом Тюріна в модифікації Симакова згідно з ДСТУ 4289;

– кислотність ґрунту pH_{KCl} – на іономірі згідно з ДСТУ ISO 10390;

– гідролітичну кислотність – за методом Каппена згідно ДСТУ 7537;

– вміст увібраних основ – згідно МВВ 31–497058–007–2005;

– суму ввібраних основ – за методом Каппена-Гільковица згідно ГОСТ 27821;

– ємність катіонного обміну ґрунтом і насиченість основами – ДСТУ ISO 11260;

– вміст азоту легкогідролізованих сполук за методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863;

– рухомі сполуки фосфору і калію – за модифікованим методом Чирикова згідно з ДСТУ 4115;

У рослинних зразках визначали:

− вміст сухої речовини – гравіметричним методом;

– вміст нітратного азоту потенціометрично з використанням іонселективного електроду на pH-метрі;

– вміст амонійного азоту – у витяжці 1,0 М розчину KCl з додаванням реактиву Неслера;

– масу 100 рослин, відібраних по діагоналі перед формуванням їх густоти на кожній ділянці в трьох повтореннях, зважуванням на аналітичній вазі;

– облік врожаю буряку цукрового суцільний, поділяночний;

– вміст цукру в коренеплодах – за даними напівавтоматичної лінії «Венема» в Уманській дослідній станції тютюнництва НААН України;

– статистичну обробку даних урожайності буряку цукрового – методом дисперсійного аналізу [49] (додаток Б).

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вплив тривалого застосування добрив у польовій сівозміні на кислотно-основні властивості ґрунту

Кислотність ґрунту є важливим показником його родючості. Відомо, що реакція ґрунтового розчину значно впливає на розвиток грунтових мікроорганізмів, швидкість і спрямованість біологічних і хімічних процесів у ньому. Від неї залежать мінералізація органічних сполук та засвоєння рослинами поживних речовин з ґрунту і добрив [10,33].

Підкислення грунтів – один із основних деградаційних процесів грунтів. Застосування добрив по різному впливає на кислотність ґрунту. За внесення мінеральних добрив, більшість з яких є фізіологічно кислими, підвищує кислотність ґрунту. Органічні добрива, за рахунок підвищеного вмісту обмінного кальцію, навпаки, зменшують негативний вплив мінеральних та протистоять підкисленню ґрунту [18,33].

Тривале застосування мінеральних і органічних добрив у стаціонарному досліді на чорноземі опідзоленому по різному впливало на обмінну кислотність ґрунту (табл. 4).

Так, якщо при закладанні досліду в 1964 році кислотність у верхньому 0–20 шарі ґрунту становила (pHkcl=6,2), то на контролі, де добрив не вносили протягом 58 років, цей показник знизився до 5,0 одиниць.

Істотний вплив на обмінну кислотність мало тривале внесення мінеральних добрив у сівозміні. Так, насичення сівозміни мінеральними добривами у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ за мінеральної системи удобрення підвищення обмінної кислотності ґрунту було найбільшим, порівняно як з вихідним (з часу закладання досліду в 1964 р.), так і з контролем. У 0–20 см шарі ґрунту це підвищення склало 1,5 та 0,3, а в 20–40 см шарі – 1,0 та 0,2 одиниць, відповідно. Це пов’язано з тим, що рослини використовували на формування врожаю катіони Ca^{2+},Mg^{2+},K^{+},Na^{+},NH_4^{+}, при цьому співвідношення катіонів у

ГВК змінювалось на користь катіонів H^+і Al^{3+} у результаті чого ґрунт підкислювався [18,37].

Таблиця 4

Обмінна(pHkcl) кислотність ґрунту після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні, (2022–2023 рр.)

Насиченість сівозміни добривами	Шар ґрунту, см		Зміни до 1964 р. в шарі ґрунту, см	
	0–20	20–40	0–20	20–40
Перед закладанням досліду	6,2	6,0	–	–
Без добрив (контроль)	5,0	5,2	1,2	0,8
$N_{90}P_{90}K_{90}$	4,7	5,0	1,5	1,0
Гній 18 т	5,2	5,4	1,0	0,6
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	5,1	5,5	1,1	0,5

Примітка: дози мінеральних добрив і насиченість ними у сівозміні в кг/га, а органічних і насиченість сівозміни – в т/га.

За тривалого впродовж 58 років застосування лише органічних добрив в сівозміні підвищення обмінної кислотності як верхньому (0–20 см), так і в шарі ґрунту (20–40 см) було менш виражене порівняно з мінеральною. За органічної системи удобрення (насичення сівозміни 18 т/га) показник обмінної кислотності у 0–20 см шарі ґрунту був на 1,0 одиницю вищим від початкового, а в шарі 20–40 см – на 0,6 та на 11 % – порівняно з мінеральною системою.

За органо-мінеральної системи удобрення спостерігається незначне зниження негативного впливу мінеральних добрив на обмінну кислотність органічними. Насичення сівозміни органічними і мінеральними добривами в дозі гній 9 т/га + $N_{45}P_{68}K_{36}$ обмінна кислотність у верхньому 0–20см шарі ґрунту становила 5,1, а в нижньому 20–40 см шарі – 5,5 одиниць. Гідролітична кислотність – це також одна із форм потенційної кислотності.

Оскільки вона включає потенційну й активну кислотність, то вважають, що гідролітична кислотність характеризує повну кислотність ґрунту. За показником гідролітичної кислотності визначають дозу вапна для хімічної меліорації кислих ґрунтів.

Дослідженнями встановлено, що після тривалого застосування мінеральних і органічних добрив у польовій сівозміні вона зазнала помітних змін (табл. 5).

Таблиця 5

Гідролітична кислотність ґрунту після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні, смоль/кг (2022–2023 рр.)

Насиченість сівозміни добривами	Шар ґрунту, см		Зміни до 1964 р. в шарі ґрунту, см	
	0–20	20–40	0–20	20–40
Перед закладанням досліду	2,5	1,6	–	–
Без добрив (контроль)	4,3	3,2	1,8	1,6
$N_{90}P_{90}K_{90}$	4,7	3,7	2,2	2,1
Гній 18 т	3,5	2,8	1,0	1,2
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	3,8	3,0	1,3	1,4

Так, на контрольному варіанті без внесення добрив, за інтенсивного використання чорнозему опідзоленого впродовж 58 років гідролітична кислотність збільшилась на 1,8 смоль/кг в 0–20 см шару та на 1,6 смоль/кг у 20–40 см шару ґрунту. За мінеральної системи удобрення, на ділянках з внесенням на 1 га сівозмінної площі мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ показник гідролітичної порівняно з його початковим значенням на час закладання досліду в 1964 році, збільшився на 2,2 смоль/кг у верхньому (0–20 см) шарі та на 2,1 смоль/кг – у 20–40 см шарі ґрунту.

Що стосується тривалого застосування органічних добрив у польовій сівозміні, то насичення ними в дозі 18 т/га підвищення, порівняно з мінеральною системою, найменше впливало на гідролітичну кислотність. За органічної системи удобрення в сівозміні гідролітична кислотність в 0–20 см шарі ґрунту в середньому за два роки досліджень становила 3,5 смоль/кг, а в 20–40 см шарі – 2,8 смоль/кг.

За поєднаного внесення мінеральних добрив з органічними за органо-мінеральної системи удобрення гідролітична кислотність ґрунту збільшилась до 3,8 смоль/кг у шарі 0–20 см та до 3,0 смоль/кг – у шарі 20–40 см. За насичення 1 га сівозміни гноєм і мінеральними добривами у дозі 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$ гідролітична кислотність ґрунту після тривалого удобрення збільшилась на 1,3 смоль/кг у верхньому шарі та в нижньому – на 1,4 смоль/кг ґрунту.

Отже, після тривалого 58 річного застосування мінеральної, органічної та органо-мінеральної систем удобрення в сівозміні відбулося підвищення як обмінної, так і гідролітичної кислотності чорнозему опідзоленого.

Зміни гідролітичної кислотності ґрунту безумовно вплинули на суму ввібраних основ чорнозему опідзоленого, про що свідчать дані таблиці 6.

За даними таблиці 6, сума увібраних основ після тривалого застосування органічних і мінеральних добрив у сівозміні змінювалася від 28,8 до 23,8 смоль/кг у 0–20 см шарі та від 27,1 до 22,9 смоль/кг – у 20–40 см ґрунту. Якщо перед закладанням досліду сума увібраних основ чорнозему опідзоленого у верхньому 0–20 см шарі становила 28,8 смоль/кг, а в нижньому 20–40 см шарі – 27,1 смоль/кг, то після тривалого впродовж 58 років його використання без застосування добрив вона зменшилась до 22,3 і 22,9 смоль/кг ґрунту, відповідно досліджуваних шарів.

За насичення сівозміни мінеральними добривами в дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ сума увібраних основ, порівняно з 1964 роком, зменшилась за 58 років на 5,0 смоль/кг у 0–20 см шарі та на 2,9 смоль/кг – у шарі 20–40 см. За органічної системи удобрення внесення на 1 га сівозмінної площі 18 т/га гною

зменшення показника суми увібраних основ було найменшим і склало у 0–20 см шарі 3,7, а в 20–40 см – 1,4 смоль/кг ґрунту.

Таблиця 6

Сума увібраних основ ґрунту після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні на, смоль/кг(2022–2023 рр.)

Насиченість сівозміни добривами	Шар ґрунту, см		Зміни до 1964 р. в шарі ґрунту, см	
	0–20	20–40	0–20	20–40
Перед закладанням досліду	28,8	27,1	–	–
Без добрив (контроль)	22,3	22,9	6,5	4,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$	23,8	24,2	5,0	2,9
Гній 18 т	25,1	25,7	3,7	1,4
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	24,6	25,1	4,2	2,0

За органо-мінеральної системи удобрення в сівозміні збільшення суми увібраних основ, порівняно як з вихідним значенням, так і контролем було значно меншим мінеральної системи, але поступалось органічній. За насичення 1 га сівозміни мінеральними і органічними добривами у дозі гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$ сума увібраних основ склала у верхньому (0–20 см) шарі 24,6, а у нижньому (20–40 см) – 25,1 смоль/кг ґрунту.

Важливим показником родючості ґрунту є його ємність вбирання. Чим вона вища, тим більше поглинається і утримується ґрунтом від вимивання елементів живлення. Ґрунти, з високою ємністю вбирання, зазвичай мають вищу буферність й здатні протидіяти зміні реакції ґрунтового розчину в бік підкислення.

Тривале впродовж 58 років застосування органічних і мінеральних у польовій сівозміні по різному впливало на ємність поглинання катіонів (табл. 7).

Таблиця 7

Ємність вбирання ґрунту після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні, смоль/кг (2022–2023 рр.)

Насиченість сівозміни добривами	Шар ґрунту, см		Зміни до 1964 р. в шарі ґрунту, см	
	0–20	20–40	0–20	20–40
Перед закладанням досліду	31,3	28,7	–	–
Без добрив (контроль)	26,6	26,1	4,7	2,6
$N_{90}P_{90}K_{90}$	28,5	27,9	2,8	0,8
Гній 18 т	28,6	28,5	2,7	0,2
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	28,4	28,1	2,9	0,6

Так, ємність його вбирання після тривалого сільськогосподарського використання чорнозему опідзоленого без застосування добрив зменшилася за 58 років у 0–20 см шарі ґрунту на 4,7 смоль/кг та на 2,6 смоль/кг – у шарі 20–40 см порівняно з вихідним рівнем. За насичення сівозміни мінеральними добривами у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ за мінеральної системи удобрення ємність верхнього 0–20 см шару ґрунту становила 28,5, а нижнього 20–40 см шару – 27,9 смоль/кг.

За органічної системи удобрення, внесення на 1 га площі сівозміни 18 т гною знижувало показник ємкості вбирання ґрунту, порівняно з його значенням перед закладанням досліду, в шарі 0–20 см – на 2,7, а у шарі 20–40 см – лише на 0,2 смоль/кг.

За органо-мінеральної системи удобрення та насичення ними у сівозміні в дозі 9 т/га + $N_{45}P_{68}K_{36}$ ємність вбирання склала 28,4 смоль/кг у шарі ґрунту 0–20 см та 28,1 смоль/кг – у шарі 20–40 см.

До кислотно-основних властивостей ґрунту належить ступінь насичення його основами, який показує співвідношення у ГВК увібраних

основ до ємності вбирання. На цей показник впливають як системи удобрення, так і вилучення катіонів з урожаями сільськогосподарських культур та їх вимивання атмосферними опадами [].

Дослідження, що проводяться на чорноземі опідзоленому з 1964 року, встановлено зменшення ступеня насичення ґрунту основами після тривалого його використання (табл. 8).

Таблиця 8

Ступінь насичення ґрунту основами після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні, % (2022–2023 рр.)

Насиченість сівозміни добривами	Шар ґрунту, см		Зміни до 1964 р. в шарі ґрунту, см	
	0–20	20–40	0–20	20–40
Перед закладанням досліду	92	94	–	–
Без добрив (контроль)	84	88	8,0	6,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	82	87	10	7,0
Гній 18 т	89	90	3,0	4,0
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	87	89	5,0	5,0

Так, якщо перед закладанням стаціонарного досліду в 1964 році на чорноземі опідзоленому, ступінь насичення основами 0–20 см шару становив 92 %, а 20–40 см шару – 94 %, то після 58 років на контролі без удобрення він зменшився на 8,0 та 6,0 %, відповідно.

За мінеральної системи удобрення, внесення їх у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ на 1 га сівозміни, знижувало ступінь насичення основами, порівняно з початковим показником у 0–20 см шарі на 10 %, а в 20–40 см шарі ґрунту на 7 %. Внесення 18 т гною на 1 га сівозміни за органічної системи удобрення зменшувало ступінь насичення основами до 89 та 90 %, відповідно у верхньому (0–20 см) та (20–40 см).

За органо-мінеральної системи удобрення в сівозміні (9 т/га + $N_{45}P_{68}K_{36}$) його зменшення склало 5,0 % як у 0–20 см шарі, так і в 20–40 см шарах ґрунту.

Отже, за тривалого сільськогосподарського використання чорнозему опідзоленого протягом 58 років без внесення добрив погіршуються його кислотно-основні властивості. Застосування добрив у сівозміні та насичення ними 1 га ріллі мінеральними у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$, гноєм 18 т та за їх поєднання 9 т гною + $N_{45}P_{68}K_{36}$ стримує зниження кислотно-основних властивостей чорнозему опідзоленого.

4.2. Вплив тривалого добрив у польовій сівозміні на вміст і запаси гумусу в ґрунті

Чорноземи були і залишаються найбільш родючими ґрунтами України. А проблема їх збереження була та особливо останнім часом набула загальнодержавного значення [9,13,26].

Родючість грунтів визначається, насамперед, вмістом гумусу, який є важливою формою органічних речовин та невід'ємною складовою його частиною. За сільськогосподарського використання ґрунту антропогенний вплив збільшується, що не завжди позитивно впливає на його гумусний та біологічний стани. Найбільш вагомим чинником збереження та підвищення його родючості є органічні й мінеральні добрива, які забезпечують рослини елементами живлення, поповнюють ґрунт органічною речовиною, покращують водний режим, агрохімічні і біологічні властивості ґрунту[13].

За результати визначення вмісту гумусу в ґрунті після тривалого внесення органічних і мінеральних добрив у польовій сівозміні в нашому стаціонарному досліді встановлено його зміни які відбулися впродовж 58 років (табл. 9).

З даних таблиці 9 видно, що тривале сільськогосподарське використання ґрунту без внесення добрив веде до зменшення вмісту гумусу. Так, в контрольному варіанті, де протягом 58 років не вносили добрив,

найбільш помітним його зниження було в ґрунті, порівняно з початковим вмістом на час закладання досліду (3,31 %), вміст гумусу у цьому варіанті зменшився на 0,48 абсолютного відсотка в 0–20 см шару та на 0,31% – у 20–40 см шарі.

Таблиця 9

Вміст гумусу в ґрунті після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні, % (2022–2023 рр.)

Насиченість сівозміни добривами	Шар ґрунту, см		Зміни до 1964 р. (+,–) в шарі ґрунту, см	
	0–20	20–40	0–20	20–40
Перед закладанням досліду	3,31	2,98	–	–
Без добрив (контроль)	2,83	2,67	–0,48	–0,31
$N_{90}P_{90}K_{90}$	3,28	2,94	–0,03	–0,04
Гній 18 т	3,46	3,07	+0,15	+0,09
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	3,49	3,12	+0,18	+0,14

Після тривалого внесення в сівозміні мінеральних добрив за їх насичення у дозі N90P90K90 зменшення вмісту гумусу було незначним – 0,03 і 0,04 % до їх початкових показників, відповідно у верхньому (0–20 см) та нижньому (20–40 см) шарах.

З досліджуваних систем удобрення в польовій сівозміні, внесення органічних добрив сприяло збереженню вмісту гумусу як в шарі ґрунту 0–20 см, так і в шарі – 20–40 см. За насичення сівозміни гноєм у дозі 18 т/га, вміст гумусу в чорноземі опідзоленому після тривалого його використання не тільки стабілізувався, але й зріс, порівняно до початкового рівня на 0,15 % в шарі ґрунту 0–20 см та на 0,09 % – в шарі 20–40 см.

Дослідженнями встановлено також підвищення вмісту гумусу в ґрунті на 0,18–0,14 абсолютних відсотків, порівняно з 1964 роком, після тривалого

його використання за органо-мінеральної системи удобрення в сівозміні. За насичення сівозміни гноєм – 9 т/га і мінеральними добривами у дозіN45P68K36 вміст гумусу в ґрунті за його сільськогосподарського використання впродовж 58 років збільшився і становив у шарі 0–20 см 3,49, а в шарі 20–40 см – 3,12 %.

Кількість гумусу в ґрунті залежить від багатьох чинників, зокрема його типу, природно-кліматичних умов, спеціалізації виробництва, інтенсивності та характеру використання. За раціонального використання ґрунту та застосуванні для удобрення органічних і мінеральних добрив, бобових сидеральних культур, його вміст і кількість зростають [34].

Для кількісної характеристики гумусу використовують показник його запасів у ґрунті (табл. 10).

Таблиця 10

Запаси гумусу в ґрунті після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні, т/га (2022–2023 рр.)

Насиченість сівозміни добривами	Шар ґрунту, см		Зміни до 1964 р. (+,–) в шарі ґрунту, см	
	0–20	20–40	0–20	20–40
Перед закладанням досліду	82,0	76,1	–	–
Без добрив (контроль)	70,2	67,8	–11,8	–8,3
$N_{90}P_{90}K_{90}$	81,3	74,7	–0,7	–1,4
Гній 18 т	85,8	77,8	+3,8	1,7+
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	86,6	79,2	+4,6	+3,1

Як видно з даних таблиці 10, найбільші запаси гумусу в чорноземі опідзоленому були перед закладанням досліду як в шарі ґрунту 0–20 см (82 т/га), так і в шарі 20–40 см (76,1 т/га), а також за тривалого застосування у польовій сівозміні органічних і мінеральних добрив. Якщо в контрольному варіанті без внесення впродовж 58 років добрив, запаси гумусу у верхньому

(0–20 см) шарі зменшилися від початкового рівня на 11,8 т/га, а у нижньому (20–40 см) шарі – на 8,3 т/га, то за органічної та органо-мінеральної систем удобрення його кількість незалежно від горизонту ґрунту збільшувалась.

За насичення сівозміни гноєм у дозі 18 т/га, запаси гумусу в ґрунті після тривалого його використання в шарі ґрунту 0–20 см складають 85,8 т/га, а в шарі 20–40 см – 77,8 т/га, що на 3,8 та 1,7 т/га більше, відповідно з запасами 1964 року. За органо-мінеральної системи удобрення в сівозміні, внесення на 1 га ріллі 9 т гною і мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{68}K_{36}$, запаси гумусу в ґрунті були найбільшими і складали в шарі 0–20 см – 86,6 та 79,2 т/га – в шарі 20–40 см.

Мінеральна система удобрення польової сівозміни за кількістю гумусу в ґрунті поступалася органічній та органо-мінеральній. Насичення ними сівозміни у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ не сприяло збільшенню запасів гумусу в ґрунті, порівняно як з початковими його запасами перед закладанням досліду, так і з органічною та органо-мінеральною системами. За такого насичення польової сівозміни мінеральними добривами запаси гумусу в шарі ґрунту 0–30 см складали 81,3 , а в шарі 20–40 см – 74,7 т/га та були більшими, порівняно до контрольного варіанту, де впродовж 58 років не вносили добрив, на 11,1 і 6,9 т/га, відповідно.

4.3. Вплив тривалого застосування добрив у польовій сівозміні на поживний режим ґрунту

Відомо, що поживний режим ґрунту залежить, насамперед від родючості грунтів, а здатність їх забезпечувати рослини азотом від кількості в ньому гумусу. Запаси ґрунтового азоту зосереджені переважно в органічних сполуках й грантовому розчині. Потреба азоту в живленні ним рослин значно більша, ніж у інших елементах, а безповоротні втрати через вимивання його мінеральних сполук з ґрунту та іммобілізація й газоподібні втрати бувають досить значними [50]. Забезпечення рослин азотом залежить не лише від

його вмісту в ґрунті, а й від наявності мінеральних форм – нітратів та амонійних сполук, на які припадає не більше 1 % [52].

Дослідження поживного режиму чорнозему опідзоленого після тривалого застосування мінеральних і органічних добрив у зерно-буряковій сівозміні показало, що оптимальні умови для азотного живлення буряку цукрового забезпечує органо-мінеральна система удобрення (табл. 11).

Таблиця 11

Динаміка азоту мінеральних сполук у ґрунті під буряком цукровим після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні, мг/кг (2022–2023 рр.)

Насиченість сівозміни добривами	Шар ґрунту, см	Початок вегетації	Середина вегетації	Кінець вегетації
Без добрив (контроль)	0–20	17,8	11,5	9,7
	20–40	16,5	10,9	8,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$	0–20	29,3	16,1	12,4
	20–40	28,7	15,8	10,9
Гній 18 т	0–20	32,4	16,9	14,1
	20–40	30,9	16,0	12,5
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	0–20	34,6	17,3	13,8
	20–40	33,8	16,7	12,2

З даних таблиці 11 видно, що вміст мінерального азоту в ґрунті після тривалого його використання найбільшим був як на контролі, так і на удобрених ділянках на початку вегетації буряку цукрового і становив у шарі 0–20 см – 17,8– 34,6 та в шарі – 20–40 см – 16,5–33,8 мг/кг , відповідно.

В середині вегетації, у фазу змикання листків у міжряддях, поглинання мінеральних сполук азоту рослинами буряку цукрового зростає. У цей період на контрольному варіанті в 0–20 см шарі ґрунту його вміст зменшився до 11,5, а в 20–40 см шарі – до10,9 мг/кг.

За насичення сівозміни мінеральними добривами у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$, вміст мінерального азоту в ґрунті був меншим у середині вегетації, порівняно з

початком, у 0–20 см шарі на 13,2, а в шарі 20–40 см – на 12,9 мг/кг. За органічної системи удобрення та насичення 1 га ріллі гноєм у дозі 18 т, вміст мінерального азоту до середини вегетації зменшувався до 16,9 мг/кг у шарі 0–20 см та до 16,0 мг/кг – у шарі 20–40 см.

За органо-мінеральної системи удобрення вміст сполук мінерального азоту зменшувався у цей період вегетації в 0–20 см шарі ґрунту до 17,3 та 16,7 мг/кг.

В кінці вегетації буряку цукрового вміст мінерального азоту в ґрунті був найменшим як на контролі, так і на удобрених ділянках і становив у шарах 0–20 см та 20–40 см 9,7 і 8,2 мг/кг, 12,4 і 10,9, 14,5 і 12,5 та 13,8 і 12,2, відповідно.

Важлива роль у формуванні родючості ґрунту та живленні рослин належить фосфору. Забезпеченість рослин фосфором залежить не тільки від його запасів у ґрунті, а і ступеня рухомості та інших чинників [53]. які впливають на засвоєння його з ґрунту і добрив.

За результатами досліджень встановлено, що підвищенню сполук рухомого фосфору в ґрунті впродовж вегетації буряку цукрового сприяло тривале протягом 58 років унесення мінеральних і органічних добрив у польовій сівозміні (таблиця12).

Якщо на контролі на початку вегетації вміст сполук рухомого фосфору в шарі ґрунту 0–20 см становив 93 мг/кг, а в 20–40 см шарі 88 мг/кг, то на удобрених ділянках його вміст після 58 років збільшився на 45–91 та на 53–96 %, відповідно.

Що стосується динаміки рухомих сполук фосфору, то в середині вегетації його вміст зменшився на контрольному варіанті в шарі ґрунту 0–20 см до 84 мг/кг, за мінеральної системи удобрення – до 146, за органічної – до 127, за органо-мінеральної – до 153 мг/кг. У шарі ґрунту 20–40 см його менше було на 9, 23, 16 і 24 мг/кг, відповідно. В кінці вегетації буряку цукрового вміст рухомих сполук у ґрунті був найменшим на контролі без внесення добрив і становив у 0–20 см шарі 78 мг, а в 20–40 см шарі –72 мг/кг.

Зменшення вмісту рухомих сполук фосфору спостерігалось також і на удобрених ділянках.

Таблиця 12

Динаміка сполук рухомого фосфору в ґрунті під буряком цукровим за тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні, мг/кг (2022–2023 рр.)

Насиченість сівозміни добривами	Шар ґрунту, см	Початок вегетації	Середина вегетації	Кінець вегетації
Без добрив (контроль)	0–20	93	84	78
	20–40	88	79	72
$N_{90}P_{90}K_{90}$	0–20	169	146	135
	20–40	164	141	132
Гній 18 т	0–20	141	125	113
	20–40	135	124	109
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	0–20	178	153	146
	20–40	172	149	143

Так, за мінеральної системи удобрення в сівозміні ($N_{90}P_{90}K_{90}$) його вміст в шарі ґрунту 0–20 см зменшився до 135 мг, а в шарі 20–40 см – до 132 мг/кг. За органічної системи удобрення в сівозміні (18 т/га гною) вміст фосфору в кінці вегетації був меншим, порівняно з початком, у шарі ґрунту 0–20 см на 28 мг, а в шарі 20–40 см – на 25 мг/кг.

За органо-мінеральної системи удобрення (насичення 1 га гноєм 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$) вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті в кінці вегетації буряку цукрового зменшувався до 146 та 143 мг/кг, відповідно.

Калій, як азот і фосфор, належить до основних макроелементів, який відіграє важливу роль у живленні рослин. Його нестача гальмує цілий ряд біохімічних процесів у рослині , що негативно впливає на обмін речовин та якість врожаю. Основним джерелом живлення рослин калієм є його рухомі форми, відносний вміст яких від загальних запасів може складати понад 2 %

[23]. Вважають, що підвищення рухомих сполук калію в ґрунті можливе за внесення органічних і мінеральних добрив [54].

Вивчення динаміки сполук рухомого калію в ґрунті після тривалого, впродовж 58 років, застосування мінеральних і органічних добрив у польовій сівозміні показало, що поглинання його рослинами є найбільшим до середини вегетації (табл.12).

Таблиця 12

Динаміка сполук рухомого калію в ґрунті під буряком цукровим після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні, мг/кг (2022–2023 рр.)

Насиченість сівозміни добривами	Шар ґрунту, см	Початок вегетації	Середина вегетації	Кінець вегетації
Без добрив (контроль)	0–20	98	74	69
	20–40	83	65	58
$N_{90}P_{90}K_{90}$	0–20	143	121	117
	20–40	127	115	106
Гній 18 т	0–20	161	134	125
	20–40	132	121	116
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	0–20	156	129	121
	20–40	129	118	113

Якщо на контролі без внесення впродовж 58 років добрив вміст рухомих сполук калію на початку вегетації в 0–20 см шарі ґрунту становив 98 мг, а шарі 20–40 см – 83 мг/кг, то в середині вегетації його кількість зменшилась до 74 і 65 мг/кг, відповідно. В кінці вегетації рослин зменшення рухомого калію було значно меншим, порівняно з серединою вегетації, і становило 5,0 та 7,0, відповідно.

За насичення сівозміни мінеральними добривами в дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ вміст рухомих сполук калію, порівняно з контролем був більшим впродовж всього періоду вегетації рослин буряку цукрового. На початку вегетації його вміст у шарі ґрунту 0–20 см становив 143 мг, а в шарі 20–40 – 127

мг/кг. В середині вегетації вміст рухомого фосфору зменшився до 121 і 115 мг/кг, а в кінці вегетації – до 117 та 106 мг/кг, відповідно шарів ґрунту.

За органічної системи удобрення в сівозміні (насичення 1 га ріллі гноєм у дозі 18 т), вміст рухомих сполук калію в ґрунті був найбільшим і становив на початку вегетації буряку цукрового в шарі ґрунту 0–20 см –161 мг та 132 мг/кг – у шарі 20–40 см. До середини вегетації вміст рухомого калію зменшився на 27 і 11 мг/кг, а в кінці вегетації – на 9,0 та 5,0 мг/кг , відповідно шарів ґрунту.

За насичення сівозміни гноєм 9 т/га + $N_{45}P_{68}K_{36}$ за органо-мінеральної системи удобрення вміст рухомих сполук калію в ґрунті найбільшим був на початку вегетації як шарі 0–20 см (156 мг/кг), так і в шарі 20–40 см (129 мг/кг). У середині вегетації його вміст у різних шарах ґрунту зменшився до 129 та 118 мг/кг , а в кінці вегетації буряку цукрового до 121 та 113 мг/кг, відповідно.

Отже, тривале внесення органічних і мінеральних добрив за мінеральної, органічної та органо-мінеральної систем удобрення в сівозміні поліпшує поживний режим чорнозему опідзоленого, що має важливе значення в живленні рослин та формуванні їх продуктивності.

4.4. Формування врожайності буряку цукрового після тривалого застосування добрив у польовій сівозміні

Початковий ріст рослин та інтенсивність їх росту після появи сходів на поверхні ґрунту має прямий зв'язок з формуванням врожайності буряку цукрового.

Поліпшення поживного режиму чорнозему опідзоленого за тривалого застосування мінеральних і органічних добрив за мінеральної, органічної та органо-мінеральної систем удобрення в польовій сівозміні позитивно впливало на ріст і розвиток рослин буряку цукрового. Про позитивний вплив удобрення на ростові процеси свідчить маса 100 рослин буряку, відібраних у фазу першої пари справжніх листків (табл. 13).

Таблиця 13

Маса 100 рослин буряку цукрового після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні, г

Насиченість сівозміни добривами	Дози добрив під буряк цукровий	2022 р.	2023 р.	Середнє за 2 роки
Без добрив (контроль)	Без добрив (контроль	46,9	43,1	45,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	53,6	52,4	53,0
Гній 18 т	Гній 60 т	55,8	53,6	54,7
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	Гній 30 т + $N_{60}P_{135}K_{30}$	58,5	54,8	56,1

За даними таблиці 13, найменшою маса 100 рослин буряку цукрового була в контрольному варіанті, яка в середньому за два роки склала 45,0 г. Тривале впродовж 58 років внесення добрив у сівозміні збільшувало масу 100 рослин, порівняно з контролем, на 18–25 %.

Насичення польової сівозміни мінеральними добривами ($N_{90}P_{90}K_{90}$) за безпосереднього внесення під буряк цукровий у дозі $N_{135}P_{135}K_{135}$ збільшувало масу 100 рослин до 53 г, а насичення органічними добривами (18 т/га гною) за безпосереднього внесення під культуру 60 т/га гною збільшувало цей показник до 54,7 г.

Найбільшою маса 100 рослин була за органо-мінеральної системи удобрення в сівозміні та внесення під буряк цукровий 30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$ (насичення 1 га сівозміни гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$), яка в середньому за 2022–2023 рр. дослідження склала 56,1 г.

Стосовно впливу погодних умов на початковий ріст рослин та їх масу, то більш сприятливими вони були в 2022 році, маса 100 рослин буряку цукрового за яких була в інтервалі 46,9–58,5, тоді як у 2023 році –43,1–54,8 г.

За кращого росту і розвитку, рослини на удобрених ділянках, формували значно вищий урожай буряку цукрового (таблиця 13).

Таблиця 13

Урожайність буряку цукрового після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні, т/га

Насиченість сівозміни добривами	Дози добрив під буряк цукровий	2022 р.	2023 р.	Середнє за 2 роки	Приріст до контролю	
					т/га	%
Без добрив (контроль)	Без добрив (контроль	34,6	31,4	33,0	–	–
$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	50,8	46,2	48,5	15,5	47
Гній 18 т	Гній 60 т	49,6	46,7	48,2	15,2	46
Гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	Гній 30 т + $N_{60}P_{135}K_{30}$	52,0	47,8	49,9	16,9	51
$НІР_{05}$		2,83	2,61			

За даними таблиці 13, в середньому за 2022–2023 рр. дослідження найменшу врожайність (33,0 т/га) формували рослини буряку цукрового за рахунок природної родючості чорнозему опідзоленого в контрольному варіанті, де впродовж 58 років не вносили добрив.

У другому варіанті, за насичення сівозміни мінеральними добривами у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$, врожайність коренеплодів збільшувалась до 48,5 т/га , що більше на 15,5 т/га або на 47 % від контролю.

В третьому варіанті, за насичення сівозміни органічними добривами (18 т/га гною) за органічної системи удобрення, врожайність буряку цукрового збільшувалась до 48,2 т/га, що на 15,2 т/га більше, порівняно з контролем.

У середньому за два роки дослідження поєднання органічних добрив з мінеральними за насичення ними сівозміни у дозі гній 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$ та безпосереднього внесення під буряк цукровий 30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$ забезпечило формування найвищої врожайності коренеплодів 49,9 т/га.

Погодні умови, що складалися в роки проведення досліджень неоднаково впливали на ефективність добрив і формування врожайності буряку цукрового. За сприятливих умов 2022 року врожайність коренеплодів

буряку цукрового була вищою і знаходилась в інтервалі 34,6–52,0 т/га, тоді як у 2023 році –31,4–47,8 т/га.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ В СІВОЗМІНІ

Успішний розвиток багатьох галузей економіки України, передусім сільського господарства, передбачає постійне зростання обсягів виробництва.

Для розширеного відновлення родючості ґрунтів і задоволення потреб населення в продуктах харчування та сільськогосподарській сировині, виникає потреба в ефективному та раціональному використанні добрив, витрати на виробництво та застосування, яких становлять більше 50 % [55].

Складність розрахунку економічної ефективності полягає у диспаритеті та нестабільності цін на добрива і рослинну продукцію, а також неможливості врахувати багаторічну їх післядію. Найбільш достовірну та взаємозв'язану інформацію з цих питань одержують у тривалих стаціонарних дослідах [56].

Серед структури елементів затрат на виробництво буряку цукрового значний відсоток фінансових витрат складають органічні та мінеральні добрива, вартість яких з кожним роком зростає.

З метою об'єктивного обґрунтування раціонального застосування добрив, були проведені розрахунки економічної ефективності вирощування буряку цукрового в умовах Правобережного Лісостепу.

Для розрахунку економічної ефективності вартість валової продукції та мінеральних і органічних добрив визначали за станом закупівельних і оптово-роздрібних цін, що складалися в 2022-2023 роках. Величину витрат на внесення добрив і збирання, транспортування та доопрацювання додаткового врожаю розраховували, виходячи із фактичних діючих у 2022-2023 рр. нормативів витрат та розцінок на технологічні операції.

За результатами розрахунку економічних показників, застосування мінеральних і органічних добрив під буряк цукровий істотно впливають на доцільність та ефективність їх вирощування (табл.14).

Таблиця 14

Економічна ефективність застосування добрив під буряк цукровий за різних систем удобрення в сівозміні (середнє за 2022 – 2023 рр.)

Показник	Варіанти досліду			
	Без добрив (контроль)	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Гній 60 т/га +	Гній 30 т/га + $N_{60}P_{135}K_{30}$
Урожайність, т/га	33,0	48,5	48,2	49,9
Приріст врожаю, т/га	–	15,5	15,2	16,9
Ціна 1 т продукції, грн	2200	2200	2200	2200
Вартість за ціною реалізації, грн	72600	106700	106040	109780
Матеріально-грошові витрати, грн	40280	62524	51080	62588
Собівартість 1 т продукції, грн	1220	1289	1060	1254
Умовно-чистий прибуток, грн	32318	44176	54960	47192
Рівень рентабельності, %	80	70	108	75

Як показали розрахунки, наведені в таблиці 14, застосування органічних і мінеральних добрив підвищує врожайність та збільшує вартість валової продукції за рахунок приросту врожаю з 72600 до 109780 грн.

Найменші витрати на вирощування буряку цукрового –40280 грн були на контролі без застосування добрив, а найвищі – в четвертому варіанті за поєднання 30 т/га гною з мінеральними добривами у дозі $N_{60}P_{135}K_{30}$– 62588 грн.

Собівартість вирощеної продукції та умовно-чистий прибуток залежали як від систем удобрення в сівозміні, так і від доз мінеральних і органічних добрив, що вносилися під буряк цукровий. Так, найменша собівартість 1 т

коренеплодів (1220 грн) була за вирощування буряку цукрового без застосування добрив. а умовно-чистий прибуток найвищий – 32318 грн.

За мінеральної системи удобрення, внесення під буряк цукровий мінеральних добрив у дозі $N_{135}P_{135}K_{135}$, збільшувало собівартість 1 т коренеплодів до 1289 грн, а умовно-чистий прибуток – 44176 грн.

За органічної системи удобрення, внесення під буряк 60 т/га гною, знижувало собівартість 1 т коренеплодів, порівняно з мінеральною системою, до 1060 грн, а умовно-чистий прибуток збільшувався до 54960 грн.

За органо-мінеральної системи удобрення, внесення під буряк цукровий 30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$ підвищувало собівартість 1 т коренеплодів до 1254 грн, а умовно-чистий прибуток був більшим, порівняно з мінеральною на 14874 грн, та меншим на 7708 грн, порівняно з органічною системами і становив 47192 грн.

Рівень рентабельності найбільшим був у третьому варіанті за внесення під буряк цукровий 60 т/га гною (насичення сівозміни 18 т/га) – 108 %.

Застосування мінеральних добрив під буряк цукровий у дозі $N_{135}P_{135}K_{135}$ (насичення сівозміни $N_{135}P_{135}K_{135}$) знижувало рівень рентабельності до 70 %, при 80 % – на контролі.

За внесення під буряк цукровий 30 т/га гною + $N_{60}P_{135}K_{30}$ за органо-мінеральної системи удобрення (насичення сівозміни 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$) рентабельність була на рівні 75 %.

Із досліджуваних варіантів найвищий умовно-чистий прибуток 54960 та 47192 грн забезпечувало внесення під буряк цукровий 60 т/га гною за органічної системи удобрення та 30 т/га гною і мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{135}K_{30}$, з рівнем рентабельності 108 і 75 %, відповідно

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДОБРИВ

6.1. Організація роботи з охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення добрив під буряк цукровий

Основними нормативними документами з охорони праці в Україні є:

1. Конституція України.
2. Кодекс Законів «Про працю» (КЗпП).
3. Закон України «Про охорону праці».
4. Закон України «Про охорону здоров'я».
5. Закон України «Про пожежну безпеку».
6. «Про загальнообов'язкове страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, які спричинили втрату непрацездатності» та інші.

Відповідальність за дотримання законодавчих та нормативних актів з охорони праці покладається на керівників навчальних та наукових установ, с.-г. підприємств та інших галузей і установ, у яких здійснюється виробництво чи навчання.

До основних завдань охорони праці належать створення і постійне підтримування здорових і безпечних умов праці, зменшення травматизму, професійних захворювань.

Поліпшення умов праці є одним з основних чинників підвищення її продуктивності й економічної ефективності виробництва, а також подальшого розвитку самої людини [57].

Під час вирощування сільськогосподарських культур, відповідно до вимог НПАОП 0.00-4.12-05 всі працівники навчально-виробничого відділу Уманського НУС, повинні проходити навчання, інструктажі, перевірку знань з питань охорони праці в порядку й у строки, які встановлені для певних

видів робіт, професій та посад, і на цій основі здійснюється допуск до роботи всіх працівників.

Залежно від характеру праці на людину можуть впливати різні небезпеки, шкідливі і небезпечні виробничі фактори та ситуації.

Одним з небезпечних і шкідливих факторів при вирощуванні буряку цукрового може бути попадання добрив і пестицидів та їх токсичних залишків до органів дихання працюючих під час внесення аміачної селітри, суперфосфату гранульованого, калію хлористого на дослідному полі.

Змоделюємо можливе отримання травми при внесенні мінеральних добрив під буряк.

Низьким рівнем організації виробництва, а також низьким рівнем професійності працюючих можуть визначатися небезпечні умови (НУ). Небезпечна умова – недоліки конструкції машин, обладнання, низький рівень організації праці, недостатньо надійне виробниче обладнання.

Небезпечна дія – це така дія працюючого, яка не відповідає науково обґрунтованим нормам професійної поведінки при виконанні конкретного виробничого завдання. Вона виникає внаслідок порушення регламентованого режиму роботи обладнання, нормативних вимог охорони праці, норм експлуатації споруд і будівель [58].

Небезпечна ситуація – це наслідок небезпечної дії працівників в небезпечних умовах, які як правило, приводять до травми або захворювання (аварія чи катастрофа).

НУ1 – внесення добрив під буряк цукровий;

НУ2 – відсутність респіраторів або небажання працівників використовувати їх під час виконання роботи;

НУ3 – не проходження навчання з охорони праці керівником виробничого підрозділу.

При проведенні даних технологічних процесів можуть виникати небезпечні дії (НД) як з боку спеціалістів, так і самих працюючих.

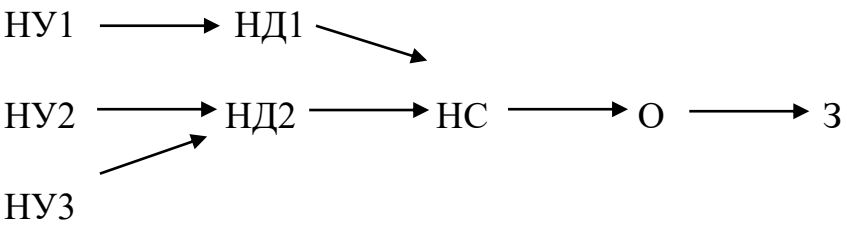
НД1 – завантаження мінеральних добрив у розкидач без використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

НД2 – знаходження персоналу в зоні роботи розкидача мінеральних добрив;

НС – попадання добрив та їх пилу до органів дихання працюючих;

О – отруєння добривами, що може призвести до розвитку захворювання.

Логічна модель процесу під час внесення добрив під буряк цукровий має такий вигляд:



На основі аналізу організації умов і безпеки праці в Уманському національному університеті садівництва слід відмітити, що в університеті створено належні умови для дотримання всіх норм і положень з охорони праці, проте не завжди вони дотримуються працівниками. Так, обслуговуючий персонал на внесенні добрив не завжди одягнений у відповідний спецодяг, а трактори й машини при виконанні робіт можуть, за непередбачуваних обставин, вийти з ладу.

З метою усунення недоліків з охорони праці необхідно:

1. Завчасно проводити відповідні інструктажі з техніки безпеки.

2. Обов’язково забезпечувати працівників спецодягом та засобами індивідуального захисту.

3. Проводити постійний контроль за виконанням правил з техніки безпеки під час внесення добрив працівниками і обслуговуючим персоналом.

4. Розглянути фактор доплати до зарплати механізаторам, які не допускають порушень з охорони праці;

6.2. Охорона навколишнього природного середовища при застосуванні добрив під буряк цукровий

Ступінь інтенсифікації сільського господарства і рівень застосування засобів захисту рослин, мінеральних і органічних добрив останніми десятиріччями помітно зросли, що значно впливає на колообіг та забруднення навколишнього природного середовища.

Високі дози азотних мінеральних і органічних добрив, а також пестициди за внесення їх у дозах, що перевищують гранично допустимі норми можуть бути основним джерелом нітратного забруднення, під яким звичайно розуміють забруднення власне нітратами, нітритами і N-нітрозоамінами.

Однією з причин такого забруднення продукції є застосування мінеральних добрив за незбалансованого за основними елементами живлення співвідношення. Для умов України оптимальним для більшості сільськогосподарських культур вважається співвідношення N : P : K = 1 : 0,9 : 0,8. Проте й за оптимального співвідношенні, підвищені та високі дози мінеральних добрив, насамперед азотних, можуть бути причиною екологічного забруднення [50].

Азотні добрива, внесені у великих дозах, посилюють міграцію фульвокислот і гумінових кислот по профілю ґрунту, катіонів кальцію та магнію, а також підкислюють грунт, що негативно впливає на кореневу систему рослин.

Різні форми фосфорних добрив, зокрема й суперфосфату містять різну кількість домішок важких металів, наприклад вміст кадмію коливається від 1 до 170 мг/кг. При систематичному внесенні підвищених доз суперфосфату, що містить близько 1,5% водорозчинного фтору, спостерігається забруднення не тільки ґрунту, але й рослин. Фтор негативно впливає на активність ґрунтової мікрофлори, а нагромадження його в кормах може негативно впливати на продуктивність тварин. За вмісту в питній воді фтору

понад 2 мг/л в людини пошкоджується емаль зубів, виникають інші захворювання [59].

Калійні добрива небезпечні, насамперед вмістом хлору, який погіршує якість урожаю. Підвищений вміст калію може призвести до отруєння тварин, а застосування високих доз калійних добрив – до забруднення водойм.

Внесення великих доз калійних добрив може зумовити підвищену концентрацію хлорид-іонів, витіснити кальцій і магній з ґрунтового вбирного комплексу, а також посилити їх міграцію по профілю ґрунту. Це погіршує фізико-хімічні властивості багатьох грунтів, особливо чорноземних, каштанових і солонцюватих, та посилює їх засолення [60].

Нині основними завданнями, що стоять перед товаровиробниками є збереження родючості грунтів, вирощування якісної продукції, без нанесення шкоди навколишньому природному середовищу.

ВИСНОВКИ

Проведені впродовж двох років дослідження з вивчення зміни агрохімічних показників чорнозему опідзоленого після тривалого (58 років) застосування добрив у польовій сівозміні дають підстави зробити наступні висновки :

1. За тривалого застосування добрив у варіантах досліду обмінна кислотність у шарі ґрунту 0–20 см підвищувалася до pH = 4,7–5,2, а гідролітична кислотність з 2,5 до 4,7 смоль/кг. На ділянках без застосування добрив упродовж 58 років обмінна кислотність становила pH = 5,0, а Нг. = 4,3 смоль/кг ґрунту.

2. Сума обмінних основ і ступінь насичення ґрунту основами після тривалого застосування добрив у сівозміні в шарі 0–20 см знижувалась з 28,8 до 23,8 смоль/кг та з 92 до 82 %, відповідно.

3. Вміст гумусу в чорноземі опідзоленому в шарі ґрунту 0–20 см після тривалого застосування добрив у сівозміні знаходиться в межах 3,28–3,49%, а його запаси – 70,2–86,6 т/га.

4. За тривалого застосування мінеральних і органічних добрив у польовій сівозміні вміст мінерального азоту в шарі ґрунту 0–20 см був найбільшим на початку вегетації буряку цукрового і становив 29,3–34,6 мг/кг, рухомих сполук фосфору і калію – 141–178 та 143–161 мг/кг, відповідно.

5. Найбільш високу врожайність коренеплодів 49,9 т/га забезпечило внесення під буряк цукровий 30 т/га гною і мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{135}K_{30}$ за насичення ними сівозміни (9 т/га гною + $N_{45}P_{68}K_{36}$) .

6. За органічної системи удобрення в сівозміні економічно доцільним є внесення на чорноземі опідзоленому під буряк цукровий 60 т/га гною, що забезпечує одержання 54960 грн умовно-чистого прибутку з рівнем рентабельності 108 % та 30 т/га гною і мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{135}K_{30}$ за органо-мінеральної системи з умовно-чистим прибутком 47192 грн і рентабельністю 75 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для підвищення вмісту гумусу в ґрунті та підтримання на оптимальному рівні кислотно-основних властивостей чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу пропонуємо вносити на 1 га сівозмінної площі не менше 9 т гною і мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{68}K_{36}$.

2. В Правобережному Лісостепу України високу продуктивність буряку цукрового на чорноземі опідзоленому забезпечує внесення під основний обробіток ґрунту 30 т/га гною і мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{135}K_{30}$ за органо-мінеральної системи удобрення та 60 т/га гною – за органічної системи удобрення в господарствах з розвиненим тваринництвом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України: періодична доповідь / ред. І. П. Яцука. Київ, 2015. 118 с.

2. Балюк С. А., Даниленко А. С., Фурдичко О. І. Звернення до керівництва держави щодо подолання кризової ситуації у сфері охорони земель. *Вісник сільськогосподарської науки.* 2017. № 11. С. 5–8.

3. Назаренко І. І. Ґрунтознавство з основами геології: підручник / І. І. Назаренко, С. М. Польчина, Ю. М. Дмитрук. Чернівці: Книги - XXI, 2006. 504 с.

4. Балаєв А. Д., Тонха О. Л. Актуальні питання збереження якості чорноземів. Агрохімія і ґрунтознавство (спецвипуск). Харків, 2010. Кн. 2. С. 170–172.

5. Доценко О. Грунтово-екологічні ризики нераціонального застосування добрив. *Пропозиція*. 2016. № 12. С. 29-32.

6. Гладкіх Є. Ю. Закономірності післядії добрив на фізико-хімічні і агрохімічні властивості чорнозему типового в умовах Лівобережного Лісостепу та його продуктивність: автореф. дис.…канд.. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2012. 22 с.

7. Геркіял О. М., Черно О. Д. Вплив тривалого застосування норм і систем удобрення на агрохімічні показники родючості чорнозему опідзоленого. Фактори родючості грунту та їх ефективність: збірник наукових праць. Умань, 1998. С. 37–43.

8. Leff elaar P.A. Denitrifi cation in a homogeneous, closed system: Experimental and simulation. *Soil Science*. 1988. P. 335–349.

9. Балюк С. Системне управління трансформаційною спрямованістю та родючістю ґрунтів. *Вісник аграрної науки.* 2015. № 10. С. 10-16.

10. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Черно О. Д., Бойко В. П. Зміна фізико-хімічних показників чорнозему опідзоленого в сівозміні залежно від

різного удобрення. *Наукові горизонти*. 2019. №7(80). С. 56–62.

11. Лісовий М. В. Збереження родючості грунтів та підвищення продуктивності землеробства. Агрохімія і ґрунтознавство: спецвипуск «Грунти-екологія-продовольство». Харків, 1998. Ч. 51–54.

12. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив: монографія. Київ: Нічлава, 2002. 342 с.

13. Дегтярьов В. В. Гумус чорноземів Лівобережного Лісостепу і Степу України. Харків: Майдан, 2011. 360 с.

14. Кривов В. М. Екологічно безпечне землекористування Лісостепу України. *Проблема охорони ґрунтів*. Київ : Урожай, 2008. 298 с.

15. Екологічні проблеми землеробства / І. Д. Примак та ін.; за ред. І.Д. Примака. Київ: Центр учбової літератури, 2010. С. 102–103, 81 с.

16. Дегодюк Е. Г., Никифоренко Л. І., Гамалей В. І. Регулювання калійного режиму ґрунтів. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. Київ: Урожай, 1992. С. 114–122.

17. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів: монографія. Київ: Аграрна наука, 2008. 308 с.

18. Цвей Я. П., Іваніна В. В., Ременюк Ю. О. та ін. Зміна агрохімічних показників чорнозему вилугуваного залежно від довготривалого застосування добрив у Лісостепу. *Вісник аграрарної. науки*. 2012. № 7. С. 11–15.

19. Іваніна В. В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах: монографія. Київ: ЦП Компринт, 2016. С. 282–283.

20. Белоліпський В. Природні показники ґрунтоутворення та наслідки їх дестабілізації у землеробській практиці. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 56-63.

21. Цвей Я. П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін: монографія. Київ: ЦП Компринт, 2014. С. 331–339.

22. Носко Б. С. Сучасні проблеми фосфору в землеробстві і шляхи їх розв’язання. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 6. С. 5-12.

23. Нікітіна О. В. Зміна калійного стану чорноземів опідзолених за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні в умовах Правобережного Лісостепу: автореф. дис.…канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2017. 23 с.

24. Танчик С. П., Цюк О. А., Центило Л. В. Наукові основи систем землеробства: монографія. Вінниця: ТОВ Нілан-ЛТД, 2015. С. 271–274.

25. Примак І. Д. та ін. Вплив систем основного обробітку і удобрення під культури короткоротаційної сівозміни на агрохімічні властивості ґрунту. *Агробіологія*. 2019. № 1 (146). С. 20–29.

26. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Баланс азоту в ґрунті польової сівозміни за 50-річного застосування добрив. *Землеробство*. 2016. Вип. 2 (91). С. 22–

27. Заришняк А. С., Іваніна В. В, Колібабчук Т. В. Стабілізація біогенного балансу та продуктивність зерно-бурякової сівозміни. *Вісник аграрної науки*. № 4. 2012. С. 26–30.

28. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Стасінєвич О. Ю., Бойко В. П. Продуктивність польової сівозміни за різних доз і співвідношень добрив. *Наукові горизонти*. 2019. №3(76). С. 80–86.

29. Центило Л. В. Агроекологічні основи відтворення родючості чорнозему типового та підвищення продуктивності агрофітоценозів Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. … доктора с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2020. 41 с.

30. Шкаредний І. С. Вакуленко М. О., Костенко С. С. Роль сівозміни та добрив у формуванні продуктивності цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2005, №5. С. 6–7.

31. Гангур В. В. Агробіологічні основи формування сівозмін різної ротації в Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Чабани, 2019. 54 с.

32. Геркіял. О. М., Копитко П. Г., Господаренко Г. М. Збереження ґрунту і відтворення його родючості в Правобережному Лісостепу. Агрохімія і ґрунтознавство (спецвипуск). Харків, 2002. Кн. 1. С. 82–93.

33. Гладкіх Є Ю. Агроекологічні аспекти застосування мінеральних добрив у сільськогосподарському виробництві. Агрохімія і грунтознавство.2015. Вип. 83. С. 36–41.

34. Петрова О.Т. Вміст гумусу в ґрунті на початку і в кінець ротації сівозміни. *Цукрові буряки*. 2004. № 6. С. 6–7.

35. Сівозміни та родючість чорнозему Лівобережного Лісостепу: монографія. Демиденко О. В. та ін. Сміла, 2019. С. 126–127, 244–256.

36. Яцук І. П., Моклячук Л. І. Екологічні індикатори зеленого зростання сільського господарства: монографія. Київ: ДІА, 2018. 159 с.

37. 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 просапних культур сівозміни упродовж ротації як органічного добрива. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*, 2020. № 2. С. 147–159.

38. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії: підручник / В. П. Гудзь, А. П. Лісовал, В. О. Андрієнко, М. Ф. Рибак. Київ: Центр учбової літератури. 2007. 408 с.

39. Цвей Я. П., Мазур Г. М. Особливості впливу системи удобрення цукрових буряків на фонд обмінного калію чорнозему вилугуваного. *Агроекологічний журнал*. 2001. № 1. С. 55–57.

40. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Поживний режим ґрунту в польовій сівозміні за різного удобрення. *Вісник Уманського НУС*. 2019. №1. С. 37–43.

41. Заришняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах / за ред. А. С. Заришняка. Київ: Аграрна наука, 2015. С. 180–185.

42. Заришняк А. С., Іваніна В. В., Шиманська Н. К. Продуктивність цукрових буряків залежно від систем органо-мінерального удобрення. *Вісник аграрної науки.* 2011. №10. С. 17–20.

43. Лихочвор В. В., Тирусь М. Л. Продуктивність цукрових буряків залежно від рівня удобрення та густоти стояння рослин в умовах Західного Лісостепу. Вісник Сумського НАУ. Серія: Агрономія і біологія. 2018. Вип. 3 (35). С. 44–47.

44. Буряківництво : Проблеми інтенсифікації та ресурсозбереження / Під ред. В. Ф. Зубенка. Київ: НВП ТОВ «Альфа-Стевія ЛТД», 2007. С. 170–196.

45. Мартинюк А. Т., Новак Ю. В. Продуктивність буряку цукрового за різних доз мінеральних та органічних добрив і систем удобрення в польовій сівозміні. Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва. Ч. 1. «Сільськогосподарські науки» Вип. 96. Умань. 2020. С. 368 –382.

46. Недвига М. В. Морфологічні критерії та генезис сучасних грунтів України. Київ: Сільгоспосвіта, 1994. 334 с.

47. Агрохімічна складова технології вирощування буряку цукрового / Г. М. Господаренко, Л. В. Вишневська, А. Т. Мартинюк, Ю В. Новак. І. В. Прокопчук, В. С. Цигода / За заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 308 с.

48. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.

49. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В.О.Єщенко, П.Г. Копитко, В.П. Опришко, П.В. Костогриз: за ред. В.О. Єщенка. Вінниця: ПП ТД «Едельвейс і К». 2014. 332 с.

50. Позняк С. П. Чорноземи України: географія, ґенеза і сучасний стан. *Український географічний журнал*. 2016. № 1. С. 9-13.

51. Носко Б. С. Антропогенна еволюція чорноземів. Харків: 13 типографія, 2006. 239 с.

52. Господаренко Г. М., Бойко В. П., Прокопчук І. В., Стасінєвич О. Ю. Вміст і баланс гумусу в ґрунті за різних доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні. *Миронівський вісник*. 2019. Вип. 8. С. 108–122.

53. Носко Б. С., Гладкіх Є. Ю. До проблеми трансформації та тривалості післядії фосфорних добрив у чорноземах. Вісник аграрної науки. 2012. № 5. С. 11–15.

54. Носко Б. С., Гладкіх Є. Ю. Післядія мінеральних добривна калійний фонд чорнозему типового. Вісник аграрної науки.2011. № 10. С. 14–16.

55. Галасун Ю. П., Прокопчук І. В. Біоенергетична оцінка тривалого застосування різних доз і систем удобрення в сівозміні. *Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених*. Умань, 2007. С. 97.

56. Господаренко С. Г. Економічна ефективність мінеральної системи удобрення в польовій сівозміні. *Матеріали конф. молодих учених.* Редкол.: П. В. Костогриз (відп. ред.) та ін. Умань, 2004. С. 39–40.

57. Атаманчук А. С., Мендерецький В. В., Панчук О. П., Білий Р. М. Охорона праці в галузі : навчальний посібник. Київ: «Центр учбової літератури». 2017. 322 с.

58. Агій Я. Ю., Лях У. М. Охорона праці в галузі : навчальний посібник. Ужгород : ПП «АУТДОР-ШАРК». 2015. 200 с.

59. Гладкіх Є Ю. Агроекологічні аспекти застосування мінеральних добрив у сільськогосподарському виробництві. Агрохімія і грунтознавство.2015. Вип. 83. С. 36–41.

60. Лопушняк В. І. Агрохімічні та агроекологічні аспекти систем удобрення в Західному Лісостепу України: монографія / під ред. А. І. Фатєєва. Львів: Ліга-Прес, 2015. 218 с.

Д О Д А Т К И